



## CAPÍTULO I

### DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

## ÍNDICE

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	I-1
I.1 Datos generales del proyecto .....	I-1
I.1.1 Nombre del proyecto.....	I-1
I.1.2 Ubicación del proyecto.....	I-1
I.1.3 Duración del proyecto .....	I-4
I.2 Datos generales del promovente .....	I-4
I.2.1 Nombre o razón social.....	I-4
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del Promovente (RFC) .....	I-4
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal. En su caso, anexar copia certificada del poder correspondiente .....	I-4
I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.....	I-4
I.3 Datos generales del responsable del estudio de impacto ambiental .....	I-5
I.3.1 Razón Social.....	I-5
I.3.2 Registro Federal de Constituyentes.....	I-5
I.3.3 Consultor responsable que elaboró el estudio .....	I-5
I.3.4 Dirección para oír o recibir notificaciones.....	I-5
PROTESTA DE DECIR VERDAD .....	I-7

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Coordenadas UTM del predio del Proyecto. ....	I-2
---	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Macro-localización del Proyecto. ....	I-1
--	-----

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa I.1 Localización geográfica del Proyecto. ....	I-3
---	-----

## I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

### I.1 Datos generales del proyecto

#### I.1.1 Nombre del proyecto

El proyecto se denomina "Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México" (Proyecto).

#### I.1.2 Ubicación del proyecto

El Proyecto se ubica en el estado de México, en los municipios Texcoco y Atenco. Será construido en un terreno de aproximadamente 4,431.1640 ha ubicadas al noreste de la ciudad de México, y aproximadamente a 14 kilómetros al este del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) existente. El predio del Proyecto está limitado al norte por el depósito de evaporación solar "El Caracol", al sur por la carretera Peñón Texcoco, al este por tierras de cultivo, y al oeste por áreas urbanizadas de las delegaciones Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, y el municipio de Ecatepec de Morelos.

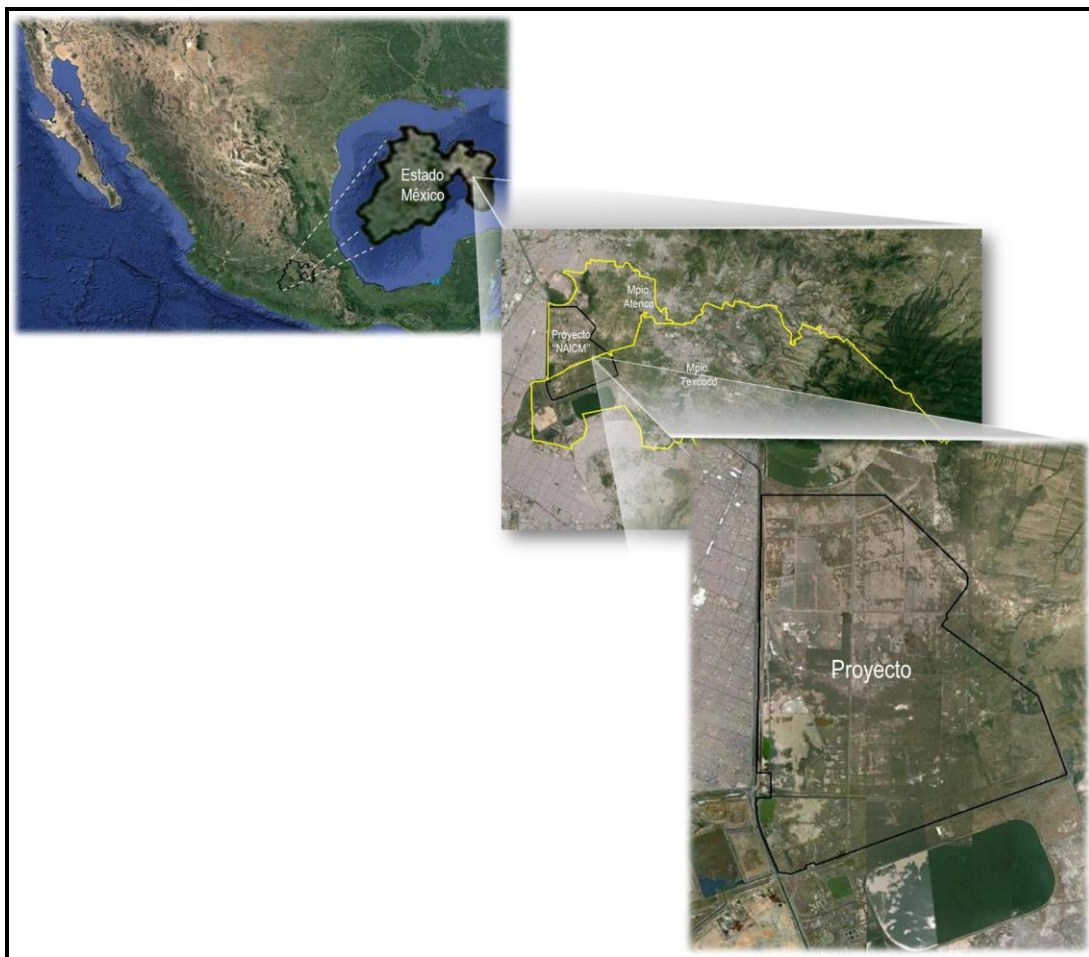
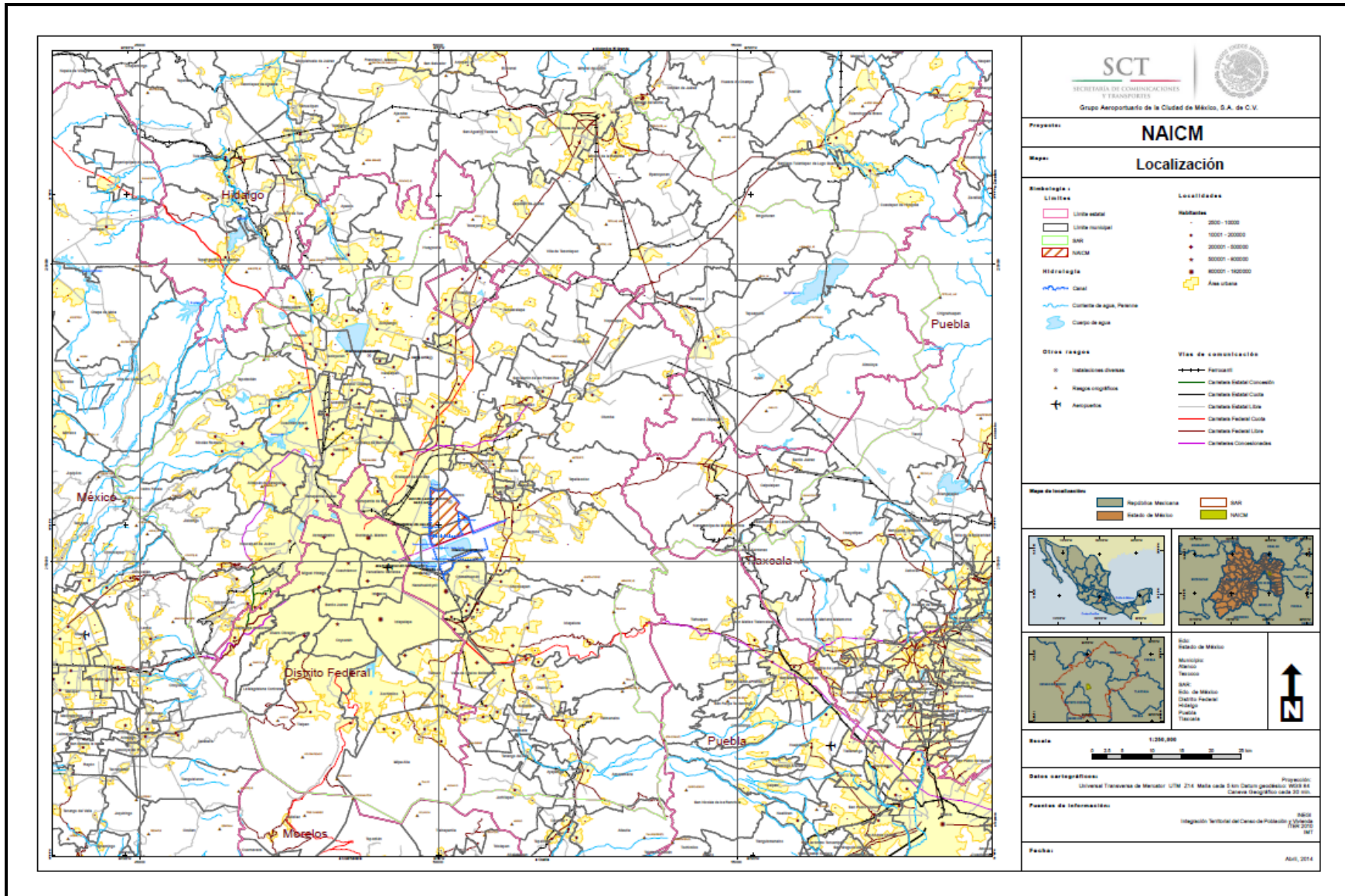


Figura I.1 Macro-localización del Proyecto.

A continuación se presentan las coordenadas UTM WGS 84 Huso 14 que delimitan el polígono del Proyecto.

Tabla I.1 Coordenadas UTM del predio del Proyecto.

ID	X	Y	ID	X	Y	ID	X	Y
1	498622.787	2162050.63	20	499211.382	2152767.69	39	498501.328	2154274.61
2	501457.857	2162050.65	21	499199.834	2152770.75	40	498499.885	2154302.34
3	502155.631	2161349.79	22	499193.984	2152772	41	498500.381	2154342.41
4	503285.094	2160154.05	23	499188.005	2152772.93	42	498499.448	2154362.55
5	503344.506	2160012.85	24	499142.827	2152775.85	43	498488.924	2154425.55
6	503316.517	2159761.17	25	499125.006	2152776.75	44	498493.45	2154613.74
7	502873.455	2159139.26	26	499098.373	2152778.74	45	498822.448	2154613.74
8	502882.968	2159035.49	27	499068.586	2152781.44	46	498822.448	2155239.6
9	502743.439	2158840.61	28	499050.785	2152783.69	47	498508.504	2155239.6
10	504956.2	2157096.53	29	499033.232	2152787.23	48	498511.917	2155381.51
11	505610.01	2155178.05	30	499027.62	2152788.47	49	498524.246	2156253.14
12	499839.872	2152967.77	31	499010.294	2152793.68	50	498528.262	2156439.32
13	499813.119	2153032.54	32	498991.875	2152800.57	51	498555.004	2158058.69
14	499604.422	2152952.6	33	498989.528	2152808.3	52	498572.183	2158818.71
15	499631.174	2152887.82	34	498633.345	2153693.54	53	498572.6	2158837.44
16	499267.659	2152748.58	35	498544.68	2153981.12	54	498574.315	2158988.87
17	499266.178	2152749.91	36	498535.78	2154024.35	55	498582.258	2159682.42
18	499245.703	2152757.21	37	498524.527	2154104.98	56	498604.896	2160720.09
19	499228.74	2152762.77	38	498512.004	2154186.12	57	498621.526	2161624.43



Mapa I.1 Localización geográfica del Proyecto.

### I.1.3 Duración del proyecto

La vida útil del Proyecto es de 100 años.

## I.2 Datos generales del promovente

### I.2.1 Nombre o razón social

Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S.A de C.V. (GACM)

Lo anterior se hace constar en el Acta del Libro Número 1,698, Escritura Número 71,236, corrida ante el Lic. Luis de Angoitia Becerra, Notario Público No. 109 del Distrito Federal, de fecha de 12 de junio de 2014.

Consultar Acta Constitutiva de GACM en el Anexo VIII.1.1.

### I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del Promovente (RFC)

En el Anexo VIII.1.1 se presenta la copia del RFC de GACM.

### I.2.3 Nombre y cargo del representante legal. En su caso, anexar copia certificada del poder correspondiente

Raúl González Apaolaza es el Representante Legal de GACM, lo anterior se hace constar en el Acta del Libro 1,709, Escritura Número 71,559 Notario Público No. 109 del Distrito Federal, de fecha 10 de septiembre de 2014. Consultar Anexo VIII.1.2.

En el Anexo VIII.1.3 se encuentra la copia de la Identificación Oficial.

### I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

### **I.3 Datos generales del responsable del estudio de impacto ambiental**

#### **I.3.1 Razón Social**

Especialistas Ambientales, S.A. de C.V. en colaboración de Planeación y Proyectos de Ingeniería, S.C. y el Colegio de Biólogos de México, A.C.

En el Anexo VIII.1.4 se presenta copia del Acta Constitutiva de EASA.

#### **I.3.2 Registro Federal de Constituyentes**

En el Anexo VIII.1.5 se presenta el RFC de EASA.

#### **I.3.3 Consultor responsable que elaboró el estudio**

Nombre: José Antonio Ortega Rivero

En el Anexo VIII.1.6 se presenta copia del IFE, RFC, CURP y Cédula Profesional del responsable técnico de la elaboración del estudio.

#### **I.3.4 Dirección para oír o recibir notificaciones.**

PÁGINA EN BLANCO



## PROTESTA DE DECIR VERDAD

Los abajo firmantes, bajo protesta de decir verdad y sabedores de la responsabilidad en que incurren los que declaran con falsedad ante Autoridad Administrativa distinta de la judicial, tal como lo establece el artículo 247, fracción I, 420 Quater del Código Penal Federal y 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, manifiestan que la información contenida en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del proyecto "Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México", elaborada por Especialistas Ambientales, S.A. de C.V. y promovido por Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S.A. de C.V., que se pretende desarrollar en el estado de México, fue obtenida a través de la aplicación de las mejores técnicas y métodos comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, así como, las medidas de prevención y mitigación propuestas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales. Y que en tal sentido toda la información que se presenta, bajo su leal saber y entender es verídica.

### Representante Legal del Promovente

Nombre: Ing. Raúl González Apaolaza  
Testimonio del Acta de la Escritura 71,559

---

Ing. Raúl González Apaolaza

### Responsable de la Elaboración del Estudio

Nombre: Dr. José Antonio Ortega Rivero

---

Dr. José Antonio Ortega Rivero



## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

ÍNDICE

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO .....	II-1
II.1. Información general del proyecto, plan o programa.....	II-1
II.1.1 Naturaleza del Proyecto.....	II-1
II.1.2 Justificación y objetivos .....	II-10
II.1.3 Estudio de Riesgo Ambiental y Modalidad .....	II-13
II.1.4 Dimensiones del Proyecto .....	II-13
II.1.5 Ubicación física del Proyecto.....	II-14
II.1.6 Inversión requerida .....	II-19
II.1.7 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del Proyecto y sus colindancias .....	II-19
II.2. Características particulares del Proyecto, plan o programa .....	II-25
II.2.1 Aeródromo .....	II-25
II.2.2 Terminal de pasajeros .....	II-36
II.2.3 Acceso a la Zona Pública y Estacionamiento .....	II-50
II.2.4 Instalaciones de Apoyo.....	II-61
II.2.5 Aerotrópolis.....	II-77
II.3. Descripción de obras de trabajo .....	II-78
II.3.1 Preparación del sitio y Construcción.....	II-81
II.3.2 Operación y mantenimiento .....	II-136
II.3.3 Abandono del sitio .....	II-146
II.3.4 Requerimiento de personal.....	II-147
II.3.5 Insumos .....	II-148
II.4. Generación, manejo y disposición de residuos, aguas residuales, emisiones a la atmosfera y contaminación por ruido ..	II-150
II.4.1 Generación de residuos.....	II-150
II.4.2 Manejo de residuos .....	II-153
II.4.3 Generación, manejo y descarga de aguas residuales.....	II-155
II.4.4 Generación y control de emisiones a la atmósfera.....	II-156
II.4.5 Generación y control de ruido.....	II-157
II.5. Planes y procedimientos de emergencia .....	II-157
II.5.1 Seguridad y vigilancia .....	II-157
II.5.2 Protección Civil y Contra Incendios .....	II-159
II.5.3 Servicios de rescate y extinción de incendios (SREI).....	II-160
II.5.4 Alarma contra incendios en edificios .....	II-161
II.5.5 Protección contra incendios en la Planta Central de Servicios .....	II-162
II.5.6 Programa de Prevención de Accidentes.....	II-162
II.5.7 Protección contra incendio en el área de combustible .....	II-162
II.5.8 Sistema de control .....	II-163

II.5.9 Equipo de protección personal de emergencia..... II-164

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Fases de construcción para el Proyecto .....	II-6
Tabla II.2 Dimensiones del Proyecto.....	II-14
Tabla II.3 Coordenadas del predio del Proyecto.....	II-15
Tabla II.4 Uso de suelo y tipo de vegetación en el predio del Proyecto.....	II-19
Tabla II.5 Tabla comparativa de las opciones 1 y 2.....	II-35
Tabla II.6 Programa preliminar de la torre de control de tráfico aéreo.....	II-36
Tabla II.7 Datos de entrada y los supuestos para derivar la capacidad y tiempos de viaje del transporte automatizado de personas.....	II-46
Tabla II.8 Red de vialidades.....	II-51
Tabla II.9 Red de transporte público y la jerarquía del sistema.....	II-52
Tabla II.10 Descripción del tipo de acceso.....	II-54
Tabla II.11 Programa de carga.....	II-61
Tabla II.12 Programa para aviación general.....	II-63
Tabla II.13 Requerimientos del centro logístico.....	II-65
Tabla II.14 Cálculo del ducto de turbosina.....	II-71
Tabla II.15 Cálculo de las dimensiones y número de tanques de almacenamiento de turbosina en el Proyecto.....	II-74
Tabla II.16 Cálculo de las dimensiones del sistema de abastecimiento de combustible.....	II-74
Tabla II.17 Cálculo del sistema de abastecimiento de combustible a red.....	II-74
Tabla II.18 Programa general de trabajo de la Fase 1.....	II-80
Tabla II.19 Cálculos de densidad de carga.....	II-90
Tabla II.20 Flujos y temperaturas de suministro y retorno.....	II-95
Tabla II.21 Cargas planeadas para la Planta Central de Servicios.....	II-99
Tabla II.22 Materiales de tubería de los servicios públicos.....	II-99
Tabla II.23 Características de la conexión a tierra de los componentes.....	II-114
Tabla II.24 Características de los equipos eléctricos de los componentes.....	II-114
Tabla II.25 Estimación de la carga eléctrica de los componentes.....	II-117
Tabla II.26 Niveles de iluminación en instalaciones de la Torre de Control.....	II-118
Tabla II.27 Separación de las curvas para la pista de rodaje.....	II-120
Tabla II.28 Niveles de iluminación en vías de acceso.....	II-127
Tabla II.29 Requisitos de cobertura mínima de la gravedad y la fuerza.....	II-130
Tabla II.30 Niveles de protección para los activos críticos.....	II-131
Tabla II.31 Nivel de ruido máximo permisible de eventos de corta duración.....	II-134
Tabla II.32 Nivel de ruido continuo máximo permisible para eventos externos.....	II-134
Tabla II.33 Objetivos de aislación de sonidos internos.....	II-134
Tabla II.34 Criterios de tiempo de reverberación de frecuencia mediada.....	II-135
Tabla II.35 Criterios de ruido de diseño de servicios mecánicos.....	II-135
Tabla II.36 Programa de la zona de mantenimiento de Aeronaves.....	II-139
Tabla II.37 Zona de mantenimiento del Aeropuerto.....	II-142
Tabla II.38 Programa de mantenimiento de equipos de servicio en tierra.....	II-144
Tabla II.39 Programa para servicio de comida en vuelo.....	II-145
Tabla II.40 Consumo de agua en caso base.....	II-148
Tabla II.41 Consumo de agua en el caso sustentable.....	II-148
Tabla II.42 Generación de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Caso Base).....	II-150
Tabla II.43 Generación de Residuos Peligrosos (Caso Base).....	II-150
Tabla II.44 Generación de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial y Residuos Peligrosos NAICM (Caso Base).....	II-151
Tabla II.45 Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Caso Base).....	II-152
Tabla II.46 Generación y Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Escenario Sustentable A).....	II-152
Tabla II.47 Generación y Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Escenario Sustentable B).....	II-152
Tabla II.48 Generación y Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Escenario Sustentable B).....	II-153
Tabla II.49 Flujos del drenaje sanitario en el caso base.....	II-155
Tabla II.50 Flujo del drenaje sanitario en el caso sustentable.....	II-155

Tabla II.51 Consideraciones para el sitio de la PTAR.....	II-156
Tabla II.52 Uso y equipo que producirá emisiones.....	II-156
Tabla II.53 Programa de SREI.....	II-160
Tabla II.54 Vehículos de las estaciones SREI.....	II-160

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Fase 1 del Proyecto.....	II-8
Figura II.2 Fase 4 del Proyecto.....	II-9
Figura II.3 TMCA para pasajeros en el AICM.....	II-11
Figura II.4 Representación gráfica regional del Proyecto.....	II-17
Figura II.5 Representación gráfica local del Proyecto.....	II-18
Figura II.6 Mapa de usos de suelo y vegetación en el predio del Proyecto.....	II-20
Figura II.7 Croquis de ubicación del Proyecto y sus colindancias.....	II-21
Figura II.8 Áreas Naturales Protegidas Estatales.....	II-22
Figura II.9 Áreas Naturales Protegidas Federales.....	II-22
Figura II.10 Regiones Terrestres Prioritarias a nivel del SAR.....	II-23
Figura II.11 Regiones Hidrológicas Prioritarias.....	II-24
Figura II.12 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.....	II-24
Figura II.13 Pistas del Proyecto.....	II-26
Figura II.14 Diseño de calles de rodaje y calles de acceso.....	II-27
Figura II.15 Profundidad de posiciones para aeronaves – Código F.....	II-28
Figura II.16 Profundidad de posiciones para aeronaves – Códigos E y C.....	II-29
Figura II.17 Plataforma para el procesador de la terminal.....	II-29
Figura II.18 Plataforma de satélite Oeste.....	II-30
Figura II.19 Plataforma de satélite Este.....	II-31
Figura II.20 Dimensiones verticales e inclinaciones de los puentes de abordaje de pasajeros.....	II-32
Figura II.21 Seguridad perimetral.....	II-33
Figura II.22 Opción 1 y 2 para la torre de control de tráfico aéreo.....	II-35
Figura II.23 Zona de desarrollo de las terminales.....	II-36
Figura II.24 Terminal de pasajeros.....	II-38
Figura II.25 Diagrama de sector 2018.....	II-39
Figura II.26 Leyendas/Claves del concepto de la Terminal.....	II-40
Figura II.27 Nivel 4 de la terminal, oficinas 2018 a 2062.....	II-41
Figura II.28 Nivel 3 de la terminal, Salidas 2018 a 2062.....	II-42
Figura II.29 Nivel 3 Satélite Este y Oeste.....	II-42
Figura II.30 Nivel 2 de la terminal, Entreplanta 2018 a 2062.....	II-43
Figura II.31 Nivel 2 Satélite Oeste de la entreplanta.....	II-43
Figura II.32 Nivel 1 de la terminal, Llegadas 2018 a 2062.....	II-44
Figura II.33 Nivel 1 Satélite Este y Oeste Llegadas.....	II-44
Figura II.34 Nivel 0 de la terminal, Llegadas 2018 a 2062.....	II-45
Figura II.35 Nivel 0 Satélite Este y Oeste del sótano.....	II-45
Figura II.36 Túneles del Satélite.....	II-46
Figura II.37 Transporte automatizado de personas 2018.....	II-47
Figura II.38 Transporte automatizado de personas 2062.....	II-47
Figura II.39 Sección del túnel del sistema de equipaje.....	II-48
Figura II.40 Sección del túnel de vehículos de equipaje.....	II-48
Figura II.41 Sección del túnel de servicios.....	II-49
Figura II.42 Túneles para vialidades del lado aire.....	II-50
Figura II.43 Zonas públicas del aeropuerto.....	II-51
Figura II.44 Conexión con Texcoco 2018.....	II-52
Figura II.45 Conexión con Texcoco 2062.....	II-53
Figura II.46 Acceso para camiones y mercancías.....	II-53
Figura II.47 Circuito Exterior Mexiquense (Planta).....	II-54
Figura II.48 Mejoras a la Sección transversal Circuito Exterior Mexiquense.....	II-54

Figura II.49 Bulevar Principal.....	II-55
Figura II.50 Avenida.....	II-55
Figura II.51 Avenida B.....	II-56
Figura II.52 Calle.....	II-56
Figura II.53 Camino peatonal.....	II-57
Figura II.54 Callejón.....	II-57
Figura II.55 Ubicación del tren y metro en el año 2062.....	II-58
Figura II.56 Ubicación del MetroBus y Mexibus en el año 2018-2062.....	II-59
Figura II.57 Centro de Transporte Terrestre- sección.....	II-60
Figura II.58 Ubicación de las áreas de Carga.....	II-62
Figura II.59 Aviación General.....	II-64
Figura II.60 Centro de Seguridad y Respuestas a actos ilícitos.....	II-64
Figura II.61 Instalaciones del centro de logística.....	II-66
Figura II.62 Instalaciones del área de administración.....	II-67
Figura II.63 Planta Central de Servicios.....	II-67
Figura II.64 Instalaciones militares y de gobierno.....	II-70
Figura II.65 Ubicación de los ductos en Fase 1.....	II-72
Figura II.66 Ubicación de las instalaciones de combustible.....	II-73
Figura II.67 Nomenclatura del sistema de abastecimiento de combustible.....	II-75
Figura II.68 Trayectoria del ducto de 12" de diámetro de llegada de turbosina al Proyecto.....	II-75
Figura II.69 Trayectoria de los ductos de 24" de suministro de turbosina a red de abastecimiento.....	II-76
Figura II.70 Red de abastecimiento en plataformas del satélite Oeste del Proyecto.....	II-76
Figura II.71 Sistema de abastecimiento en plataforma principal del Proyecto.....	II-76
Figura II.72 Distribución de Aerotrópolis.....	II-78
Figura II.73 Típico del código E y F para el estacionamiento de aeronaves y plataformas.....	II-85
Figura II.74 Construcción de la pista con material compuesto Código E / F (típico).....	II-85
Figura II.75 Detalles de construcción de una pista y calle de rodaje típica flexible con Código E / F (típico).....	II-86
Figura II.76 Construcción de calles de rodaje de Código E y F (típico).....	II-86
Figura II.77 Sección e isométrico de la torre.....	II-89
Figura II.78 Entradas de aire para la terminal del aeropuerto.....	II-90
Figura II.79 Plano del Estacionamiento.....	II-93
Figura II.80 Altura hacia el techo permisible.....	II-93
Figura II.81 Marco del piso para opciones de 9 x 9 m y 9 x 18 m.....	II-94
Figura II.82 Sección del túnel de servicios.....	II-98
Figura II.83 Ejemplo de paisaje urbano con biozanja integrada.....	II-100
Figura II.84 Plano de la granja de combustible.....	II-110
Figura II.85 Sistema de indicador de trayectoria de aproximación de precisión.....	II-119
Figura II.86 Luces del umbral.....	II-119
Figura II.87 Componentes del sistema de iluminación de la pista de rodaje.....	II-120
Figura II.88 Luces indicadoras de la pista de rodaje de salida rápida.....	II-120
Figura II.89 Luces de protección de la pista.....	II-121
Figura II.90 Plano iluminación en pistas y calles de rodaje.....	II-122
Figura II.91 Marcas en pistas y calles de rodaje.....	II-123
Figura II.92 Señalización de la pista de rodaje.....	II-124
Figura II.93 Ejemplo de sistemas visuales de guía de acoplamiento.....	II-124
Figura II.94 Tubería tipo 5.....	II-130
Figura II.95 Tubería tipo 5.....	II-133
Figura II.96 Mantenimiento de aeronaves 2018.....	II-141
Figura II.97 Mantenimiento de aeronaves 2062.....	II-142
Figura II.98 Edificios de mantenimiento.....	II-144
Figura II.99 Equipamiento para servicio en tierra.....	II-145
Figura II.100 Servicio de comida en vuelos.....	II-146
Figura II.101 Estimación de los empleos generados durante la Construcción de la primera etapa del Proyecto.....	II-147
Figura II.102 Localización de Bancos de Préstamo para la obtención de materiales requeridos para el Proyecto.....	II-149
Figura II.103 Generación de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial por Área.....	II-151
Figura II.104 Generación de Residuos Peligrosos por Área.....	II-151

Figura II.105 Diagrama del bloqueo del Sistema de Monitoreo de la Alarma de Control de Acceso..... II-158  
Figura II.106 Diagrama de bloques del Sistema de Video Vigilancia..... II-158  
Figura II.107 Diagrama de bloques del Sistema de Inspección de Equipaje..... II-159

## II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

### II.1. Información general del proyecto, plan o programa

#### II.1.1 Naturaleza del Proyecto

El Proyecto consiste en la construcción y operación del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) con ubicación en el área metropolitana de la Ciudad de México. El NAICM será un aeropuerto de clase mundial que ofrecerá una calidad excepcional de servicio y disponibilidad para una amplia gama de destinos internacionales y nacionales.

El Proyecto será un ejemplo de prácticas sustentables que equilibren los aspectos económicos, ambientales y sociales del desarrollo, adhiriéndose a la definición de desarrollo sustentable establecido por la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas el 20 de marzo de 1987: *"El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"*.

Las implicaciones de la definición Brundtland han inspirado al equipo del Proyecto para adoptar una estrategia que asegure que los impactos potenciales a los indicadores económicos, ambientales y sociales sean evaluados a través de un proceso integral vinculado a los criterios y protocolos de comunicación internacionalmente aceptados.

El equipo del Proyecto acordó una visión para guiar la gestión de los programas de sustentabilidad a través del diseño, la construcción y explotación del aeropuerto. Cada decisión en el proyecto debe ser considerado a la luz de este compromiso:

*El NAICM será un aeropuerto de clase mundial, un referente de bajas emisiones de carbono que represente al pueblo de México como una puerta innovadora y sustentable de ingreso al país.*

A este respecto, el Proyecto se desarrollará para hacer frente a los recursos clave de energía, aire, carbono, agua y materiales, así como a las preocupaciones relacionadas con la equidad social, el desarrollo económico, el transporte, la transparencia institucional y las prácticas comerciales éticas. El Proyecto se basa en el uso de los Principios de Ecuador para asegurar que el proyecto se desarrolle de una manera social y ambientalmente responsable. Elaborados por la Asociación EP en 2010, los Principios son un marco de referencia voluntario utilizado por las instituciones financieras y de la industria para establecer enfoques claros, transparentes y acordes a los proyectos de desarrollo equitativo.

Los Principios de Ecuador se han enfocado considerablemente hacia los estándares y la responsabilidad social de la comunidad, incluidas las normas vigentes para los pueblos indígenas, las normas laborales y la consulta con las comunidades afectadas a nivel local. También han promovido la convergencia en torno a normas ambientales y sociales comunes.

El Proyecto cumplirá con los requerimientos de los Principios 1 a 10.

#### ⊕ Principio 1: Revisión y Categorización

Categorización basada en la magnitud de los potenciales riesgos e impactos sociales y ambientales. Para el caso del NAICM, dicho Proyecto se ubica en la Categoría A, que se refiere a proyectos con riesgos potenciales, ambientales y sociales, adversos y/o impactos que son diversos, irreversibles o sin precedente.

#### ⊕ Principio 2: Evaluación Ambiental y Social

Para proyectos pertenecientes a la **Categoría A**, se realiza su evaluación que atienda los riesgos e impactos sociales y ambientales, relevantes para dicho proyecto. La documentación de evaluación debe proponer medidas para minimizar y mitigar los impactos adversos, de un modo relevante y apropiado para la naturaleza y escala del proyecto. Dicha documentación para los proyectos de **Categoría A**, debe incluir una evaluación de Impacto Ambiental y Social; así como estudios especializados.

#### ⊕ Principio 3: Estándares Ambientales y Sociales Aplicables

El proceso de evaluación debe, en primera instancia, cumplir con leyes, normas y reglamento, ambientales y sociales, relevantes de México. Así como normas y tratados internacionales relacionados con el tipo de proyecto a desarrollar, en este caso el NAICM.



⊕ Principio 4: Sistema de Manejo Ambiental y Social y Plan de Acción de Principios de Ecuador

Es un requerimiento desarrollar un Plan de Manejo Ambiental y Social (PMAS) para atender los hallazgos encontrados en el proceso de evaluación y que incorpore las acciones requeridas para cumplir con los estándares aplicables.

⊕ Principio 5: Involucramiento de las partes

El promovente del Proyecto demostrará que hay un involucramiento de las partes interesadas con las comunidades afectadas, así como otras partes. Se deberá llevar a cabo un proceso de información y consulta a la medida de los riesgos e impactos inherentes al proyecto. Para llevar a cabo este proceso, se deberá proveer a las comunidades con la documentación de evaluación, de una manera culturalmente apropiada, cumpliendo con las leyes y reglamentos correspondientes.

⊕ Principio 6: Mecanismo de Resolución de Conflicto

Este mecanismo será adecuado a la escala de los riesgos e impactos del Proyecto y tendrá a las comunidades como su usuario principal. Buscará resolver preocupaciones, utilizando un proceso de consulta que sea culturalmente apropiado y de fácil acceso.

⊕ Principio 7: Revisión Independiente

Un Consultor Ambiental y Social Independiente (CAySI) y sin asociación directa con el promovente, llevará a cabo una revisión independiente de la documentación de evaluación, así como la evaluación del cumplimiento de los Principios de Ecuador.

⊕ Principio 8: Convenios

Una fortaleza importante de los Principios de Ecuador es la incorporación de convenios ligados al cumplimiento.

El promovente, demostrará que:

- a) Se cumplirá con los PMAS y el Plan de Acción de Principios de Ecuador (PAPE) durante la construcción y operación del Proyecto.
- b) Se llevarán a cabo reportes periódicos, con una frecuencia acorde a la severidad de los impactos, o como se requiera en la legislación, pero no menos de anualmente.

⊕ Principio 9: Monitoreo y Reportes independientes

Para evaluar el cumplimiento del Proyecto con los Principios de Ecuador y asegurar el monitoreo se elaborarán reportes.

⊕ Principio 10: Reporte y Transparencia

Los siguientes requerimientos de reporte para el promovente son adicionales a los requeridos en el Principio 5:

- a) El promovente se asegurará que por lo menos un resumen de la Evaluación de Impacto Ambiental y Social se encuentre en línea.
- b) El promovente reportará públicamente los niveles de emisión de Gases Efecto Invernadero durante la fase operacional.

Para el desarrollo del Proyecto, la promovente tiene contemplado obtener recursos económicos a través de EPFI,

Todo el conjunto de Principios ha sido adoptado y se aplicará en el diseño, la construcción y los equipos de gestión operativa para cada Fase del Proyecto, por lo que se desarrollará para hacer frente a los recursos clave de energía, aire, carbono, agua y materiales, así como a las preocupaciones relacionadas con la equidad social, el desarrollo económico, el transporte, la transparencia institucional y las prácticas comerciales éticas. Los Principios del Ecuador se asegurarán de que la gestión del programa de sustentabilidad para el Proyecto sea aplicada, actualizada y reportada continuamente desde el diseño hasta la construcción y operación.

El Proyecto ha adoptado los siguientes objetivos clave:

- ⊕ Apegarse a los Principios de Ecuador para la gestión de programas de sustentabilidad para el diseño, construcción y operación del Proyecto, incluida la observancia de los códigos y normas mexicanas para el de cumplimiento y el reporte ambiental.

- ⊕ Lograr un mínimo de 40% de reducción en costos de energía con referencia a lo observado en la actualidad, sobre la base de los criterios establecidos por la herramienta de clasificación de edificios ecológicos LEED<sup>1</sup>, con un camino claro hacia Energía Neta Cero en funcionamiento. Esto se basa en una reducción mínima del 25% para la demanda de energía en comparación con ASHRAE 90.1-2010.
- ⊕ Reducir el consumo de agua potable en un 70% con respecto a lo observado en la actualidad, utilizando fuentes de agua no potable/reciclada proporcionadas en el lugar, así como a través de medidas de conservación del agua, incluyendo los accesorios de bajo flujo.
- ⊕ Reducir las emisiones de carbono en un 50% con respecto a lo observado actualmente, en gran parte a través del uso de medidas de eficiencia en edificios, plantas de producción de energía combinadas de calor y electricidad, y en una demostración a gran escala de tecnologías de generación de energía renovable en el sitio. Las emisiones de carbono deben incluir sólo los alcances 1 y 2 como se define por el Instituto Mundial de Recursos.
- ⊕ Fomentar el uso del transporte público, incluyendo el uso de vehículos de combustible alternativo, metro, autobuses y bandas transportadoras de personas para reducir la dependencia de los vehículos personales. Además, se pronostica que los vehículos del establecimiento NAICM dependerán de la energía eléctrica para el recorrido dentro del sitio.
- ⊕ Lograr las certificaciones LEED Platino, Oro y Plata para los edificios y comparar el aeropuerto con otras instalaciones en forma uniforme.
- ⊕ Lograr tasas de desviación de vertimiento de al menos el 60% en la operación a través de un amplio programa de reciclaje y compostaje de materia orgánica. Los residuos de la construcción deberán tener como objetivo una desviación de construcción de al menos 75% o más, de acuerdo con los criterios de LEED.
- ⊕ Establecer un protocolo de la iniciativa global de reporte para el informe anual que se ha de emprender a partir del Año uno de operaciones del NAICM, para asegurar que se dé seguimiento anual al desempeño ambiental, económico y social, y los resultados se publiquen como parte del cumplimiento de la NAICM con los requisitos de la SEMARNAT de México y las Guías Ambientales, de Seguridad y Salud del Grupo del Banco Mundial.
- ⊕ Crear empleos ecológicos y proporcionar programas de capacitación laboral como parte del diseño, construcción y operación del Proyecto
- ⊕ Implementar un programa de beneficios para la comunidad, que incluya el compromiso de las partes interesadas, las evaluaciones de impacto social, la transparencia en las operaciones, la comunicación eficaz de los procesos de planificación y construcción, y un mecanismo de quejas para asegurar que los actores locales se incluyan efectivamente en el desarrollo del Proyecto.
- ⊕ El nuevo aeropuerto busca ser el primero fuera de Europa con una huella neutral de carbono, al bajar 40% su consumo eléctrico y abastecerse de energía limpia

Por otra parte, el NAICM será líder mundial en diseño, construcción y operación sustentable. El nuevo aeropuerto buscará ser el primero con certificación LEED Platino en el mundo. El sistema de clasificación LEED del Consejo Estadounidense para la Construcción Ecológica es una herramienta usada en todo el mundo para establecer los criterios base del desempeño de sustentabilidad para desarrollos nuevos y existentes. LEED no es un estándar, sino una colección de estrategias de diseño y construcción que hace referencia a códigos, estándares y marcos de referencia establecidos internacionalmente. El uso del LEED para el desarrollo del Proyecto asegurará que se adopte por los requerimientos de desempeño más recientes para asegurar que los edificios sean eficientes en cuanto a energía, minimicen los impactos al sitio y a la salud del ecosistema y proporcionen ambientes internos saludables para los ocupantes del edificio.

Las principales iniciativas para lograr la certificación LEED serán las siguientes:

- ⊕ Iluminación y ventilación natural
- ⊕ Acceso en transporte público
- ⊕ Uso de energía renovable local
- ⊕ Tratamiento y reuso de agua residuales
- ⊕ Calentamiento solar del agua
- ⊕ Captación y uso de agua de lluvia para áreas verdes y jardines
- ⊕ Fotoceldas integradas al revestimiento
- ⊕ Mayor eficiencia energética
- ⊕ Uso de materiales reciclados y regionales
- ⊕ Uso de materiales de baja emisión
- ⊕ Medición y verificación de energía

<sup>1</sup> LEED: Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental

- ⊕ Comisionado externo
- ⊕ Uso de electricidad generada con biogás

El Proyecto estará conformado por los siguientes componentes generales, constituidos por áreas, en los que quedarán insertas las instalaciones:

1. Aeródromo
  - ⊕ Pistas de aterrizaje/despegue
  - ⊕ Calles de rodaje y calles de acceso
  - ⊕ Plataformas de la terminal de pasajeros
  - ⊕ Servicios de navegación aérea y equipos
  - ⊕ Torre de control de tráfico aéreo
2. Terminal de pasajeros
  - ⊕ Transporte automatizado de personas y túneles
3. Acceso a la zona pública y estacionamiento
  - ⊕ Conexiones a las calles externas y tránsito
  - ⊕ Red de vialidades
  - ⊕ Centro de Transporte Terrestre
  - ⊕ Estacionamiento
4. Instalaciones de apoyo
  - ⊕ Carga
  - ⊕ Aviación general
  - ⊕ Centro de logística
  - ⊕ Administración del aeropuerto
  - ⊕ Planta Central de Servicios
  - ⊕ Instalaciones militares y de gobierno
  - ⊕ Instalaciones de combustible
5. Aerotrópolis

El Proyecto considera el desarrollo de las siguientes obras asociadas, las cuales tienen una estrecha relación con los componentes del mismo por lo que se describen a detalle en las características particulares y construcción de este capítulo.

- ⊕ Instalaciones de combustible

Las instalaciones se apegarán a las normas aplicables de la industria y de seguridad operacional, cumplirán con el Código Internacional Contra incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA30, edición 2012) y la Norma 407 sobre Abastecimiento de Combustible en Aeronaves (edición 2012). La entrega de combustible será por parte de PEMEX. En la Fase final del Proyecto se tendrá el máximo crecimiento de esta área con un total de 12 tanques de almacenamiento de 66,600 barriles (799,200 barriles) de turbosina.

- ⊕ Planta de tratamiento

El área aproximada para la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) es de 4 ha, esta área está planeada para permitir toda la funcionalidad y la expansión requerida para el período de construcción del Proyecto, la PTAR se localizará al lado de la Planta Central de Servicios y tendrá una capacidad de tratamiento de 11,830 m<sup>3</sup>/día. El agua tratada será utilizada en los lavados sanitarios internos, riego por aspersión y el suministro compuesto de la torre de enfriamiento.

- ⊕ Subestaciones eléctricas

El suministro eléctrico contendrá dos alimentadores de 20 MVA a 23kV de cada una de las dos subestaciones receptoras propuestas (230kV a 23kV). Este servicio será suministrado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Los alimentadores de 23kV de las subestaciones receptoras tendrán cada uno una capacidad de 20 MVA, y podrán correr bajo tierra en bancos de ductos con revestimiento de concreto hacia las principales celdas de distribución de 23kV ubicadas dentro de la Planta Central de Servicios. Como mínimo, una caja eléctrica de paso (una construcción de concreto precolado) se proporcionará cada 165 m

(500 pies) de la corrida de alimentación y en cada lugar donde la desviación total del banco de ductos ascienda a 180 grados (horizontal o vertical).

⊕ Conexiones con vialidades externas

El desarrollo de las vialidades externas proporcionará el acceso al sitio del Proyecto, además distribuirán el tráfico vehicular de las principales redes viales regionales a estas áreas. Para fines de esta MIA-R se consideran las conexiones de la Autopista Peñón – Texcoco y el Circuito Exterior Mexiquense.

- Autopista Peñón – Texcoco. Se construirían un nuevo paso a desnivel en las conexiones a la calzada arbolada (calzada arbolada oeste, calzada arbolada central y calzada arbolada este), para tener acceso de la autopista Peñón-Texcoco al sitio del Proyecto. La ubicación de la terminal estará conectadas con una futura carretera de paga que se planea para conectar con la Autopista Peñón - Texcoco con la carretera 142, cerca de la esquina noreste del nuevo aeropuerto. Cuando la nueva autopista esté abierta, se proporcionará una nueva conexión de esta a la Avenida de Circunvalación.
- Circuito Exterior Mexiquense. Se construiría un nuevo paso a desnivel donde el Circuito Exterior Mexiquense se encuentra con el ángulo noroeste del sitio del Proyecto. Este paso a desnivel permitiría el acceso desde el norte hacia la zona de carga en el lado Norte.

⊕ Red de Transporte Público

El Proyecto considera la ampliación de la siguiente red de transporte público, para fines de la evaluación de esta MIA-R se considera el desarrollo de las siguientes obras solo dentro del predio del Proyecto.

- Tren Expreso – Tren. Este servicio proporcionara una conexión expresa del centro de ciudad de México al Aeropuerto. El servicio de este Tren comenzará después de la Fase 1, pero antes de la Fase 2.
- Metro. El servicio de Metro es un proyecto de la Fase 2 que conectará el nuevo aeropuerto con una de las tres líneas (línea 1, 5 y 9) existentes del Metro.
- MetroBus. Las líneas 4 y 6 del MetroBus se extenderán hacia Aerotrópolis y hacia el área de la terminal aérea del aeropuerto.
- Mexibus. Se ofrecerá el servicio a través a través del Circuito Exterior Mexiquense y luego en Avenida de Circunvalación y en el Bulevar principal hacia el área de la terminal del aeropuerto.

⊕ Vialidades Internas

El proyecto tiene considerado la construcción de las siguientes vialidades internas:

- Bulevar Principal. El ancho total será de 59 m con un camellón central de 25 m, dando cabida a parques y restaurantes, tendrá un carril para bicicletas separado en cada dirección, junto con dos carriles de circulación de automóviles y un carril para el MetroBus en cada dirección. Se tendrán banquetas amplias de 5 m las cuales incluyen áreas verdes.
- Avenidas (Avenida Tipo 1 y Avenida Tipo 2). Se tendrán dos tipos de Avenidas, La Avenida A tiene 36 m de ancho e incluye camellón pequeño, dos carriles de circulación y un carril en cada dirección para el MetroBus. También se proporcionan banquetas amplias y un carril separado para bicicletas. La Avenida B es de 34 m de ancho, e incluye pequeño camellón y dos carriles de circulación en cada sentido. También se proporcionan banquetas amplias y un carril separado para bicicletas.
- Calles. Se tendrán calles de oeste-este y de norte-sur. Las calles proporcionan acceso secundario a las cuadras interiores. Estas calles son de 20 m de ancho con estacionamiento en un lado de la calle, con un carril separado para bicicletas y banquetas de 4.5 m de ancho.
- Camino Peatonal. representa un acceso secundario en cuadras interiores que constituyen los amplios camellones de 34 m que se colocarán a lo largo del sitio de desarrollo. Estos caminos son de 8 m de ancho y permiten un estacionamiento al lado del parque y el pavimento se comparte entre automóviles, peatones y ciclistas.
- Callejones. Son de 12 m de ancho y tienen pavimento continuo, lo que permite que se pueda compartir entre los automóviles que se mueven a baja velocidad, peatones y ciclistas.

La Infraestructura aeroportuaria tendrá un crecimiento paulatino que se desarrollará en las siguientes fases para las etapas de preparación del sitio y construcción:

1. Fase 1 ((2014-2018)
2. Fase 2 (2018-2023)
3. Fase 3 (2023-2028)
4. Fase 4 (2028-2062)

Al finalizar cada una de las fases se llevará a cabo la puesta en operación (pruebas pre-operativas y certificaciones) de los componentes; lo cual tomará dos años.

En el año 2062 se alcanzará el máximo desarrollo de manera que se pueda atender la creciente demanda de pasajeros y vuelos que se espera aumente de 36.7 millones en el año 2018 a 119.0 millones en el 2062 de pasajeros y 36,079 vuelos en el año 2018 y 45,169 vuelos en el 2062.

El diseño de las pistas propuesto para la configuración definitiva tiene seis pistas paralelas en una orientación de norte a sur, Éstas están muy cercanas la una de la otra, al este, centro y oeste del sitio, las cuales se enumeran del 1 al 6 de oeste a este.

A continuación se desglosan las propuestas estratégicas para las Fases de desarrollo del Proyecto.

Tabla II.1 Fases de construcción para el Proyecto

Fase	Construcción
Fase 1 (2014-2018)	Tres pistas de despegue/aterrizaje (pistas 2, 3 y 6) con capacidad suficiente para el crecimiento
	Edificio Terminal de pasajeros
	Una plataforma para aeronaves.
	La red viaria del lado tierra, incluyendo carreteras, vías de tránsito, bordillos y aparcamiento han sido dimensionadas para cumplir con la demanda proyectada a través de 2023
	Inicio del desarrollo para Aerotrópolis
	Área de carga/aduanas
	Instalaciones gubernamentales y militares
	Área de Control de tráfico aéreo
	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
	Áreas para el servicio de bomberos y extinción de incendios
	Planta Central de Servicios
	Edificio para el equipo del sistema de tierras
	Edificio de mantenimiento
	Edificio para aviación general
	Área de tanques de combustible
	Instalaciones de avituallamiento
	Edificio para el mantenimiento del movedor automático de pasajeros
	Instalaciones logísticas
	Edificios administrativos
	Helipuerto
Edificio de aparcamiento	
Centro de Control de Operaciones del aeropuerto/Centro de Operaciones de Emergencia.	
Fase 2 (2018-2023)	Construcción de la pista 4
	Ampliación de una ruta de Metro al centro de transporte terrestre de la terminal del aeropuerto 2035: Extensión de la segunda línea del Metro al centro de transporte terrestre a través de la ruta de Aerotrópolis
	Ampliación en la Terminal de pasajeros
	Ampliación de instalaciones logísticas
	Ampliación de los edificio de mantenimiento
	Ampliación de los edificio para el equipo del sistema de tierras
	Ampliación en las instalaciones de avituallamiento
	Extensión en la plataforma de aeronaves
	Ampliación en el área de carga/aduanas
	Ampliación en el desarrollo de Aerotrópolis
Fase 3	Construcción de la pista 1

Fase	Construcción
(2023-2028)	Ampliación en la Terminal de pasajeros
	Ampliación del área de tanques de combustible
	Ampliación en el área de los edificio de mantenimiento
	Ampliación en el área de los edificio para el equipo del sistema de tierras
	Ampliación en las instalaciones de avituallamiento
	Ampliación en el área de carga/aduanas
	Ampliación en las instalaciones logísticas
	Extensión del desarrollo para Aerotrópolis
	Ampliación del edificio de aeronaves
	Ampliación en las plataformas para aeronaves
	Ampliación de la red viaria del lado tierra
Fase 4 (2028-2062)	Terminación del área para la Terminal de pasajeros
	Construcción de la pista 5
	Construcción de la segunda área de mantenimiento para aeronaves entre las pistas 4 y 5
	Pavimentación total del área de soporte
	Ampliación del área de tanques de combustible
	Ampliación de la Planta Central de Servicios
	Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
	Ampliación en el área de carga/aduanas entre las pistas 2 y3 y construcción de una nueva área entre las pistas 4 y 5
	Extensión en las áreas de estacionamiento
	Ampliación en las instalaciones logísticas ubicadas al este del predio y construcción de otra área entre las pistas 4 y 5
	Construcción del área de los edificio de mantenimiento entre las pistas 4 y 5
	Ampliación del área de los edificio para el equipo del sistema de tierras entre las pistas 2 y 3 y Construcción de nueva área entre las pistas 4 y 5
	Ampliación de las instalaciones de avituallamiento entre las pistas 2 y 3 Construcción de una nueva área entre las pistas 4 y 5
	Reserva para la posible segunda torre de control de tráfico aéreo
	Plataforma para aeronaves entre las pistas 4 y 5
	Terminación del área para el desarrollo de Aerotrópolis
	Terminación de la línea del Metro y Metrobús
	Terminación del edificio para aviación general
	Terminación del transporte automatizado de personas

Las siguientes figuras muestran la Fase 1 y la Fase 4, mismas que se puede encontrar en el Anexo VIII.2.1.



Figura II.1 Fase 1 del Proyecto.

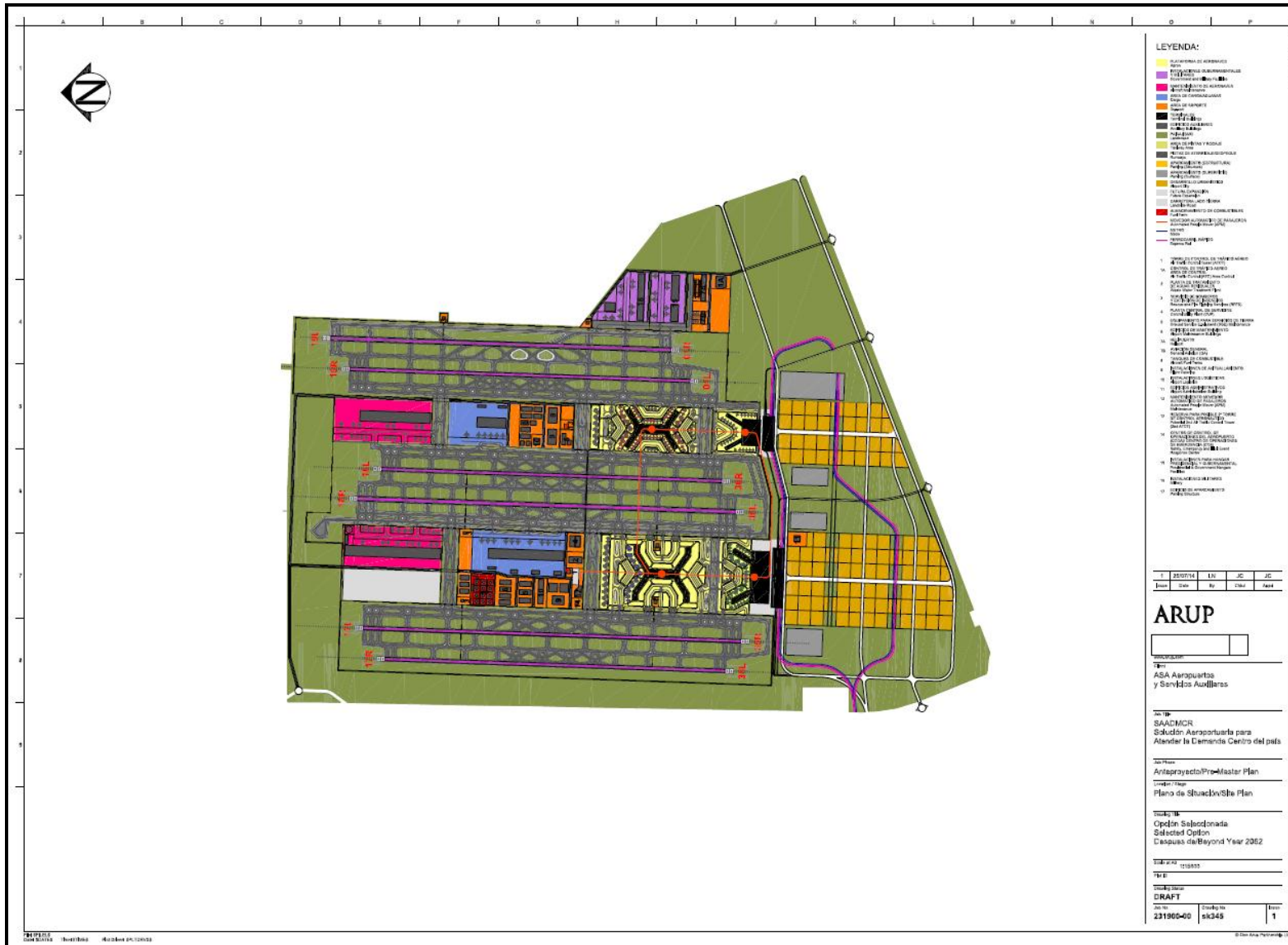


Figura II.2 Fase 4 del Proyecto.



CONAGUA está llevando a cabo obras hidráulicas para la administración del agua en la zona del Proyecto.

De acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte<sup>2</sup> el Proyecto "NAICM" se inscribe en el Sector 48-49: Transportes, correos y almacenamiento

Sector: 48-49: Transportes, correos y almacenamiento

Subsector: 488 Servicios relacionados con el transporte

Rama: 4881 Servicios relacionados con el transporte aéreo

Subrama: 48811 Operaciones aeroportuarias

Clase de actividad: 488112 Administración de aeropuertos y helipuertos.

### II.1.2 Justificación y objetivos

El objetivo principal de la administración federal actual es "lograr que los derechos que la Constitución reconoce a los mexicanos pasen del papel a la práctica". Para lograrlo, el Presidente de la República trabajará en 5 ejes fundamentales dentro de los que se encuentran:

Eje núm. 2:

"Lograr un México incluyente, combatiendo la pobreza y cerrando la brecha de desigualdad social que aún nos divide. El objetivo es que el país se integre por una sociedad de clase media con equidad y cohesión social e igualdad de oportunidades."

Eje núm. 4:

"Lograr un México Próspero, que permita aprovechar los recursos naturales de manera sustentable y agregarles valor, para que su producto llegue a los bolsillos de los mexicanos de hoy y de mañana, que son los dueños de esa riqueza."

Asimismo, el Presidente busca hacer más para acelerar el crecimiento económico: fomentar la competencia en todos los ámbitos, aumentar el crédito para financiar áreas estratégicas y promover la economía formal. Finalmente, busca impulsar todos los motores del crecimiento. El campo, el turismo y el desarrollo industrial, serán imprescindibles en la ruta de México para transformarse en una potencia económica emergente."

Para cumplir con estos ejes fundamentales, las inversiones en infraestructura participarán de forma relevante, tanto mediante la generación de empleos e igualdad de oportunidades, así como aprovechar la disponibilidad de un terreno en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) para construir una nueva infraestructura aeroportuaria de clase mundial, para resolver la problemática del transporte aéreo en el centro del país.

Esta demanda de servicios aeroportuarios generada en la ZMVM es atendida por los aeropuertos: Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) de manera primordial, así como por los cuatro aeropuertos aledaños: Aeropuerto Internacional de Toluca (AIT), Aeropuerto Internacional de Cuernavaca (AIC), Aeropuerto Internacional de Puebla (AIP) y Aeropuerto Intercontinental de Querétaro (AIQ).

El AICM es el aeropuerto más concurrido de México, tanto por el tráfico de pasajeros como por el movimiento de aeronaves, y es el segundo aeropuerto de Latinoamérica con más tráfico de pasajeros después del Aeropuerto de Guarulhos, en São Paulo, Brasil, así como el aeropuerto más activo en cuanto a movimiento de aeronaves. El aeropuerto está situado en una zona densamente poblada y ha sufrido falta de capacidad debido a la limitación de la expansión.

Desde hace varios años, se ha estimado que el AICM alcanzará su saturación en corto plazo, lo cual se ha retrasado por causas tales como crisis de influenza y económicas, afectando el flujo de pasajeros. Asimismo, se logró incrementar la capacidad instalada en el AICM (32 millones de pasajeros año y 365,000 operaciones totales al año) con el rediseño y ampliación de la Terminal 1 y la construcción de la Terminal 2, con mayor disponibilidad de puertas de embarque y desembarque, mayor número de posiciones en plataforma, construcción y mejoramiento de calles de rodaje, mejoras en el sistema de manejo de equipaje, entre otras obras. Estas obras permitieron mejorar los niveles de servicio hacia los pasajeros, reducir tiempos de proceso, así como hacer más eficiente la operación en el aeropuerto, reduciendo rodamientos y cruces de pista. Estas medidas incrementaron la capacidad del área operacional en 4 - 5%.

<sup>2</sup> Véase: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/scian>. Consulta Marzo 2014.

Asimismo, se han implementado incentivos para promover la descentralización del AICM hacia los aeropuertos aledaños que permitan a líneas aéreas aprovechar dicha capacidad instalada, con niveles de servicio acordes a prácticas internacionales, mediante fuertes inversiones con recursos federales y estatales para dichos aeropuertos.

Aún y cuando se ha logrado diversificar la demanda hacia algunos de estos aeropuertos aledaños, la experiencia a la fecha ha demostrado:

- a. Que los usuarios de servicios aeroportuarios prefieren utilizar el AICM más que algún aeropuerto aledaño. El comportamiento de las líneas aéreas y de los pasajeros en los últimos tres años ha generado que, con base en la cancelación de operaciones de Mexicana y la disponibilidad de slots, líneas aéreas como Volaris e Interjet que operaban en AIT, decidieron reducir su operación en los aeropuertos aledaños y transferir vuelos y operaciones al AICM.
- b. El último estudio de mercado realizado por ASA demostró que el volumen de demanda local y de zona de influencia a los 4 aeropuertos aledaños debe reforzarse con medidas que atiendan su demanda regional, para no solo depender de la demanda que se genera directamente en la Zona Metropolitana del Valle de México y la saturación de AICM.
- c. Las restricciones de conexión aérea que se presentan en los aeropuertos aledaños restringe su demanda, generando no solo bajo crecimiento sino, en ocasiones, una demanda negativa.

Estas y otras razones generan que la demanda del AICM esté próxima a saturarse (2014 en varios horarios) con la consiguiente pérdida de competitividad del país, incremento a los costos para las operaciones aéreas en este aeropuerto, reducción a los niveles de servicio hacia pasajeros y aerolíneas, por tiempos de espera, incremento a los precios de los boletos, entre otros.

Se estima que la infraestructura actual del AICM dispone de capacidad estimada de 32 millones de pasajeros por año. Derivado de la demanda histórica, el AICM ha retrasado esta saturación por crisis anteriores (influenza y económica). Al cierre de 2012, el AICM concluyó el año con 29.41 millones de pasajeros. Analizando la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) para pasajeros en el AICM en diversos periodos (ver siguiente figura) y las proyecciones de demanda, sin restricción en infraestructura, permite asumir que el AICM puede saturarse a partir del 2014 - 2015, o antes si el crecimiento reportado para el periodo 2010-2012 se mantiene con dicha tasa elevada para los próximos años por la recuperación del mercado.

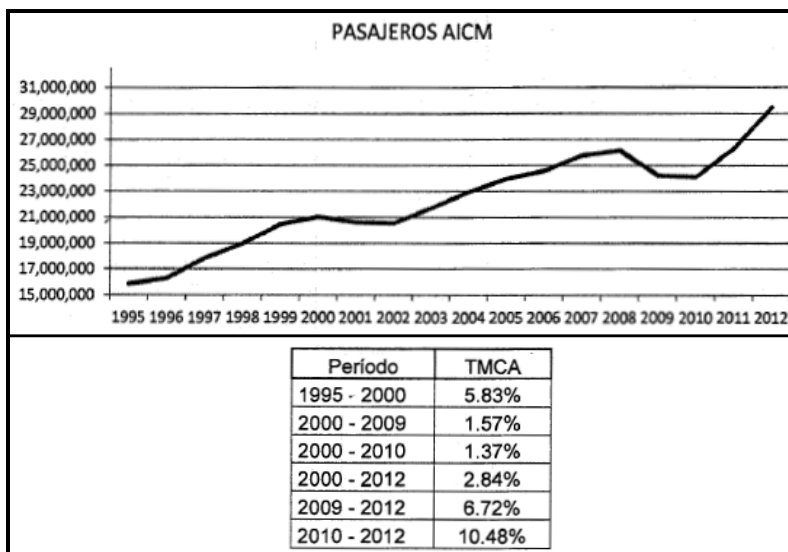


Figura II.3 TMCA para pasajeros en el AICM.

Considerando que un Proyecto para la construcción de un nuevo aeropuerto puede requerir de un período de preparación de 1.5 años, más 4.5 años para su construcción en una etapa inicial, es indispensable iniciar el desarrollo de dicha infraestructura a la brevedad. Para ello, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) ha venido desarrollando una serie de estudios ambientales y sociales para seleccionar el sitio que se adapte a las necesidades del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México (NACIM).

La construcción de un nuevo aeropuerto de clase mundial en el área metropolitana de la Ciudad de México se menciona específicamente como una inversión clave para la infraestructura y para la generación de puestos de trabajo así como igualdad de oportunidades, y la solución a los problemas de transporte aéreo en el centro del país.

El NAICM será un aeropuerto de clase mundial que ofrecerá una calidad excepcional de servicio y disponibilidad para una amplia gama de destinos internacionales y nacionales. De acuerdo con esta visión, el objetivo es crear valor a largo plazo para el NAICM y sus beneficiarios, lo que se logrará por medio del siguiente conjunto de metas y objetivos para guiar el proceso:

- ⊕ Mantener un ambiente de operación del aeropuerto seguro y confiable
- ⊕ Crear un plan maestro del aeropuerto equilibrado, que haga que las instalaciones coincidan con la demanda prevista
- ⊕ Preservar y proteger el terreno para el desarrollo final de seis pistas de aterrizaje e instalaciones para pasajeros, carga e instalaciones de apoyo
- ⊕ Localizar los distintos usos de aviación y no aviación en zonas que no sólo mejoren el funcionamiento del aeropuerto, sino que permitan el funcionamiento eficiente y eficaz de sus usos respectivos
- ⊕ Mantener un negocio sustentable, que sea aceptado como un miembro responsable y valioso de la comunidad y un motor económico clave para México
- ⊕ Proporcionar un Hub eficiente con traslados rápidos de salidas y llegadas así como una experiencia de calidad tanto para viajeros como para los visitantes del aeropuerto
- ⊕ Explorar nuevas oportunidades de crecimiento para aumentar el valor de las empresas existentes o nuevas
- ⊕ Ser un aeropuerto ambientalmente responsable

Todas las instalaciones y operaciones existentes en el AICM serán trasladadas y replicadas al NAICM, el cual se ha planeado para:

- ⊕ Cubrir una demanda a su inauguración de 36,7 millones de pasajeros anuales, y que se ampliará en fases para dar cabida a una demanda máxima de 119 millones de pasajeros.
- ⊕ Construir un aeródromo con un desarrollo final de 6 pistas paralelas, capaces de atender al avión más exigente en su máximo alcance, así como acomodar aterrizajes de tres aeronaves simultáneas.
- ⊕ Desarrollar una terminal aérea de pasajeros de alta eficiencia capaz de procesar hasta 50 millones de pasajeros para el año 2020 y para el año 2062 procesara hasta 120 millones de pasajeros por año.
- ⊕ Edificar una plataforma de aeronaves que de manera flexible se acomode a toda la gama de aeronaves que actualmente se operan y que se hayan previsto, con acceso a puertas de abordaje para un mínimo del 85% de las posiciones activas de pasajeros.
- ⊕ Desarrollar sistema terrestre de caminos de acceso, bahías de ascenso y descenso en la terminal y estacionamientos listos para la expansión gradual del complejo, así como las estaciones para Metrobús, metro y tren de alta velocidad.
- ⊕ Facilitar el desarrollo de instalaciones de mantenimiento de última generación, así como todos los servicios de apoyo necesarios para las operaciones de aeropuertos y aerolíneas.
- ⊕ Promover el desarrollo de una ciudad aeroportuaria en la zona precedida por la terminal de pasajeros en la carretera de acceso al aeropuerto, que dará cabida a instalaciones comerciales relacionadas con el aeropuerto, incluyendo hoteles, centros de convenciones, edificios de oficinas y desarrollos comerciales.

Cabe destacar que se descarta la operación de ambos aeropuertos, AICM y NAICM, debido a la cercanía de ubicación y al tráfico de aeronaves en las rutas de vuelo.

Por lo anterior se ha proyectado la construcción del NAICM en las inmediaciones del Ex - Lago de Texcoco. En la actualidad el predio seleccionado, forma parte de un remanente del complejo lacustre de la cuenca de México, muy alterado y en proceso de desaparición, en esta área no se reporta ningún tipo de aprovechamiento económico o comercial, ya que por las condiciones físicas y biológicas del predio, descritas en el Capítulo 4 del presente estudio, no constituye un área de importancia agrícola y ganadera. La zona está enfocada a campos experimentales y de prueba por diversas instituciones académicas, la totalidad del predio se encuentra catalogada como Zona Federal regulado por CNA.

La contaminación acústica que actualmente padecen las colonias aledañas al AICM, será eliminada con un escenario del Proyecto, si bien es cierto, las actividades del NAICM también producirán niveles de ruido incluso mayores a las actuales debido a la magnitud y densidad de tráfico aéreo esperada, se ha demostrado que la población afectada será sustancialmente menor a la que padece los estragos de esta forma de contaminación. No obstante lo anterior, se han propuesto medidas consistentes en barreras para mitigar este impacto, las cuales serían imposibles en el escenario actual para el AICM.

Con relación a otras formas de contaminación, otro componente sobre el que se incide es el atmosférico. La emisión de partículas suspendidas mayores a 10 micras que históricamente se generan desde zona del vaso del Ex - Lago de Texcoco, como consecuencia las características del suelo y la incidencia de vientos, se verá mitigada en cierta medida, ya que la mayor parte de la obra civil del proyecto se realiza en terrenos erosionados de la zona, al igual que se contemplan actividades de forestación para evitar las grandes tolvaneras que incrementan los niveles de contaminación en la zona oriente del Valle de México, sobre todo en época de estiaje cuando la humedad ambiental está en sus niveles más bajos.

Conforme a la descripción que se ha hecho de los componentes ambientales del sistema en sus aspectos natural y socioeconómico, es un hecho que dicha estructura será modificada sustancialmente por una obra de la magnitud del proyecto NAICM, tomándola en el contexto global de su influencia regional.

La construcción de este nuevo aeropuerto responde a una visión de largo plazo y servirá a la vez para impulsar un reordenamiento urbano y regional de la fracción oriente del Estado de México, propiciando por un lado el desarrollo económico con la creación de nuevas fuentes de empleo y por otro, el rescate de actividades culturales y de áreas naturales de la zona, con énfasis especial en la protección ambiental, catalogándose como estratégico para el desarrollo nacional.

Se plantea como un equipamiento fundamental de la Metrópoli. El empleo y la dotación de servicios beneficiarán a la población existente, contribuyendo a la viabilidad económica y social de la zona centro del país y del área metropolitana; promueve su competitividad y aprovecha el vínculo de las nuevas inversiones con la capacidad económica instalada, para mejorar la calidad de vida. Así mismo, genera una nueva ventaja competitiva, al disminuir los costos de las operaciones de carga y descarga de pasajeros y mercancías.

El NAICM, tiene un impacto económico directo que se extiende al centro del país, en una región estratégica del Estado de México y en la economía del Distrito Federal, que precisa recuperar la competitividad que ha perdido en los últimos años. El NAICM es clave para la consolidación del "triángulo de oro" que genera más del 70% de las exportaciones del país (Guadalajara, Monterrey, ZMVM), promoverá el desarrollo económico de la región centro del país, detonando la competitividad industrial y mejorando la calidad de vida y el ingreso regional, el empleo además de disminuir la migración. Este efecto se deberá extender sin menoscabo de la conservación ambiental y la sustentabilidad ya que el proyecto deberá considerar las implicaciones ambientales asociadas.

Por lo anterior, el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México es un proyecto de desarrollo que apuntalaría el proceso de crecimiento social y económico en condiciones de sustentabilidad, siempre y cuando lleve implícito medidas que ofrezcan los menores impactos y costos ambientales, y potencialice los beneficios constituyendo así una estrategia de revalorización ecológica y social para un área que, debido a sus particulares condiciones, presenta aceleradas tendencias de deterioro ambiental.

### II.1.3 Estudio de Riesgo Ambiental y Modalidad

Para dar cumplimiento con los lineamientos vigentes federales y estatales en materia de actividades consideradas como altamente riesgosas, así como las disposiciones marcadas en el Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), y toda vez que las sustancias que se manejarán durante la operación del Proyecto que se encuentran en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas y sus respectivas cantidades de reporte son las siguientes:

- ⊕ Turbosina (10 000 barriles)
- ⊕ Gas LP (50 000 kg)
- ⊕ Gas natural (500 kg, como metano)

Se presentan para evaluación los respectivos Estudios de Riesgo Ambiental en su modalidad análisis de riesgo.

### II.1.4 Dimensiones del Proyecto

El Proyecto será construido en un predio de aproximadamente 4,431.1640 ha, dentro de las cuales se llevará a cabo el desarrollo de diversas instalaciones, la siguiente tabla presenta el desglose de las superficies que ocupará cada instalación.

Tabla II.2 Dimensiones del Proyecto.

Componentes	Superficie m <sup>2</sup>	Superficie ha	%
Pista 1	202,500.00	20.2500	0.46
Pista 2	225,000.00	22.5000	0.51
Pista 3	300,000.00	30.0000	0.68
Pista 4	202,500.00	20.2500	0.46
Pista 5	202,500.00	20.2500	0.46
Pista 6	270,000.00	27.0000	0.61
Torre de control de tráfico aéreo	10,000.00	1.0000	0.02
Centro de control de tráfico aéreo	40,000.00	4.0000	0.09
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	40,000.00	4.0000	0.09
Total de servicios de bomberos y extinción de fuegos	83,197.00	8.3197	0.19
Planta Central de Servicios	60,000.00	6.0000	0.14
Total equipamiento para sistemas de tierra	117,602.00	11.7602	0.27
Edificios de mantenimiento	312,120.00	31.2120	0.70
Helipuerto	74,590.00	7.4590	0.17
Aviación general	84,189.00	8.4189	0.19
Tanques de combustible	130,000.00	13.0000	0.29
Instalaciones de avituallamiento	223,022.00	22.3022	0.50
Instalaciones logísticas	85,211.00	8.5211	0.19
Edificios administrativos	44,000.00	4.4000	0.10
Mantenimiento movedor automático de pasajeros	37,102.00	3.7102	0.08
Reserva para la torre de control 2	20,622.00	2.0622	0.05
Centro de control de operaciones del aeropuerto/centro de operaciones de emergencia	19,800.00	1.9800	0.04
Aerotrópolis	3,750,000.00	375.0000	9.93
Total mantenimiento de aeronaves	1,433,563.00	143.3563	3.24
Instalaciones gubernamentales y militares	634,522.00	63.4522	1.43
Total de área de carga/aduanas	1,106,936.00	110.6936	2.50

De la tabla anterior se obtiene que para el total de las pistas, en la Fase 4, se ocuparán 140.25 ha correspondientes al 3.17% del total del predio, mientras que para la Aerotrópolis se tienen 375 ha, ocupando el 8.46%, para el mantenimiento de las aeronaves se requerirán 143.3563 ha correspondientes al 3.24%, para las instalaciones gubernamentales y militares 63.4522 ha equivalentes al 1.43% y para las áreas de carga/aduanas se requerirán 110.6936 ha con el 2.50%, el resto de los componentes requerirán menos del 1%.

### II.1.5 Ubicación física del Proyecto

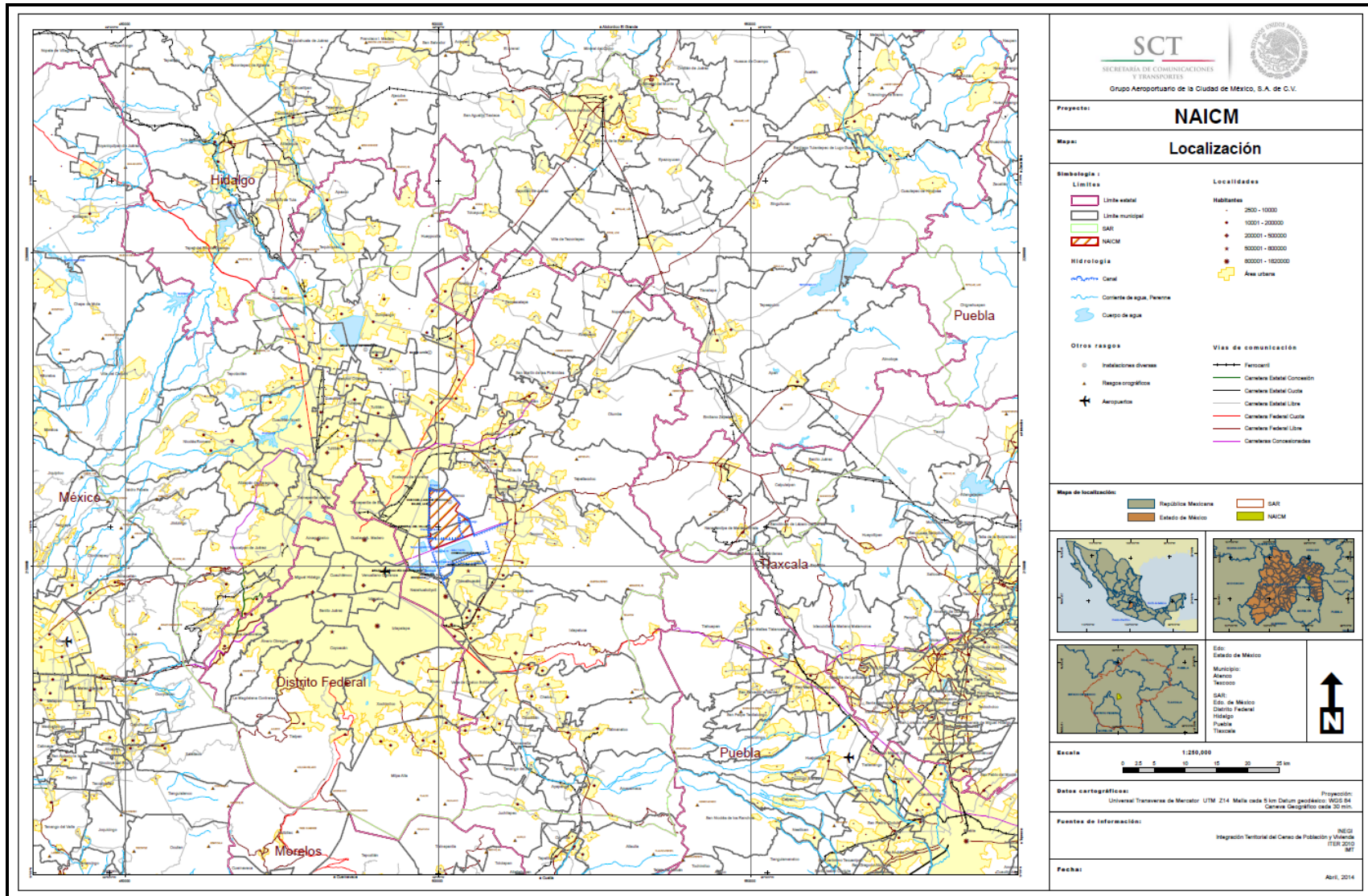
El Proyecto se ubica en el estado de México, en los municipios Texcoco y Atenco. Será construido en un terreno de aproximadamente 4,431.1640 ha ubicadas al este de la ciudad, y aproximadamente a 14 kilómetros al este del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) existente. El sitio está limitado al norte por el depósito de evaporación solar "El Caracol", al sur por la carretera Peñón Texcoco, al este por tierras de cultivo, y al oeste por áreas urbanizadas de las delegaciones Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, y el municipio de Ecatepec de Morelos.

A continuación se presentan las tablas que incluyen las coordenadas UTM WGS 84 Huso 14 que delimitan el polígono del Proyecto.

Tabla II.3 Coordenadas del predio del Proyecto.

Coordenadas			Coordenadas			Coordenadas		
ID	X	Y	ID	X	Y	ID	X	Y
1	498622.787	2162050.63	20	499211.382	2152767.69	39	498501.328	2154274.61
2	501457.857	2162050.65	21	499199.834	2152770.75	40	498499.885	2154302.34
3	502155.631	2161349.79	22	499193.984	2152772	41	498500.381	2154342.41
4	503285.094	2160154.05	23	499188.005	2152772.93	42	498499.448	2154362.55
5	503344.506	2160012.85	24	499142.827	2152775.85	43	498488.924	2154425.55
6	503316.517	2159761.17	25	499125.006	2152776.75	44	498493.45	2154613.74
7	502873.455	2159139.26	26	499098.373	2152778.74	45	498822.448	2154613.74
8	502882.968	2159035.49	27	499068.586	2152781.44	46	498822.448	2155239.6
9	502743.439	2158840.61	28	499050.785	2152783.69	47	498508.504	2155239.6
10	504956.2	2157096.53	29	499033.232	2152787.23	48	498511.917	2155381.51
11	505610.01	2155178.05	30	499027.62	2152788.47	49	498524.246	2156253.14
12	499839.872	2152967.77	31	499010.294	2152793.68	50	498528.262	2156439.32
13	499813.119	2153032.54	32	498991.875	2152800.57	51	498555.004	2158058.69
14	499604.422	2152952.6	33	498989.528	2152808.3	52	498572.183	2158818.71
15	499631.174	2152887.82	34	498633.345	2153693.54	53	498572.6	2158837.44
16	499267.659	2152748.58	35	498544.68	2153981.12	54	498574.315	2158988.87
17	499266.178	2152749.91	36	498535.78	2154024.35	55	498582.258	2159682.42
18	499245.703	2152757.21	37	498524.527	2154104.98	56	498604.896	2160720.09
19	499228.74	2152762.77	38	498512.004	2154186.12	57	498621.526	2161624.43

En el siguiente mapa se muestra la localización del Proyecto, para mayor apreciación ver Anexo VIII.3.0.



Mapa II.1 Localización del Proyecto.

II.1.5.1 Representación gráfica regional

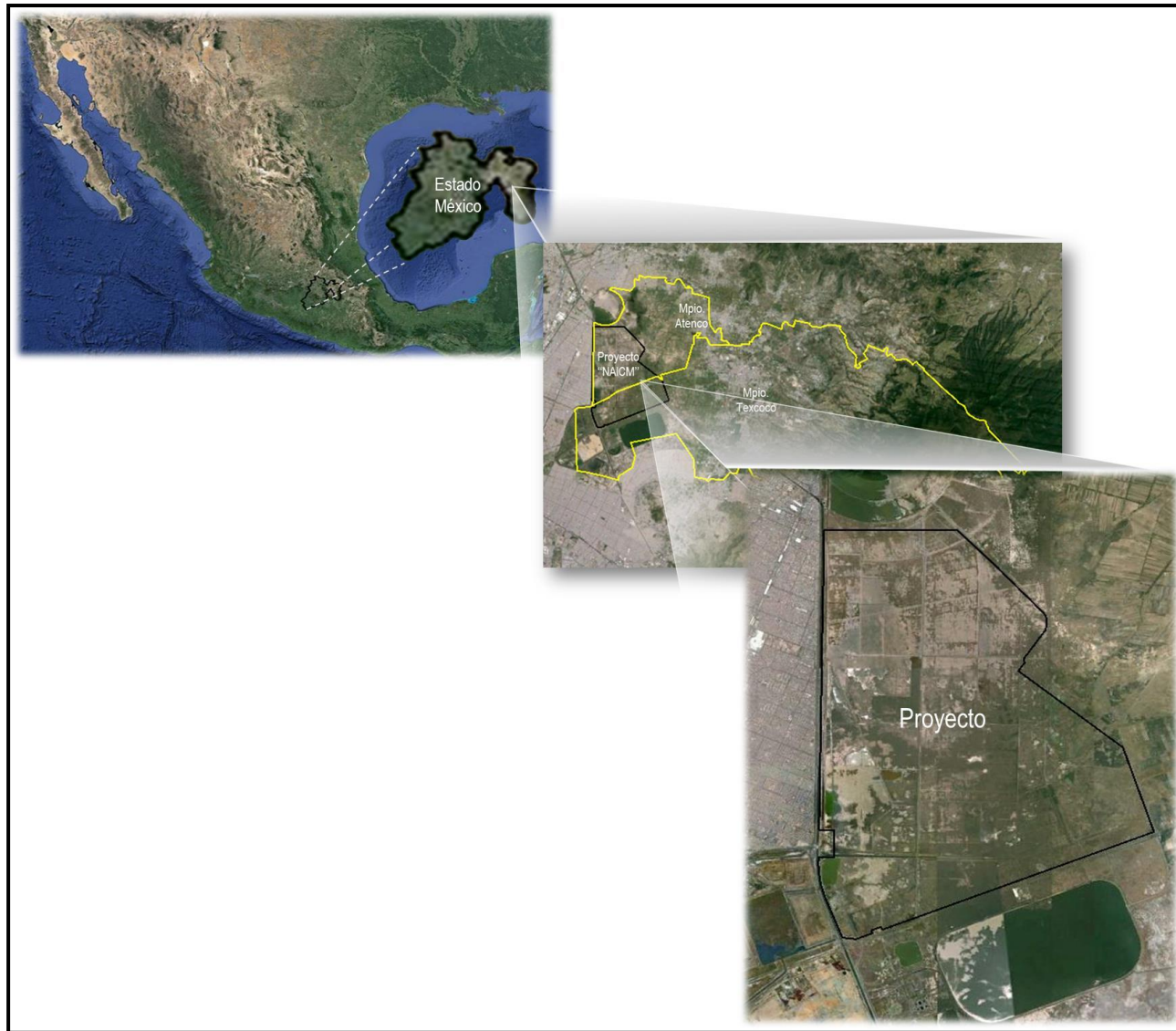


Figura II.4 Representación gráfica regional del Proyecto.



II.1.5.2 Representación gráfica local

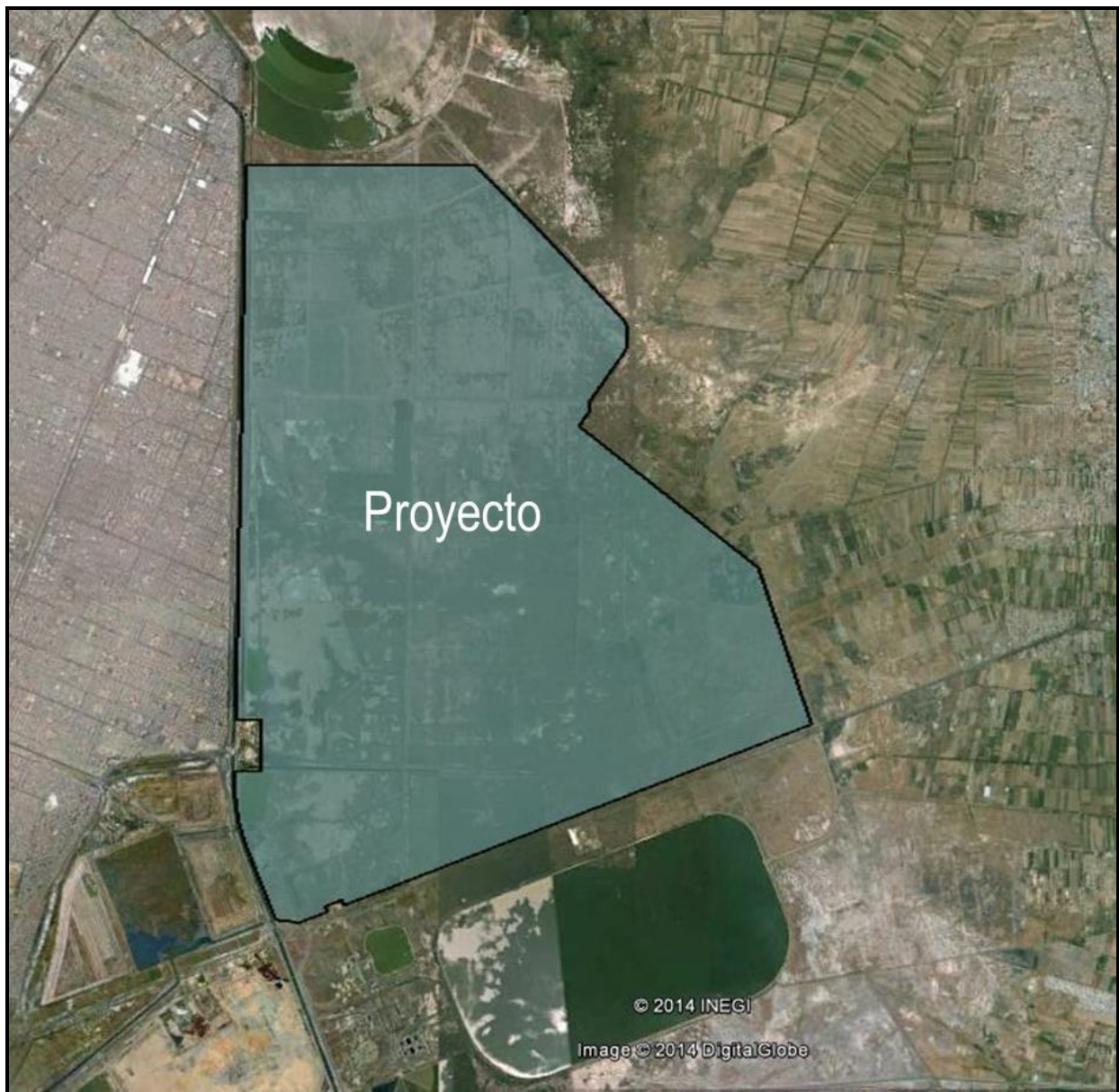


Figura II.5 Representación gráfica local del Proyecto.

### II.1.6 Inversión requerida

Los costos de inversión para el desarrollo, construcción, equipos y financiamiento del Proyecto considera un monto total de \$112, 102, 045,137.00 (Ciento doce mil ciento dos millones cuarenta y cinco mil ciento treinta y siete pesos 00/100 M.N.)

#### II.1.6.1 Crecimiento a futuro

Como ya se mencionó anteriormente la infraestructura aeroportuaria tendrá un crecimiento paulatino que se desarrollará durante las 4 Fases (2018, 2023, 2028, 2062) consideradas en el Proyecto, por lo que no se considera un crecimiento a futuro después de la última Fase (2062).

### II.1.7 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del Proyecto y sus colindancias

Para determinar el uso de suelo y tipo de vegetación, se realizó un recorrido físico en el predio del Proyecto para identificar el uso del suelo actual y el tipo de vegetación presente. Dadas las condiciones en el predio del Proyecto, se estimaron superficies por tipo de vegetación, cuerpos de agua, caminos internos y obras civiles; los datos se obtuvieron mediante el programa Google Earth, con la imagen de satélite del mes de Septiembre del 2013. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla II.4 Uso de suelo y tipo de vegetación en el predio del Proyecto.

Uso de Suelo y Vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Pastizales inducidos	2,267.2043	51.16
Pastizal halófilo	240.7545	5.43
Cuerpos de agua y zona inundable	1,862.64	42.04
Caminos internos (terracería y asfaltados)	51.841	1.17
Obras civiles	8.7242	0.20
<b>Totales</b>	<b>4,431.1640</b>	<b>100.00</b>

Del sitio en el cual se desarrollará el Proyecto se puede comentar que las obras para desaguar artificialmente el Valle de México que se llevaron a cabo en los años 50's y 60's del siglo XX contribuyeron a disminuir las inundaciones de la Ciudad de México, pero también provocaron la desecación paulatina del sistema lacustre, siendo el último en desecarse el Lago de Texcoco, que se transformó en un ambiente pantanoso en la época de lluvias y desértico en la de estiaje. Muchas de las áreas del lecho desecado del Ex-Lago se quedaron sin uso, debido a las condiciones extremadamente adversas de salinidad y sodicidad, lo que propició que en época de secas quedaran grandes áreas con tierra y detritus sujetas a erosión eólica con la formación de grandes tolvaneras que se convirtieron en un grave problema ambiental y de salud de los habitantes del Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Ante esta problemática, se propusieron varios estudios y proyectos, entre los que se seleccionó la propuesta del Dr. Nabor Carrillo Flores originando el Proyecto Texcoco, que inició en 1966 con presupuesto de NAFIN. Si bien es cierto que se han adoptado una serie de acciones que pudieran argumentar que el área del Ex-Lago de Texcoco no se ajusta a la definición de terreno forestal, la Promovente adopta la posición de que es un terreno forestal.

Con base a lo anterior, la superficie sujeta a cambio de uso de suelo de Pastizal halófilo es de 240.7545 ha, por lo que para dar cumplimiento a la fracción O) del Artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, Artículo 117 de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable y a los Artículos 120 y 121 su Reglamento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero del 2005, se presenta en paralelo a esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional, la solicitud para obtener la autorización para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales que incluye el Estudio Técnico Justificativo correspondiente.

En la siguiente figura se observa el mapa de usos de suelo y vegetación a nivel del predio del Proyecto, para mayor apreciación ver Anexo VIII.3.13.

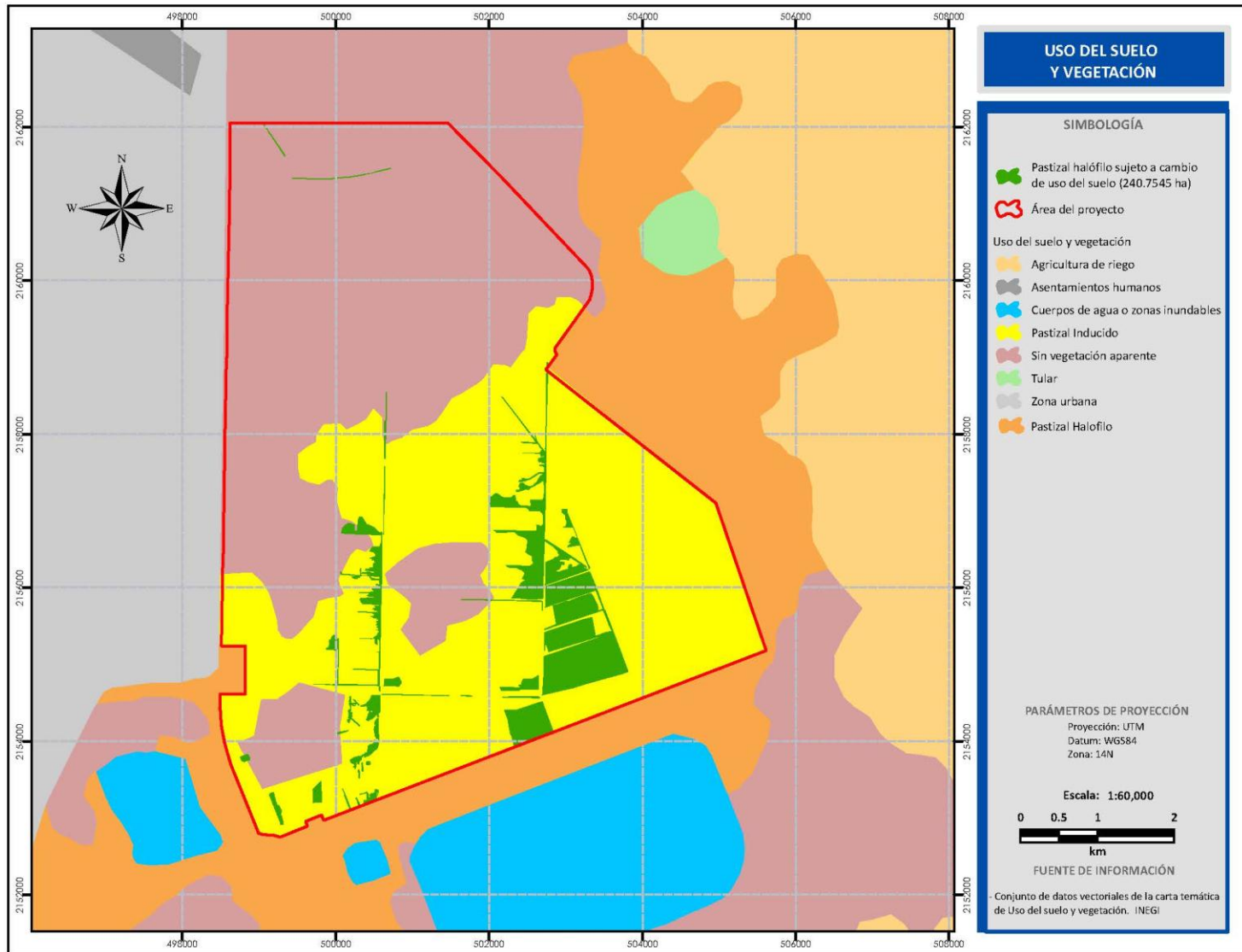


Figura II.6 Mapa de usos de suelo y vegetación en el predio del Proyecto.

Como se ha mencionada anteriormente, el Proyecto se ubicará en el Ex-Lago de Texcoco y se emplazará exactamente en el Estado de México, entre los límites de los Municipios de Atenco, hacia el Sur y de Texcoco, al Norte. Las localidades más cercanas y colindancias con el Proyecto son las siguientes: al Norte y aún en la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco se ubica el Evaporador Solar "El Caracol", al Oeste se ubica la zona urbana del Municipio de Ecatepec, al Este la Cabecera Municipal de Texcoco conocida como Texcoco de Mora y la Cabecera Municipal de Atenco conocida como San Salvador Atenco y al sur se localiza la Laguna Nabor Carrillo adicionalmente y en esta dirección paralelo al límite sur del Proyecto se ubica un canal de conducción de agua hacia el Gran Canal de Desagüe.



Figura II.7 Croquis de ubicación del Proyecto y sus colindancias.

#### II.1.7.1 Áreas Naturales Protegidas (ANP)

En el área donde se ubicara el Proyecto, se encuentran cuatro Áreas Naturales Protegidas de jurisdicción estatal que son las más cercanas a los predios donde se desarrollara el Proyecto: Sistema Tetzcotzingo, Ing. Gerardo Cruickshank Garciá, Sierra de Guadalupe y Sierra Patlachique, como se puede observar en la siguiente figura:

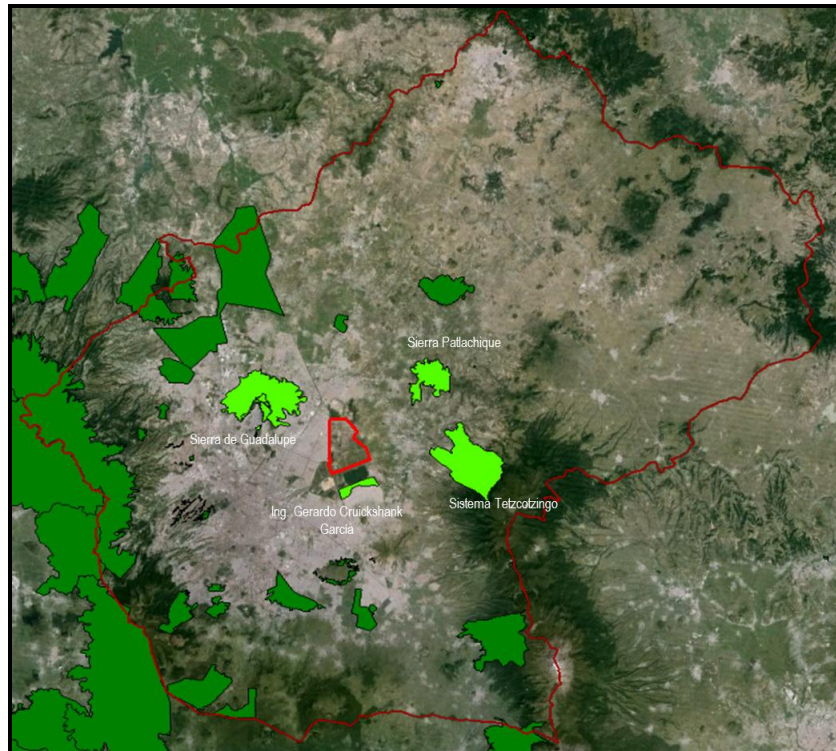


Figura II.8 Áreas Naturales Protegidas Estatales.

Así mismo se localizan 2 Áreas Naturales Protegidas de jurisdicción federal cercanas al área del Proyecto: El Tepeyac y Molino de Flores Netzahualcóyotl, en la siguiente figura se pueden observar:

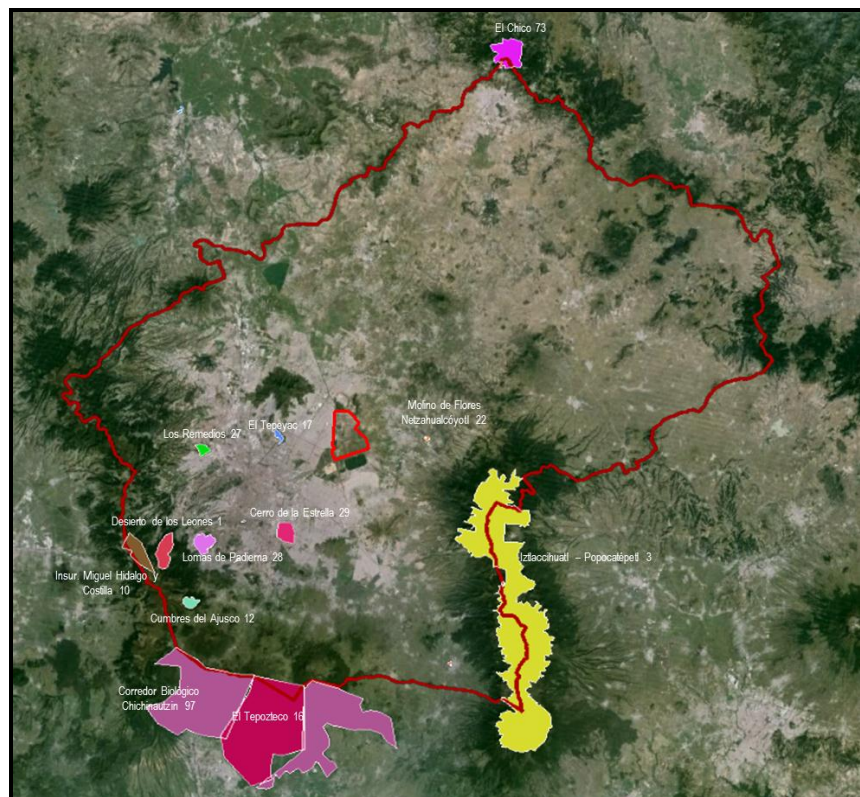


Figura II.9 Áreas Naturales Protegidas Federales.

### II.1.7.2 Regiones prioritarias

Entre las principales funciones de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se encuentra, conformar y mantener actualizado el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB); apoyar proyectos y estudios sobre el conocimiento y uso de la biodiversidad; brindar asesoría a dependencias gubernamentales y a otros sectores; realizar proyectos especiales; difundir el conocimiento sobre la riqueza biológica; dar seguimiento a convenios internacionales y prestar servicios al público.

La CONABIO ha impulsado un Programa de identificación de regiones prioritarias para la biodiversidad con la finalidad de detectar áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. Tomando esto en consideración se han identificado Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) y Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS).

### II.1.7.3 Regiones Terrestres Prioritarias

Dentro del SAR se localizan dos Regiones Terrestres Prioritarias, la primera denominada Ajusco – Chichinautzin 108, ubicada dentro del D.F., Edo. de México y Morelos, con una superficie de 1,261 km<sup>2</sup>, y la segunda denominada Sierra Nevada con una superficie de 1,227 km<sup>2</sup>, ubicada dentro del Edo. de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala. En la siguiente figura se observan las dos Regiones Terrestres Prioritarias.

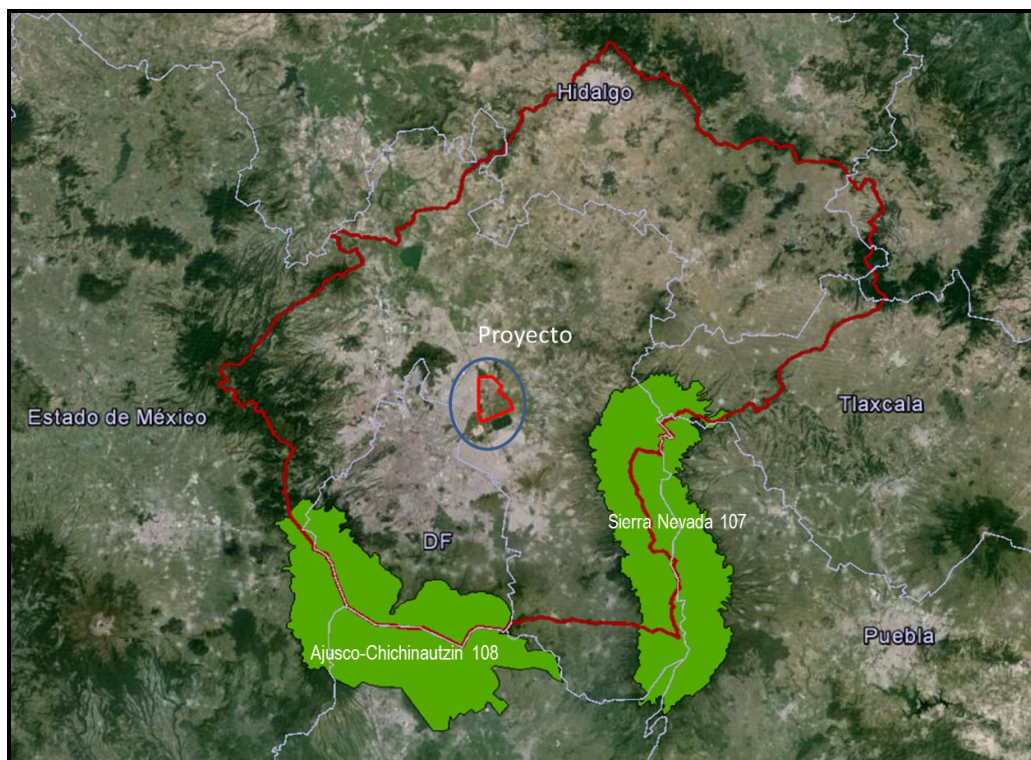


Figura II.10 Regiones Terrestres Prioritarias a nivel del SAR.

#### II.1.7.3.1 Regiones Hidrológicas Prioritarias

En la siguiente figura se muestran las Regiones Hidrológicas Prioritarias dentro del SAR, encontrándose el Proyecto en la región denominada 68 Remanente del Complejo Lacustre de la Cuenca de México localizada dentro del D.F. y el Edo. de México con una extensión de 2,019.92 km<sup>2</sup>, como se describe en el Capítulo IV.

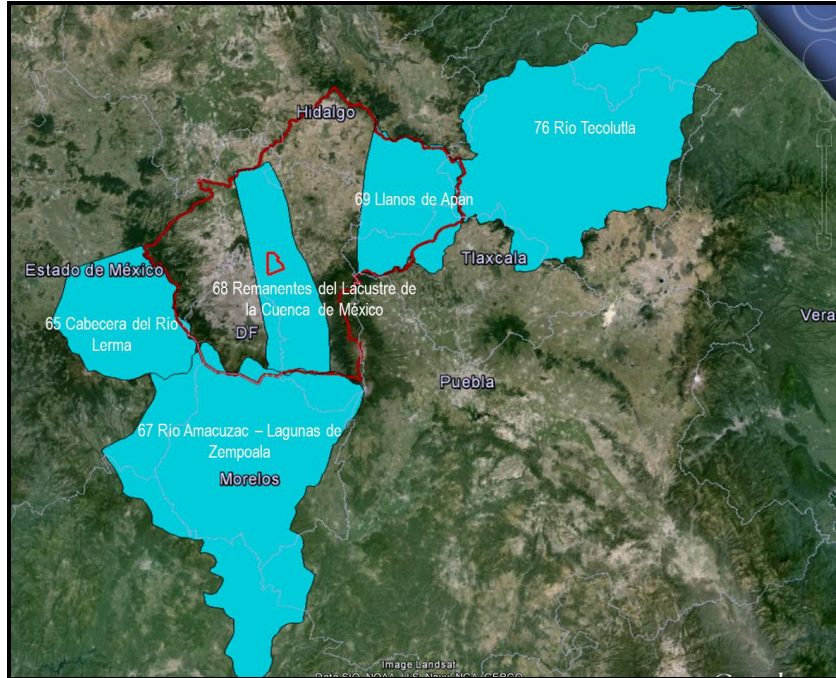


Figura II.11 Regiones Hidrológicas Prioritarias.

#### II.1.7.3.2 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

En la siguiente figura se muestran las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, en el área del Proyecto se encuentra el área denominada Lago de Texcoco con una superficie de 15,106.30 ha, como se describe en el Capítulo IV.

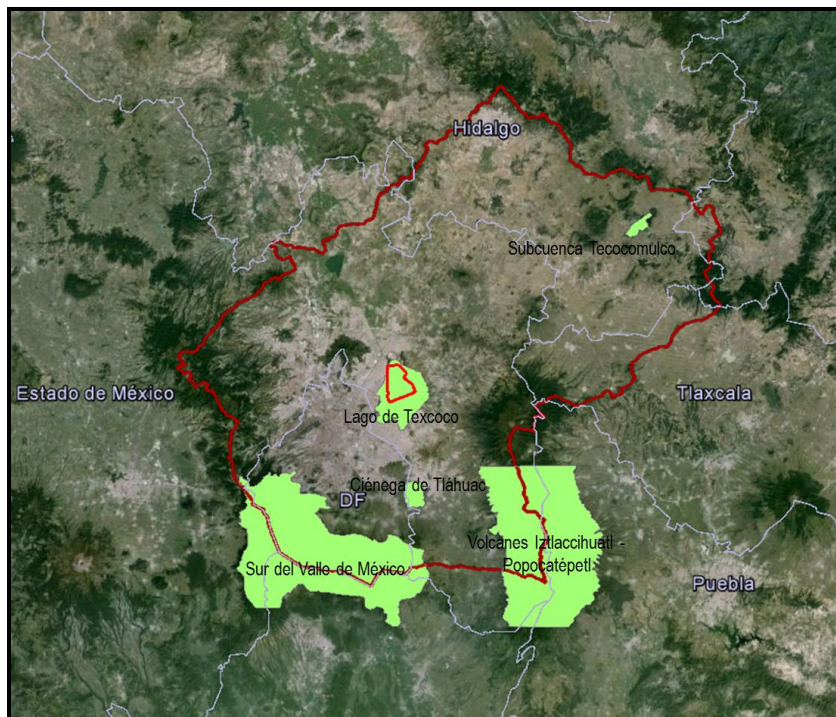


Figura II.12 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.

## II.2. Características particulares del Proyecto, plan o programa

### II.2.1 Aeródromo

El aeródromo es la zona del aeropuerto dedicada a las operaciones de aeronaves, albergará aviones que vienen en movimiento desde el aire, hasta los puestos de estacionamiento, y de regreso al aire, a través de un sistema de pistas, calles de rodaje, calles de acceso y plataformas de estacionamiento de aeronaves.

#### II.2.1.1 Pistas de aterrizaje/despegue

Las pistas son una sección larga, plana y rectangular lineal de pavimento dedicado al aterrizaje y despegue de aeronaves. La posición y la orientación de la pista tomarán en cuenta los obstáculos circundantes y el terreno, de modo que las trayectorias de aproximación y de despegue tengan distancias adecuadas libres de obstáculos, se orientarán de manera apropiada con las condiciones predominantes del viento, de manera que el aeródromo albergará a la flota mixta de aeronaves pronosticada, tomando en cuenta las tolerancias máximas para vientos cruzados (las direcciones de viento varían entre el 30% y 90% de la pista de aterrizaje) para los diferentes tipos de aeronaves.

El diseño de las pistas propuesto para la configuración definitiva tiene seis pistas paralelas en una orientación de norte a sur, éstas estarán muy cercanas la una de la otra, al Este, Centro y Oeste del sitio

Dentro de cada par, las dos pistas serán dependientes operacionalmente la una de la otra. Entre los diferentes pares, las pistas estarán espaciadas lo suficiente para que sean operativamente independientes. Por lo tanto, serán posibles los aterrizajes independientes simultáneos triples en fases posteriores, cuando haya al menos una pista de aterrizaje en cada uno de los pares.

Este diseño funciona bien con las autorizaciones de espacio aéreo, maximiza el espacio disponible dentro del límite del predio. La separación entre las pistas da como resultado dos campos centrales que se pueden desarrollar: el campo central al este y al oeste.

Las pistas se construirían en fases en base de la demanda operacional del aeródromo y en cada fase de desarrollo del aeropuerto.

Desarrollo por fases:

**Fase 1:** Las pistas 2, 3 y 6 se construirán primero en la Fase 1, estas pistas serán asignadas a tráfico comercial definiendo así la Zona de Operaciones Oeste, la plataforma inicial para el desarrollo. Estas pistas serán paralelas con una separación de 1,708 m, espacio suficiente para permitir las operaciones totalmente independientes. La pista 2 será de 5,000 m de largo por 45 m de ancho y la pista 3 de 5,000 m x 60 m.

**Fase 2:** La pista 4 será construida con 4,500 m de largo x 45 m de ancho.

**Fase 3:** La pista 1 será construida con 4,500 m de largo x 45 m de ancho.

**Fase 4:** La pista 5 será construida con 4,500 m de largo x 45 m de ancho.



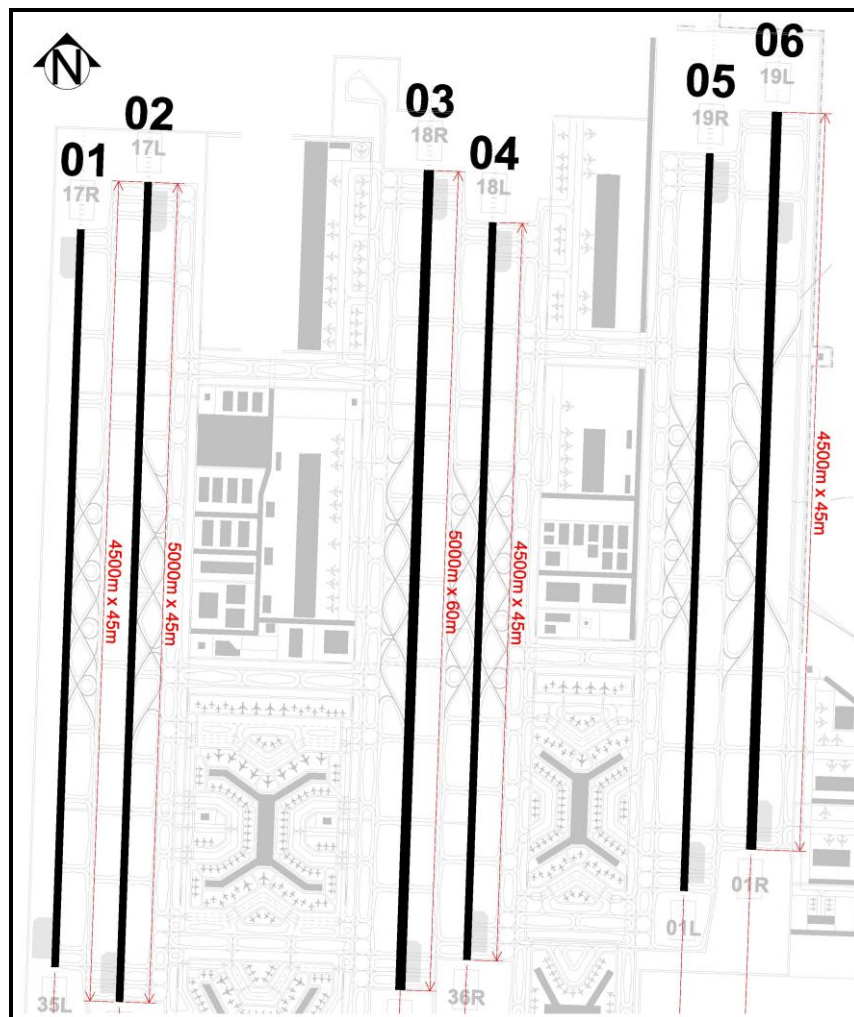


Figura II.13 Pistas del Proyecto.

### II.2.1.2 Calles de rodaje y calles de acceso

Las calles de rodaje y calles de acceso son segmentos de pavimento dedicados al rodaje de aeronaves, formando una red para conectar las pistas del aeropuerto con sus diversas áreas de estacionamiento de manera segura y eficiente.

Las calles de acceso se encuentran en una zona conocida como el área de no-movimiento, no están bajo la dirección del personal del control de tráfico aéreo. Las calles de acceso conectan las calles de rodaje con las áreas de estacionamiento de las aeronaves, y son parte de una plataforma de estacionamiento de aeronaves.

Las calles de rodaje son parte del área de movimiento del aeródromo, bajo la dirección del personal de control de tráfico aéreo en la torre de control del aeropuerto. El personal dirige el rodaje de los aviones a lo largo de las pistas con seguridad y prontitud, y no permiten que las aeronaves se estacionen o esperen de manera excesiva en las calles de rodaje; excepto para los despegues.

En general, la trayectoria de una aeronave que está llegando será desde la pista de aterrizaje a la calle de rodaje, a la calle de acceso o a la posición de estacionamiento. Una aeronave que va a despegar sigue el camino inverso.

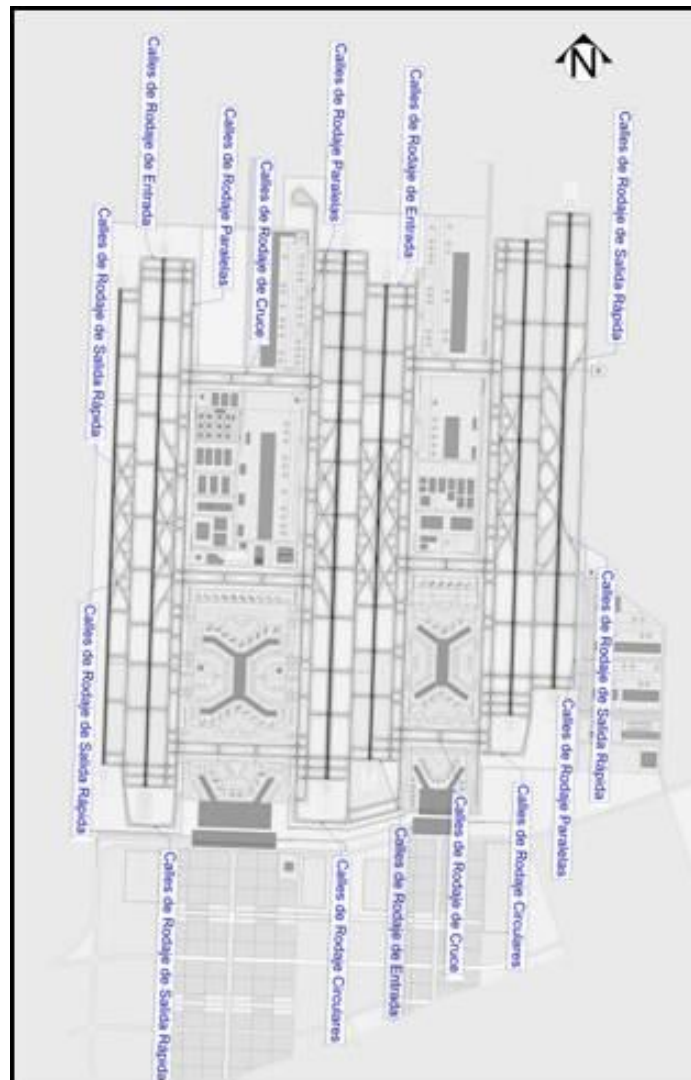


Figura II.14 Diseño de calles de rodaje y calles de acceso.

Cada pista está provista de dos calles de rodaje paralelas con una longitud igual a la de la pista, las calles de rodaje están enlazadas por varios tipos de calles de rodaje:

- ⊕ Calles de rodaje de entrada: ubicadas al final de cada pista para permitir que las aeronaves que despegan entren a la pista. Se prevén tres en las pistas de despegue para las salidas, dos están previstas para ser utilizadas principalmente para llegadas, pero podrían ser utilizados para salidas.
- ⊕ Calle de salida rápida: ubicadas cerca de la mitad de cada pista. Éstas permiten a las aeronaves salir con rapidez de la pista, minimizando el tiempo de ocupación de la misma (tiempo que la aeronave usa la pista de aterrizaje). Cuando se reduce al mínimo el tiempo de ocupación de pista, la capacidad de la pista aumenta porque hay menos tiempo entre operaciones. Basándose en las características de desaceleración de las distintas aeronaves en una composición de flota mixta, se proporcionan cuatro calles de salida rápida para cada pista, por cada lado las cuales serán utilizadas por las aeronaves que arriban.
- ⊕ Calles de rodaje de cruce: en la calle de rodaje paralela más cercana a la pista, se colocarán deliberadamente los puntos de cruce de las calles de rodaje para poder desacelerar la aeronave y/o redirigirla para reducir el riesgo de que una aeronave cruce accidentalmente una pista activa, lo que se conoce como una incursión de la pista de aterrizaje.
- ⊕ Calles de rodaje de aislamiento de emergencia: Una calle de rodaje será designada para aislamiento de emergencia, para ser usada por las aeronaves en casos excepcionales de secuestro o amenazas terroristas. Esta localización estará apartada de cualquier edificio.

Las calles de rodaje paralelas están unidas entre sí por calles de rodaje de cruce, al norte, centro y sur. Las calles de cruce proporcionan circulación entre los cuadrantes del aeródromo. Están dispuestas en pares, de modo que cada una puede ser unidireccional, lo que permite un flujo sin obstáculos de tráfico. En el lado opuesto de las pistas, las calles de rodaje paralelas y las calles de cruce están unidas a las áreas de estacionamiento de aeronaves por calles de acceso. Las calles de acceso están planeadas para proporcionar circulación, así como lugares para arranque de motor, y otras actividades de corta duración.

### II.2.1.3 Plataformas

Las configuraciones geométricas de las plataformas que dan servicio al procesador de la terminal y los satélites en los campos Este y Oeste, se disponen por el diseño de las instalaciones de la terminal y las separaciones de las calles de rodaje adyacentes.

Todos los espacios libres de la plataforma y sus separaciones se basan en las recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y las normas según el tipo de aeronave y sus códigos (C, E y F).

Las profundidades totales de las posiciones de estacionamientos en plataforma son de aproximadamente 125 m para aviones del Código E y F, y 95 m para los del código C. Estas dimensiones incluyen los 10 m típicamente usados para las vías de cabeza de plataforma y 10 m para la vía de cola, así como una separación de 10 m entre los edificios de la terminal y las vías de cabeza de plataforma.

La mayoría de las posiciones para aviones de fuselaje, se han previsto en una configuración MARS (sistema de rampas para múltiples aeronaves), para optimizar la flexibilidad, el ancho de 80 m permitirá posicionar una aeronave de Código E y F, o dos de Código C. Las profundidades totales de las posiciones se muestran en las siguientes figuras.

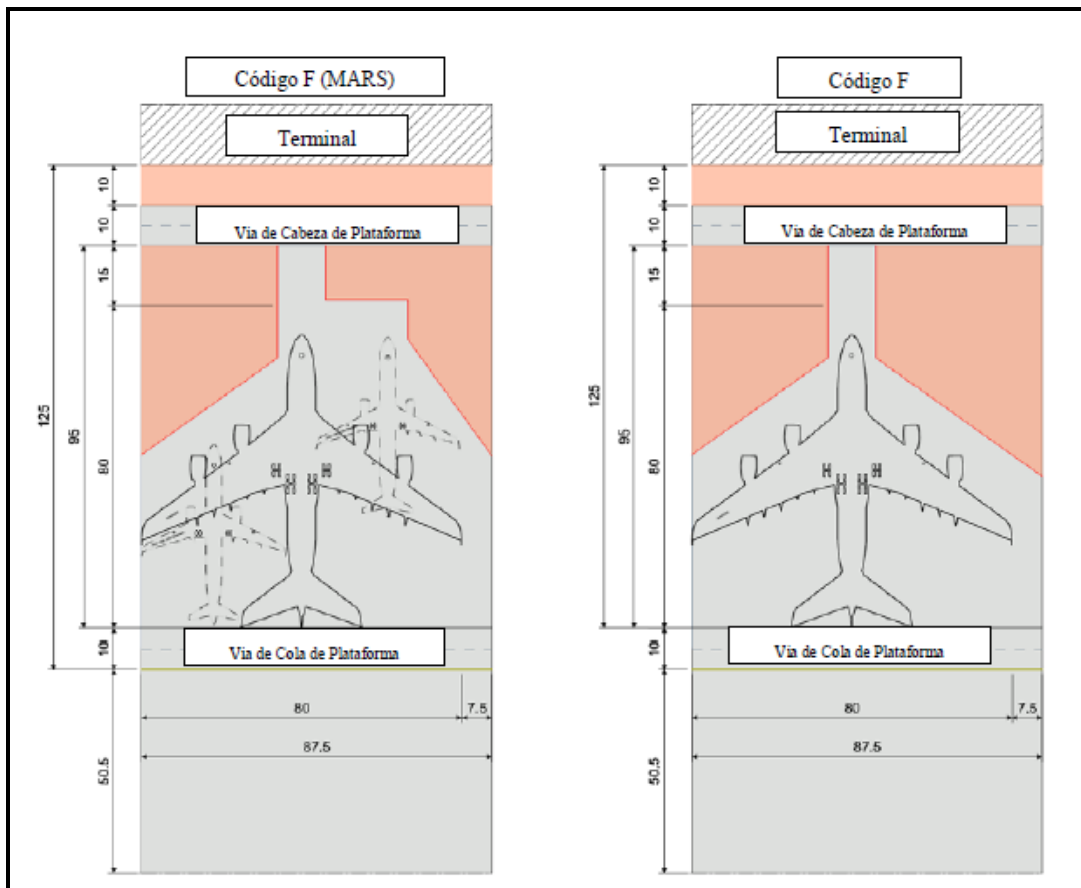


Figura II.15 Profundidad de posiciones para aeronaves – Código F.

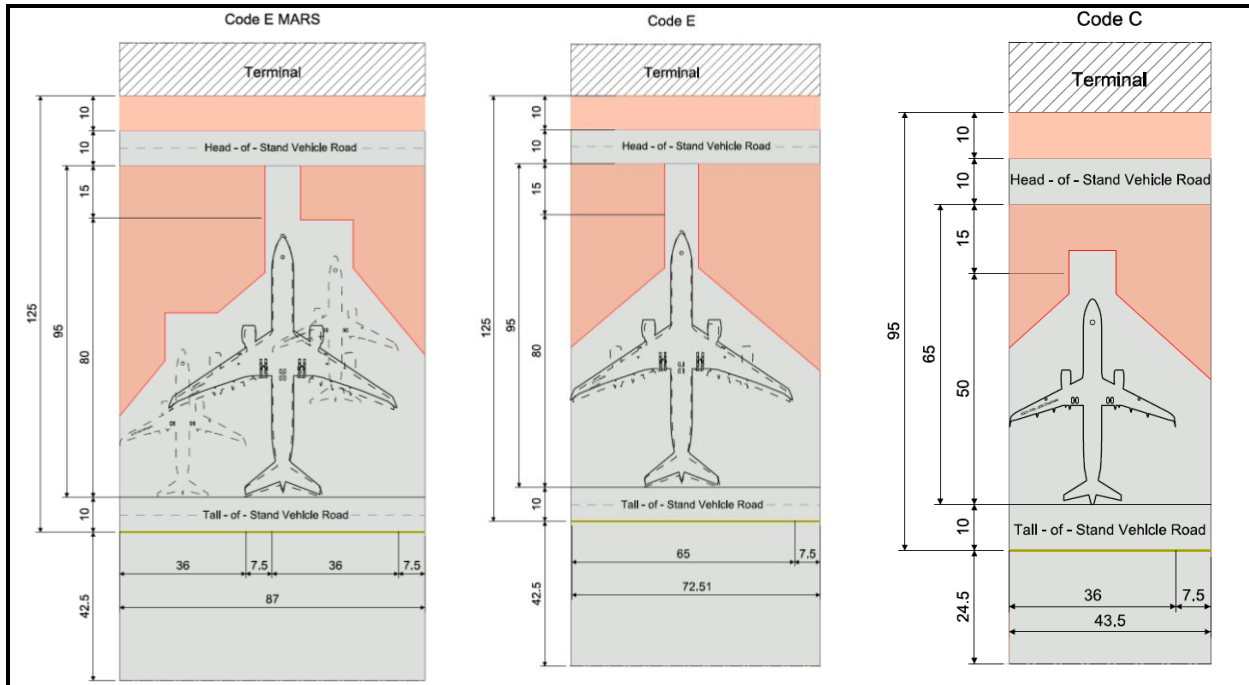


Figura II.16 Profundidad de posiciones para aeronaves – Códigos E y C.

Las plataformas que sirven al procesador de la terminal están dimensionadas para adaptarse a la demanda del 2062 para la futura operación transfronteriza entre México y Estados Unidos. Las plataformas Este y Oeste están restringidas a aeronaves de Código C y se accederá a ellas desde el sistema de calles de rodaje paralelas, así como, desde el punto de cruce de doble Código F al procesador norte. La plataforma central entre las posiciones de embarque de la terminal está planeada para tener una configuración MARS (sistema de rampas para múltiples aeronaves) y tiene calles de rodaje duales de Código C con Código F central.

Se provee un total de 34 posiciones de estacionamiento de contacto transfronterizo equivalente al Código C cuando todas las posiciones MARS se activan para estos aviones de fuselaje estrecho. El diseño indica una capacidad máxima de 8 aviones de fuselaje ancho en las puertas MARS, sin embargo puede aumentar a 9 (con una disminución en las puertas de Código C) si es necesario.

Seis posiciones remotas de Código C estarán convenientemente ubicadas en la isla, la cual forma parte de la plataforma central. La siguiente figura indica el pico del sector en 2062 con 29 aeronaves transfronterizas con 5 Código E y 24 Código C.

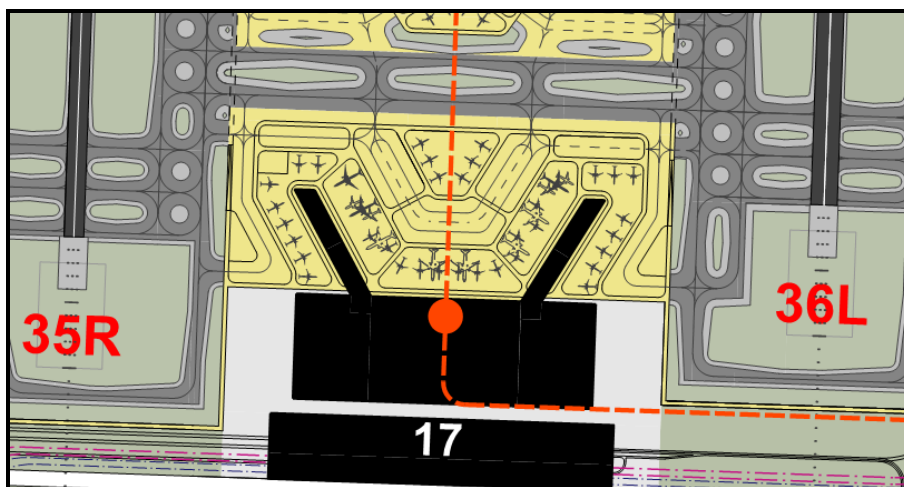


Figura II.17 Plataforma para el procesador de la terminal.

Las plataformas que dan servicio al satélite la zona de operaciones Oeste dará servicios a aviones nacionales y todas las aeronaves internacionales, excepto las que van hacia los Estados Unidos. Los aviones de fuselaje ancho (Código E y F) que estarán posicionados en los extremos norte y sur de los satélites son típicamente internacionales, y se ha planeado en disposición MARS (sistema de rampa para múltiples aeronaves) que permitirá dos aviones de Código C. Se accederá a estas posiciones de contacto desde las plataformas norte y sur que están equipadas con calles de acceso duales de Código C y que tienen una calle de acceso central de Código F.

Se proveen calles de rodaje de cruce dobles de Código F tanto al norte como al sur del satélite y el procesador de la terminal. Las posiciones de aeronaves en la columna central de los satélites son para vuelos nacionales, usualmente Código C, sin embargo, todas las puertas de embarque proporcionarán flexibilidad para las aeronaves que llegan a un sector y requieren salir en otro, así como para cualquier cambio futuro en la demanda del sector. Se accederá a estas posiciones desde la plataforma Este y Oeste, las cuales estarán equipadas con calles de rodaje dobles de Código C, cada una con tres puntos de entrada del sistema de calle de rodaje paralela de Código F.

En la plataforma del satélite Oeste se prevén 88 posiciones de contacto Código C. Este número se reduce cuando se activan las 18 posiciones de fuselaje ancho en las posiciones MARS. La siguiente figura muestra la Plataforma Oeste, la cual indica el pico de sector combinado del 2062 de 31 aviones nacionales Código C y 45 internacionales, 4 Código F, 8 Código E y 33 Código C.

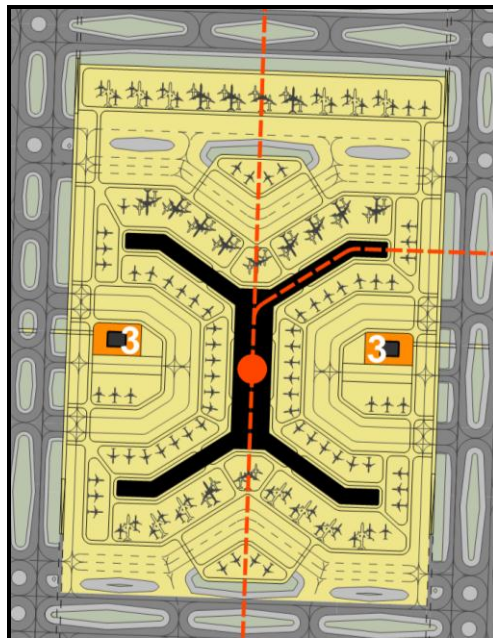


Figura II.18 Plataforma de satélite Oeste.

El diseño de la plataforma del satélite Este es similar en concepto a la plataforma del satélite Oeste, pero a menor escala. Las posiciones MARS para aviones de fuselaje ancho se encuentran en las plataformas norte y sur, las cuales cuentan con una calle de rodaje dual de código C o una sola de Código F. Las posiciones de contacto de Código C en las plataformas Este y Oeste cuentan con una calle de acceso Código C con 2 puntos de entrada del sistema de calle de rodaje paralela Código F.

Se prevén un total de 56 posiciones de contacto de Código C en el satélite Este, el número se reduce cuando se activa 1 posición para fuselaje ancho en las posiciones MARS, 9 posiciones MARS adicionales para aviones de fuselaje ancho pueden ser activadas, con la correspondiente reducción en posiciones Código C.

La siguiente Figura indica el pico de sector combinado en 2062 de 55 aviones nacionales con 1 Código E y 54 para Código C.

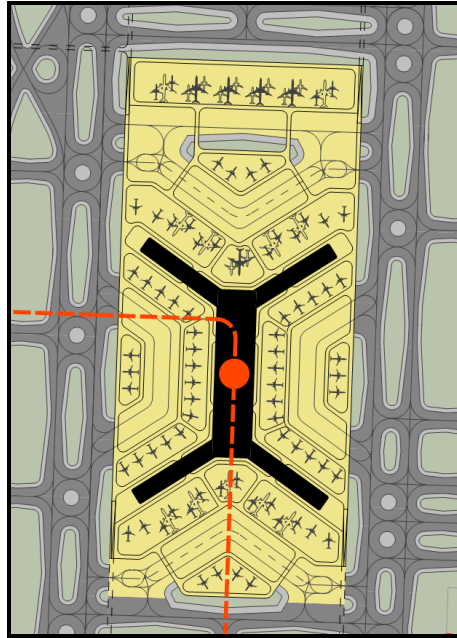


Figura II.19 Plataforma de satélite Este.

#### II.2.1.3.1 Estacionamiento de aeronaves, puentes y servicios de plataformas

La profundidad total de las posiciones para aeronaves es de 125 m para aeronaves de Código D/E/F y 95 m para los aviones Código C. El ancho de las posiciones de estacionamiento se basa en las recomendaciones de la OACI para aeronaves de Código F (80 m), Código E (65 m) y el Código C (36 m), con espacios de seguridad entre puntas de alas de 7.5 m. Típicamente se proveerán vías de 10 m de ancho que unen las vías de cabeza de plataforma y vía de cola cada 5 o 6 puertas.

Las posiciones de Código C serán provistas con un puente de abordaje de pasajeros y las posiciones de Código E individuales sean provistas preferiblemente con dos puentes de abordajes de pasajeros. La configuración MARS para código E/F serán provistas con dos puentes de abordajes de pasajeros y las posiciones de código F serán provistas preferiblemente con tres.

La pendiente máxima del piso cuando se esté dando servicio a las aeronaves excluyendo las rampas de transición entre el piso del túnel será de 1:10. Los máximos y mínimos de las pendientes para todos los puentes incluyendo los que dan servicio a las cabinas superiores de las aeronaves código F estarán fijos con los enlaces de interfaz de la terminal y los satélites.

La vida mínima útil de diseño, se basa a una operación de 24 horas al día los 365 días del año, será de 25 años para los elementos estructurales, 15 años para los elementos electrónicos y computarizados, 20 años para el resto del equipo, y 5 años para los sistemas de pintura y anti-oxido.

El diseño de los puentes de abordaje de pasajeros cumplirá con la sección NFPA415 de pasarela de carga "Estándar para edificios de terminales de aeropuerto, drenaje de rampa de combustible, y pasarelas de carga" para la protección contra incendios, y con el "Manual de manejo de Aeropuertos" de la IATA así como las normas locales y estatutos.

La siguiente figura presenta las dimensiones verticales e inclinaciones de los puentes de abordaje de pasajeros.

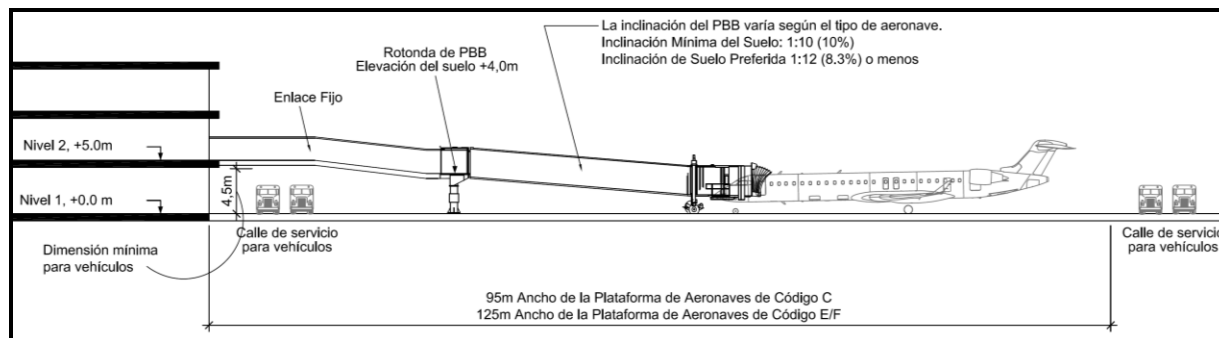


Figura II.20 Dimensiones verticales e inclinaciones de los puentes de abordaje de pasajeros.

### II.2.1.3.2 Servicio para aeronaves

Los servicios para las puertas de Código C de fuselaje estrecho incluirán un punto de uso instalado en los puentes de abordaje de pasajeros para una unidad terrestre de generación de energía con capacidad de 90 kVa, sistema de entrega y elevación de cable; un punto de uso instalado para una unidad de aire acondicionado con capacidad entre 30 y 60 toneladas, al igual que una unidad de agua potable.

Los servicios para las puertas de Código E/F de fuselaje amplio incluirán un sistema anti-colisión (si se instalan dos o más puentes de abordaje de pasajeros), un punto de utilización instalado para una unidad terrestre de generación de energía con dos conexiones y capacidad para 180 kVa (2 x 90 KVa), para aeronaves Código E, con sistema de entrega y elevación de cable, una unidad de aire acondicionado con dos conexiones con capacidad entre 90 y 100 ton, y una unidad de agua potable.

Los servicios para las posiciones MARS (una posición Código E/F o dos posiciones Código C), incluirán un sistema anti-colisión en los puentes de abordaje de pasajeros, dos puntos de utilización para una unidad terrestre de generación de energía con capacidad de 90 kVa (Código E) y dos unidades de 180 KVa para Código F. Una unidad de aire acondicionado con dos conexiones con capacidad entre 45 y 60 ton para Código E y dos unidades con capacidad entre 90 y 100 ton para Código F, y dos unidades de agua potable.

### II.2.1.4 Cerca perimetral y seguridad

El aeropuerto será un entorno seguro, con protección contra el ingreso no autorizado por personas que no cuentan con permiso para entrar a ciertas zonas y de personas con intenciones criminales.

Las diferentes zonas del aeropuerto requerirán diferentes niveles de seguridad, en función de las actividades que se realicen en ellas, y las categorías de las personas autorizadas para entrar. La entrada y salida será a través de puertas de acceso controlado, incluyendo puertas para vehículos en las vialidades, puertas para personas en las rejas exteriores, y puertas en los edificios que se sitúan en una o más líneas de la zona de seguridad.

La propiedad del aeropuerto tiene un perímetro que mide aproximadamente 30 kilómetros. La parte sur estará abierta al público, como acceso principal para los diferentes tipos de transporte de superficie al edificio de la terminal de pasajeros y la ciudad aeroportuaria. El área de operaciones aéreas estará completamente rodeada por una línea ininterrumpida de vallas de seguridad y edificios con separaciones seguras entre las zonas. Se construirá una valla de seguridad y una cerca perimetral a lo largo de la extensión de la zona de operaciones aéreas que bordea el límite de la propiedad del aeropuerto. El sistema de cercado perimetral estará compuesto por vallas, muros de hormigón/mampostería y paredes exteriores a lo largo del perímetro del Aeropuerto. El sistema de cercado perimetral incluirá una valla alta de 2.5 m con inclinación superior de alambre de púas y una valla de tela anti-escalante.

Al conectarse el sistema de cercado perimetral con una pared de las instalaciones exteriores, el sistema de alambrado se conectará directamente a la pared perimetral y tendrá un hueco no mayor que la brecha en la cerca de malla de tela. Cuando la valla perimetral sea accesible a los vehículos, el sistema de la cerca perimetral será a prueba de choque para detener un vehículo 6,810 kg que viaje a 48 km/h con una distancia de penetración de menos de 1 m.

Cuando se requiera el acceso de vehículos de los edificios de apoyo, una puerta de entrada de vehículos se utilizará para controlar el acceso. La puerta de entrada de vehículos será de un mínimo de 2.5 m de alto de partición valla operable sobre rodillos deslizantes motorizados para facilitar la apertura automática de la puerta.

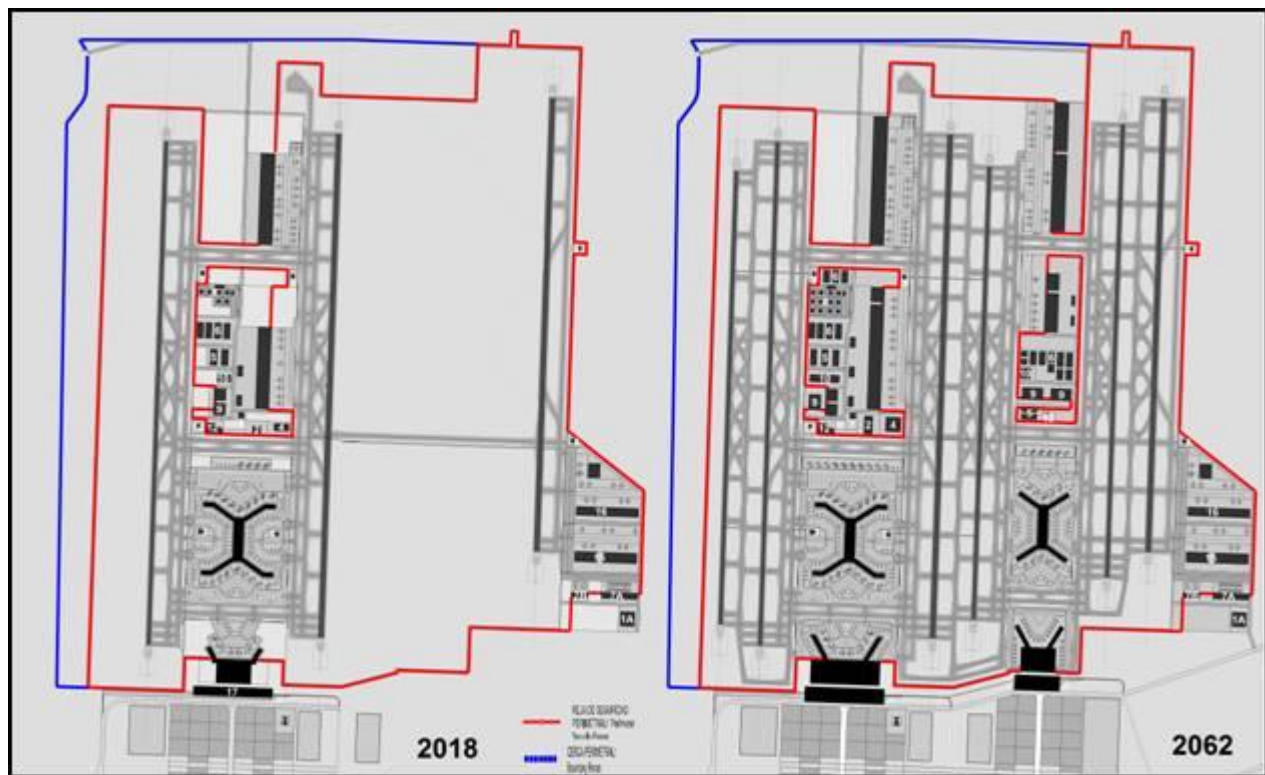


Figura II.21 Seguridad perimetral.

#### II.2.1.5 Superficies limitadoras de obstáculos

Los dos elementos de infraestructura más importantes del aeropuerto son las pistas de aterrizaje y el espacio aéreo necesario para que las aeronaves utilicen las pistas.

Se tendrá una separación adecuada de los obstáculos tanto en terrenos del aeropuerto como fuera de la propiedad, para las áreas fuera de la propiedad del aeropuerto, las autoridades del mismo y las agencias federales se coordinarán con las agencias locales de construcción.

El mecanismo principal para la protección del espacio aéreo es el desarrollo de una cartografía completa de superficies aeronáuticas alineadas con las pistas de aterrizaje y los alrededores del Aeródromo, conocido como las superficies limitadoras de obstáculos, y asegurarse de que estas superficies no sean afectadas por nuevos obstáculos. Las superficies se definen en el Anexo 14 de la OACI, Capítulo 4, y también en la CO DA-04/07, Capítulo 5.

Dentro del predio del aeropuerto, la mayoría del terreno es plano y está vacío, sin ninguna obstrucción de superficies limitadoras de obstáculos excepto por la grúa de CONAGUA cerca de la estación de bombeo en el cuadrante sur-Oeste. CONAGUA acordó reemplazar esta grúa con una de estructura menor, misma que no obstruirá las superficies limitadoras de obstáculos.

Los edificios contemplados en el Proyecto mantendrán una altura por debajo de las superficies limitadoras de obstáculos, excepto la torre de control de tráfico aéreo.

#### II.2.1.6 Servicios de navegación aérea y equipos

El sistema de navegación aérea equipado para el Proyecto, incluirá los sistemas de comunicación, navegación, vigilancia, así como de gestión de tráfico aéreo, sistemas meteorológicos y sistemas de iluminación del Aeródromo, para asegurar un flujo



seguro, ordenado y eficiente del tránsito aéreo que operará continuamente las 24 horas del día los 365 días al año. El equipo incluye tanto las instalaciones terrestres convencionales así como sistemas de navegación satelital.

El aeropuerto contará con el siguiente equipo de vigilancia:

- ⊕ Sistemas de control de movimiento en la superficie y orientación
- ⊕ Monitor de precisión en la pista o sistemas similares
- ⊕ Vigilancia dependiente automática – transmisión
- ⊕ Sistemas de Modo S
- ⊕ Multilateración
- ⊕ Herramientas de gestión de tráfico aéreo

El aeropuerto contará con los siguientes apoyos a la navegación:

- ⊕ Un radio omnidireccional con equipo radio telemétrico
- ⊕ Cada pista, en ambos sentidos, tendrá un sistema de precisión de aterrizaje
- ⊕ Sistema de aumentación basado en tierra para el sistema de posicionamiento global

El aeropuerto proporcionará los siguientes sistemas de monitorización climática:

- ⊕ Sistemas automatizados de monitoreo climático
- ⊕ Rango visual de pista (tres por cada pista)

El aeropuerto contará con los siguientes sistemas de iluminación para todas las pistas y calles de rodaje:

- ⊕ Sistema de iluminación de aproximación de la pista
- ⊕ Indicadores de precisión de trayectoria de aproximación
- ⊕ Iluminación de la línea central de la pista, borde, zona de contacto, umbrales e iluminación del extremo final
- ⊕ Eje de la calle de rodaje, iluminación en los bordes incluyendo calles de salida rápida
- ⊕ Iluminación de la barreta de parada en las calles de rodaje, iluminación en puntos de espera, luces de protección de la pista

#### II.2.1.7 Torre de control de tráfico aéreo

El personal deberá tener una visibilidad libre de obstáculos hacia las pistas de aproximación, a los umbrales y la longitud total de todas las pistas, así como de todas las calles de rodaje. Las pistas de aterrizaje y las calles de rodaje bajo control del tráfico aéreo se conocerán como el área de movimiento en la superficie o el área de movimiento.

Se han examinados dos opciones para la situación y altura de la torre de control de tráfico aéreo, estudiando la línea de vista y el impacto sobre las restricciones de altura de los diferentes usuarios terrestres del aeropuerto.

Como se mencionó anteriormente, se tienen dos opciones que se describen a continuación:

- ⊕ Opción 1 – Construcción inicial de la torre de 87 m de altura, con una altura del punto de vista situado a 83 m, cerca del punto medio del campo al Oeste. Esta localización sería adecuada para visualizar el par de pistas de aterrizaje/despegue al Oeste y centro del área de intervención (pistas 1, 2, 3 y 4), así como toda el área de movimiento, incluidas las calles de rodaje que cruzan del este al oeste, situadas a ambos extremos norte y sur del campo al Este. Cuando el futuro campo Este sea desarrollado y las pistas 4 y 5 sean construidas, una nueva torre será requerida en el centro de la zona de operaciones Este. La altura de la segunda torre estará limitada por la superficie de acercamientos fallidos, 48 m.

Opción 2 – Construcción inicial de la torre de 76 m de altura, con la altura del punto de vista situado a 72 m, cerca del punto medio del campo al Oeste. Esta localización sería adecuada para visualizar el par de pistas de aterrizaje/despegue al Oeste y centro del área de intervención (pistas 1, 2, 3 y 4), pero la visualización de las calles de rodaje que cruzan del Este al Oeste situadas a ambos extremos norte y sur estarían obstruidas por edificios, por lo que se requerirían métodos alternativos de visualización, tales como, circuitos de cámaras duplicadas. Cuando el futuro

campo Este sea desarrollado y las pistas 4 y 5 sean construidas, una nueva torre será requerida en el centro de la zona de operaciones Este.

A continuación se presenta una tabla comparativa entre las opciones 1 y 2 para la torre de control de tráfico aéreo.

Tabla II.5 Tabla comparativa de las opciones 1 y 2.

Opción 1	Opción 2
Nivel de la vista 83 m Altura de la estructura 87 m	Nivel de la vista 72 m Altura de la vista 76 m
Con visibilidad a todas las aproximaciones del espacio aéreo, pistas y calles de rodaje.	Con visibilidad de todas las aproximaciones del espacio aéreo y pistas. Visibilidad en casi todas las calles de rodaje, excepto los cruces de las calles de rodaje del extremo norte y el extremo sur. Para estas calles de rodaje con visibilidad parcial, se necesitarían sistemas de vigilancia alternativos (cámaras, equipo de detección en la superficie del aeropuerto ASDE-X).
Construcción: más costosa, pero de mayor duración	Construcción: menos costosa, y de menor duración
No hay obstrucción de superficies para las aproximaciones fallidas, pero está cerca	Situado más adelante del obstáculo de superficies para las aproximaciones fallidas
Opción recomendada si Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) no acepta el sistema de vigilancia alternativo para las calles de rodaje parcialmente oscuras.	Opción recomendada si SENEAM acepta la alternativa del sistema de vigilancia alternativo para calles de rodaje parcialmente oscuras.

El área destinada para la torre de control de tráfico aéreo será de 10,000 m<sup>2</sup>, y tendrá capacidad para acomodar la torre y un centro de operaciones administrativo de dos niveles en la base. El área total combinada de fabricación requerida estimada es de 3,400 m<sup>2</sup>, lo cual está basado en la opción 1. Este enfoque incluye la construcción inicial de una torre de 87 m de altura, con 83 m de altura de vista, localizada cerca del centro de la zona de operaciones al Oeste (pistas 1, 2, 3 y 4) y toda la zona de movimientos, incluyendo las calles de cruce Este a Oeste en los extremos Norte y Sur de la zona de operaciones Oeste. El centro regional de control de tráfico aéreo, con un terreno de 40,000 m<sup>2</sup> y un edificio de 20,000 m<sup>2</sup> de oficinas y apoyo, está situado en la parte Este del sitio, al Sur de la aviación general, hangar de gobierno, e instalaciones militares.

En las siguientes figuras se muestra la opción 1 y la opción 2 para la torre de control de tráfico aéreo.

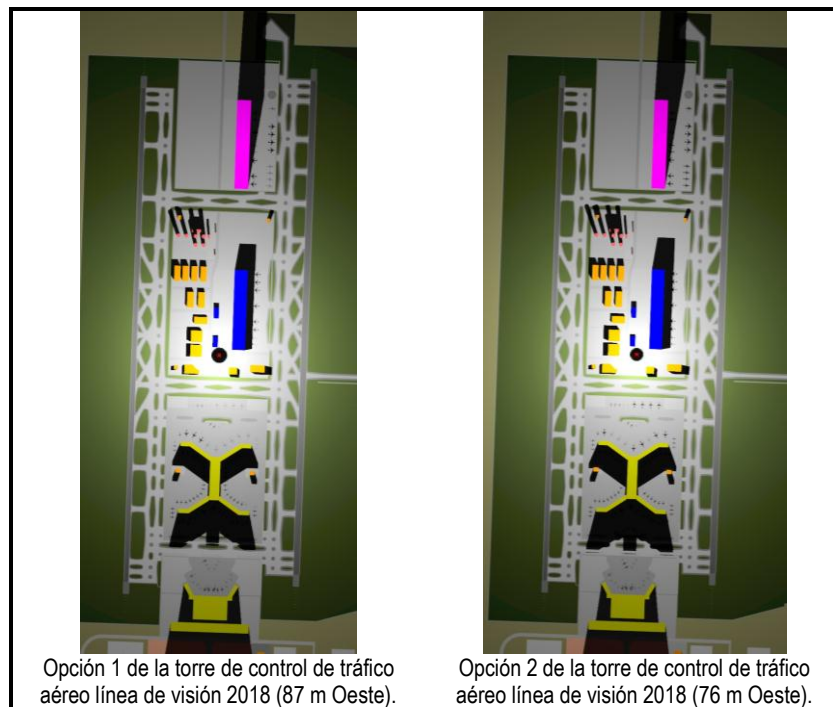


Figura II.22 Opción 1 y 2 para la torre de control de tráfico aéreo.

La siguiente tabla presenta los niveles y áreas con las que contará la torre de control de tráfico aéreo.

Tabla II.6 Programa preliminar de la torre de control de tráfico aéreo.

Área Funcional	Área (m <sup>2</sup> )	Anotaciones
<b>Torre de control de tráfico aéreo</b>		
Nivel de Arriba	140	Sala de control visual, con provisión para 10 posiciones de control activas, incluyendo control del Aeródromo, control de movimiento en tierra, planeación de movimiento en tierra, coordinador de la entrega de espacio libre, supervisor y modo de espera.
Nivel del Medio	260	Incluye las salas de equipos técnicos, área de apoyo de trabajadores (baños, taquillas y cocina), y provisión para posiciones de trabajo adicionales de modo en espera si se requiere.
Nivel de Abajo	200	Oficina meteorológica y de observaciones, salas de equipos, y salas de apoyo del personal.
<b>Centro de control de tráfico aéreo</b>		
Área de las Oficinas	300	Incluye al director, la administración de apoyo, los supervisores, mantenimiento y gerente de operaciones, de instrucciones y entrenamiento.
Salas de Reunión	180	Incluye el auditorio para las presentaciones.
Apoyo General	1000	Incluye seguridad, recepción, los baños del personal y sus taquillas, la cafetería, la sala de descanso, los archivos y el almacén.
Áreas de Equipos Mecánicos y Eléctricos	760	Incluye las salas de equipos, la sala de cableado y baterías, taller, mantenimiento técnico y sala de ingeniería, generador y transformadores, y el almacén.
<b>Sub-total</b>	<b>2,840</b>	
Estructura y Circulación	560	20% permitido
<b>Total</b>	<b>3,400</b>	

### II.2.2 Terminal de pasajeros

Se definen dos áreas para el desarrollo de las terminales, la primera en la zona de operación Oeste, y la segunda en la zona de operación Este. Estas áreas proveen el espacio para el desarrollo de los edificios de la terminal, su plataforma de aeronave asociada, el estacionamiento, las vías de acceso y las vías de trenes. A continuación se presenta el plano de la terminal de pasajeros y vestíbulos: En la siguiente figura se presentan las zonas de desarrollo de las terminales.

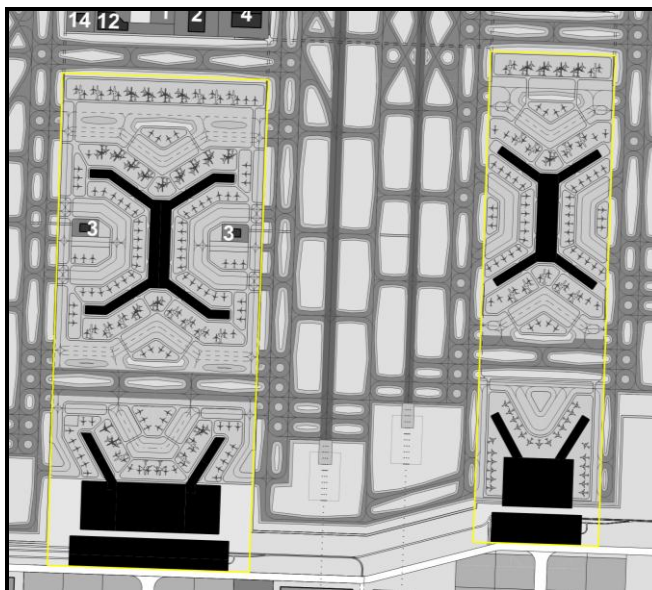


Figura II.23 Zona de desarrollo de las terminales.

Para el diseño de la terminal se desarrolló un programa de requerimientos para determinar el alcance del edificio en términos de la infraestructura del proceso y la utilización del espacio. Los requerimientos mínimos para la terminal se organizaron en las siguientes categorías:

- ⊕ **Requerimientos de hora pico:** es la relación entre la demanda anual esperada, el pico en términos de pasajeros y la demanda de movimientos de aeronaves. Los requerimientos pueden utilizarse como guía al momento de dimensionar las instalaciones.
- ⊕ **Requerimientos posicionales:** Son estimaciones aproximadas de la cantidad total de posiciones de estacionamiento que serán necesarias para despachar el volumen provisto de vuelos.
- ⊕ **Requerimientos de procesamiento de pasajeros:** determinarán el número de posiciones por tipo de proceso necesarias para satisfacer la demanda en cada año de planeación. Estos requerimientos de la terminal se deberán utilizar como una guía para el desarrollo y para la toma de decisiones operativas.

Los requerimientos de los procesos que ocurrirán en la terminal se presentan a manera de directrices para el diseño del edificio de la terminal, como se señala a continuación:

- ⊕ El número de posiciones de estacionamiento necesarias para satisfacer la demanda esperada en cada uno de los procesos de la terminal será de particular importancia para el cumplimiento de los niveles deseados de servicios.
- ⊕ Se necesitara la cantidad de pasajeros esperada, para así poder proporcionar el espacio adecuado donde se harán las filas.
- ⊕ Los requerimientos totales de espacio en cada área pueden estimarse teniendo en cuenta las necesidades de espacio para acomodar al personal, los muebles y otros equipos, además de la acumulación prevista de pasajeros.



Figura II.24 Terminal de pasajeros.

Las dimensiones de la zona de operaciones Oeste toma en cuenta la capacidad del sistema de pistas del Oeste. Para lograr un balance entre la plataforma de la terminal y la capacidad de las pistas, la zona Oeste de la terminal se ha planteado para acomodar la demanda de posiciones de estacionamiento del 2028. En la Fase 1, la demanda de posiciones de contacto queda cubierta por la terminal y por el edificio satelital que está al Oeste.

La siguiente figura (Fase 1) representa los sectores en la terminal y los edificios satelitales, el color azul representa el sector internacional, el color rojo representa el sector nacional y el color verde representa el sector transfronterizo.

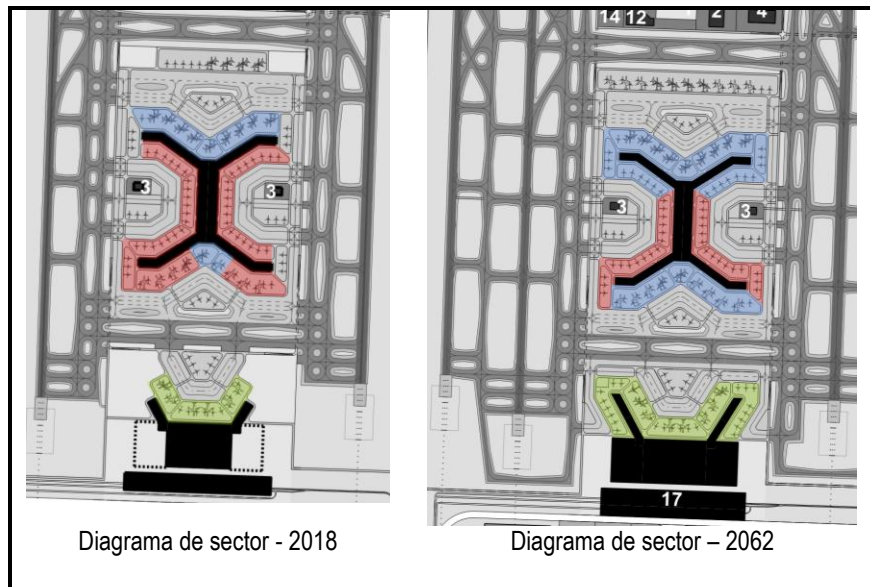


Figura II.25 Diagrama de sector 2018.

El edificio de la Terminal propuesto consta de 5 niveles:

- ⊕ Nivel 4 Oficinas
- ⊕ Nivel 3 Salidas
- ⊕ Nivel 2 Entreplanta
- ⊕ Nivel 1 Llegadas
- ⊕ Nivel 0 Sótano

LEYENDA / LEGEND:	
	<i>Circulación</i> Circulation
	<i>Sala de Embarque</i> Holdrooms
	<i>Aduana</i> Customs
	<i>Seguridad</i> Security
	<i>Check-in</i> Check-in
	<i>Inmigración</i> Immigration
	<i>Oficinas</i> Offices
	<i>Zonas Comerciales</i> Concessions
	<i>Sala de Viajeros</i> Lounges
	<i>Reclamo de Equipaje</i> Baggage Claim
	<i>Inspección de Equipaje</i> HBS
	<i>Distribución de Equipaje</i> Baggage Make-up
	<i>Muelle de Carga</i> Loading Dock
	<i>Apoyo</i> MEP/ Support
	<i>Rampas de Apoyo</i> Ramp Support
	<i>Equipamiento</i> Equipment

Figura II.26 Leyendas/Claves del concepto de la Terminal.

#### ⊕ Nivel 4 oficinas

Una planta parcial por encima del nivel de salidas albergará las áreas requeridas para otros locatarios lo cual incluirá las oficinas de las agencias gubernamentales y oficinas de soporte para el Instituto Nacional de Migración, Aduana México, Seguridad y Sanidad, SAGARPA, PF, SEMAR y SEDENA, y otros. La zona de soporte incluirá áreas para la administración, taquillas, baños, la recarga de radio, central de comunicaciones, etc.

Las oficinas principales de las autoridades del Aeropuerto deberán alojarse en un edificio administrativo independiente, ubicado en la Ciudad Aeropuerto, inmediatamente al sur de la terminal. Sin embargo, se propone que una pequeña parte de las oficinas se ubicará en la terminal para el personal y para las instalaciones que tienen que ver con las operaciones del día a día de la terminal.

#### ○ Centro de control de operaciones del aeropuerto

El centro de control de operaciones del aeropuerto se localizará dentro del edificio de la terminal, en el nivel de la entreplanta (4), el cual tendrá buen acceso al lado aire y lado tierra. Para el desarrollo inicial se plantea un área de 1,000 m<sup>2</sup> lo cual estará subdividido en funciones individuales. Su diseño físico deberá proporcionar un ambiente de trabajo que facilite la comunicación y colaboración de trabajo así como las oportunidades de expansión para cumplir con la futura demanda de los años de planeación. Contará con tres áreas funcionales distintas centro de planes del aeropuerto, centro de monitoreo de operaciones del aeropuerto y el centro de operaciones de emergencia. El centro de control de operaciones del aeropuerto podrá ser considerado como el centro del aeropuerto el espacio donde la información será recibida desde todo el recinto del aeropuerto y donde se tomarán las decisiones que serán comunicadas hacia todas las partes relevantes de operaciones.

El centro de control de operaciones del aeropuerto será responsable de todos los procesos involucrados en el manejo de pasajeros, desde el momento en que llegan inicialmente al aeropuerto al momento en que abordan las aeronaves, en conexión o que salen del aeropuerto. El personal tendrá la potestad de tomar decisiones inmediatas desde todas las unidades afectadas, lo cual conlleva a la toma de decisiones importantes. Para facilitar lo anterior se contemplará lo siguiente:

- Manejo adecuado del rendimiento en tiempo
- Diseminación de la información en el tiempo adecuado
- Monitorear y dirigir las actividades del día a día del aeropuerto
- Manejar las situaciones de emergencia de manera segura y eficientemente
- Análisis y reporte de cualquier irregularidad
- Identificación de las tendencias en las áreas para el mejoramiento continuo a través de todos los procesos, con el fin de alcanzar un nivel de excelencia

En este nivel se incluyen oficinas de las agencias gubernamentales, oficinas de soporte, oficinas de las autoridades del aeropuerto y la policía.

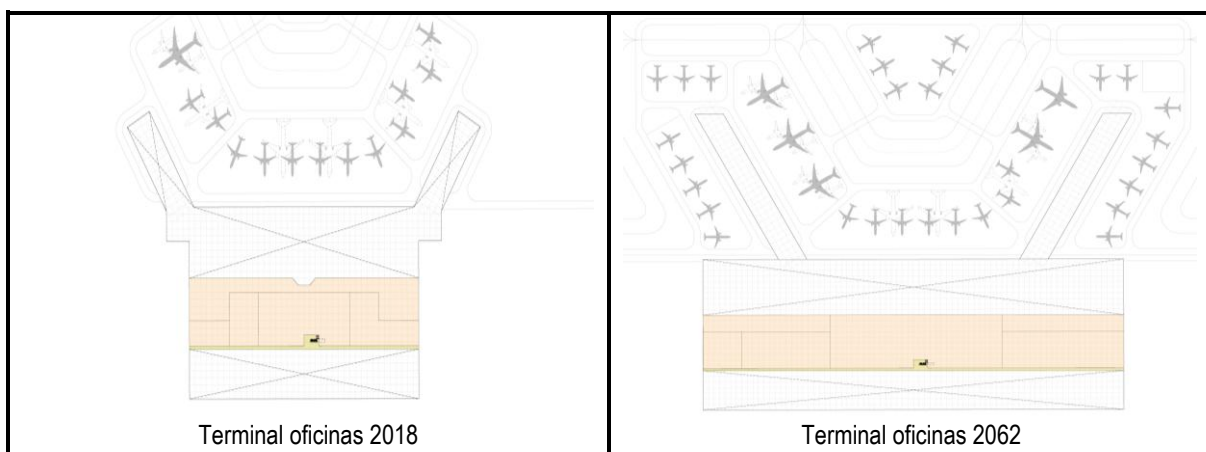


Figura II.27 Nivel 4 de la terminal, oficinas 2018 a 2062.

- Satélite

En el punto medio de cada uno de los satélites se ubicará una Torre de Control de Rampas esta será responsable de las operaciones de aeronaves dentro de su área inmediata de plataforma en la terminal.

#### ⊕ Nivel 3 Salidas

Los pasajeros que van de salida arribarán a la terminal mediante tres medios de transporte principales: vehículos privados o taxis, transporte público o a pie desde la Ciudad Aeroportuaria. La mayoría de los pasajeros llegarán en vehículo privado o en taxi. Se requiere una bahía de salidas para vehículos en el área de salidas dedicada al descenso de pasajeros. En el concepto propuesto para la terminal, la bahía en el área de salidas se encontrará en el nivel superior del estacionamiento que estará conectado a la terminal por una serie de puentes que cruzarán sobre la plaza de llegadas. Los pasajeros que llegarán en transporte público, o en los autobuses de enlace, provenientes del estacionamiento de estancia prolongada llegarán al centro del transporte terrestre ubicado debajo de la plaza de llegadas y subirán hasta la sala de salidas en el nivel 3 por medio de escaleras eléctricas y ascensores. Los pasajeros que llegaran a pie cruzarán la plaza de llegadas y se unirán al flujo de pasajeros desde el centro de transporte terrestre.

Desde la sala de salidas los pasajeros procederán a la zona de documentación, compuesta por una combinación de mostradores de documentación de pasajeros, documentación exprés de equipaje, kioscos de autoservicio, mostradores para documentar el equipaje de grandes dimensiones y mostradores de venta de boletos de las aerolíneas. Las instalaciones de documentación estarán organizadas para facilitar la circulación de pasajeros, reducir los flujos cruzados y simplificar la manera de encontrar la ruta.

En el nivel 3 se colocará un corredor de llegadas independientes que se instalará por encima de las salas de embarque en los muelles y a lo largo del extremo norte del área de zonas comerciales, para conectar a los pasajeros transfronterizos que llegan



con las instalaciones de migración en la entreplanta. Además se ofrecerán pasarelas móviles a lo largo del corredor de llegadas para asistir a los pasajeros en su trayecto. El resto del nivel de salidas queda para albergar las oficinas de soporte, oficinas de las aerolíneas y los baños públicos.

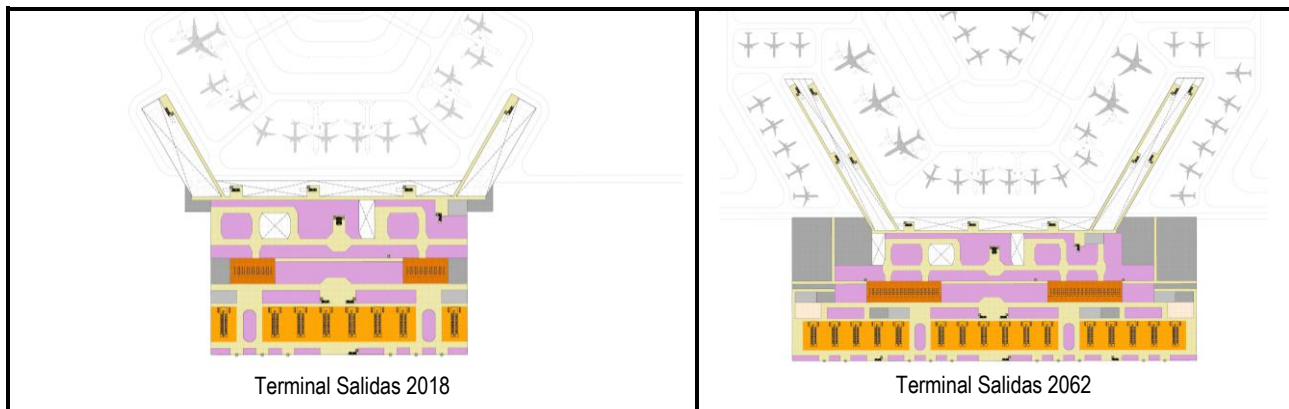


Figura II.28 Nivel 3 de la terminal, Salidas 2018 a 2062.

#### - Satélite

Los pasajeros nacionales e internacionales llegarán a los edificios satelitales por medio de transportes automatizados de personal, las estaciones de estos transportes se encontraran en un punto medio de los edificios satelitales en el nivel del sótano, desde este los pasajeros suben hasta el nivel de salidas, el edificio satelital contara con zonas comerciales del lado aire, servicios y salas de espera de las aerolíneas, dicho eje central deberá diseñarse para invitar a los pasajeros a permanecer en esta área antes de proseguir a su puerta de abordaje, la mayoría de las puertas de embarque se encontrarán en los muelles de embarque.

Los muelles de embarque se compondrán principalmente de salas de embarque, áreas de abordaje y de circulación, espacios de apoyo, baños públicos y espacios pequeños para zonas comerciales. Durante el proceso de abordaje los pasajeros utilizarán una rampa interior que se va a extender desde cada sala de embarque para acceder a los enlaces fijos en la entreplanta.

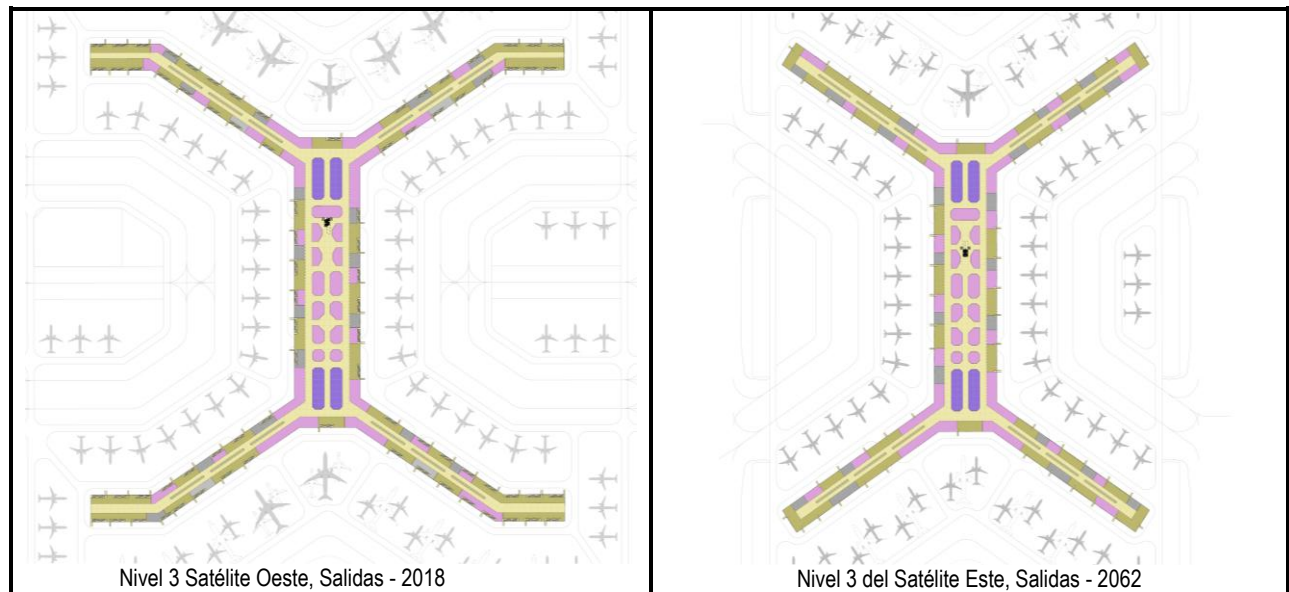


Figura II.29 Nivel 3 Satélite Este y Oeste.

#### ⊕ Nivel 2 Entreplanta

La entreplanta estará dividida por las instalaciones de salidas transfronterizas e instalaciones de llegadas internacionales. Así mismo contara con baños públicos, oficinas de líneas aéreas, sistemas del edificio e instalaciones de apoyo.

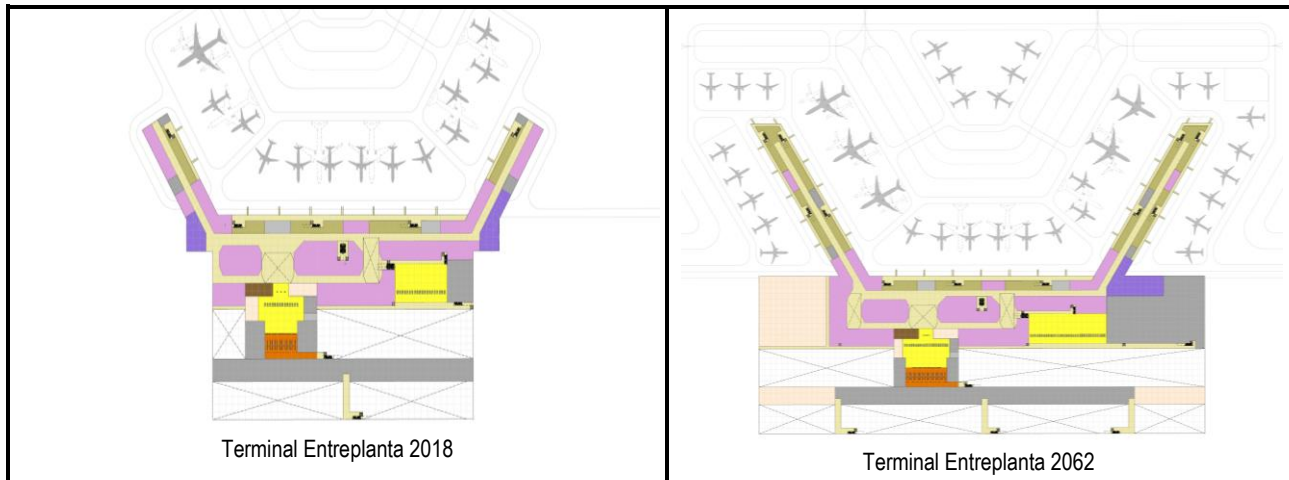


Figura II.30 Nivel 2 de la terminal, Entrepantalla 2018 a 2062.

- Satélite

Los pasajeros de llegada entrarán en el satélite en el Nivel 2, los pasajeros nacionales avanzarán hasta el Nivel 3, utilizando las rampas ubicadas en cada puerta. Las instalaciones de transferencia se proporcionarán en el satélite para reducir los tiempos de conexión para los pasajeros internacionales que se transferirán a vuelos nacionales e internacionales, los pasajeros internacionales deberán pasar por inmigración e inspección de aduana, como tal la instalación de transferencia incluirá instalaciones en el satélite tanto para el Instituto Nacional de Migración (INM) y la Aduana México.

Después de inmigración se colocará un carrusel de banda de equipaje para que los pasajeros que tienen conexión recojan sus maletas antes de la inspección de aduanas. Después de la inspección aduanera los pasajeros volverán a facturar su equipaje antes de continuar hacia el filtro de seguridad y ahí a las salidas en el Nivel 3.

Además de las instalaciones para los pasajeros, se asignarán áreas dentro del corredor central para los sistemas de equipaje de salida, así mismo se proporcionará un espacio de doble altura por encima del área de segregación (make-up) de equipaje en el Nivel 1 este espacio ofrecerá la capacidad de almacenar el equipaje que se obtiene temprano o mucho antes de un vuelo y permitirá así la clasificación y distribución del equipaje de salida.

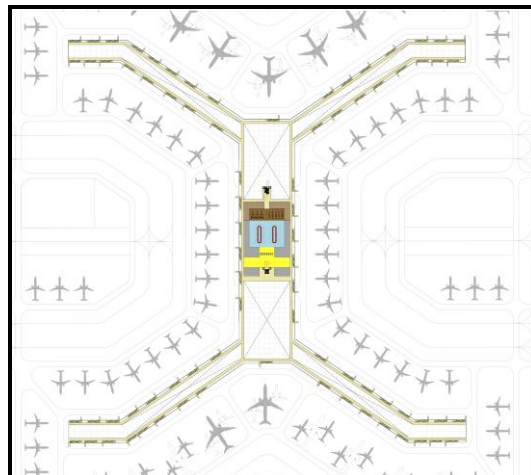


Figura II.31 Nivel 2 Satélite Oeste de la entreplanta.

⊕ Nivel 1 Llegadas

En el nivel de llegadas se encontrará el nivel de la plataforma de aeronaves y acomoda básicamente las instalaciones de pasajeros de llegada y el sistema de manejo de equipaje. Además de las instalaciones de procesamiento de pasajeros y

equipaje incluye zonas comerciales, baños públicos, apoyo en rampa, los sistemas del edificio y otros espacios de apoyo. Se proporcionarán áreas abiertas debajo de los muelles para el estacionamiento y los andamios del Equipo de Servicio en Tierra.

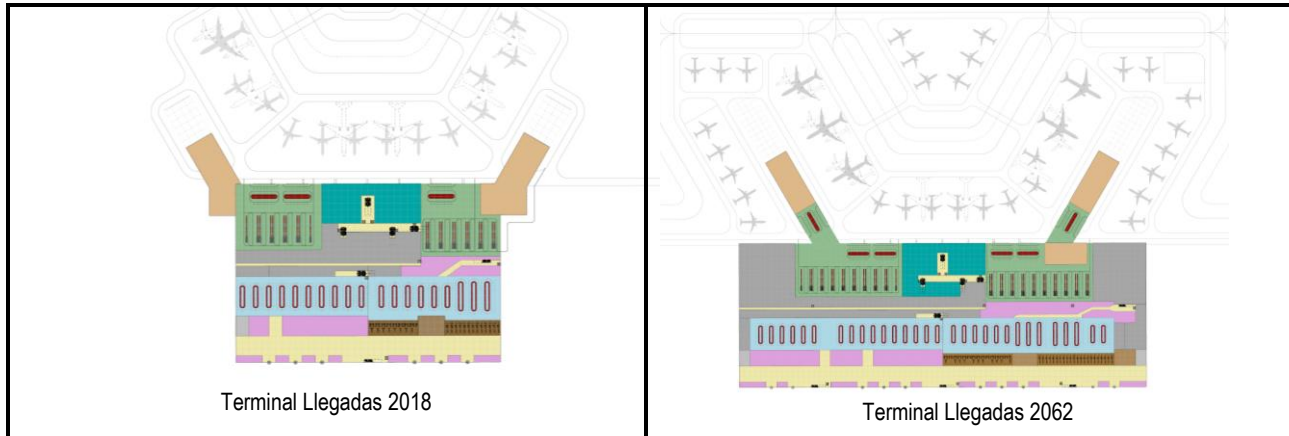


Figura II.32 Nivel 1 de la terminal, Llegadas 2018 a 2062.

- Satélite

En el Nivel 1 de los edificios satelitales contará con las siguientes instalaciones: salas de embarque/desembarque de autobuses, áreas de segregación de equipaje de salida, apoyo a rampas, instalaciones logísticas, muelles de carga para la entrega de bienes, almacenamiento de las zonas comerciales, compactaciones de residuos y reciclaje, sistemas del edificio y otros espacios de apoyo.

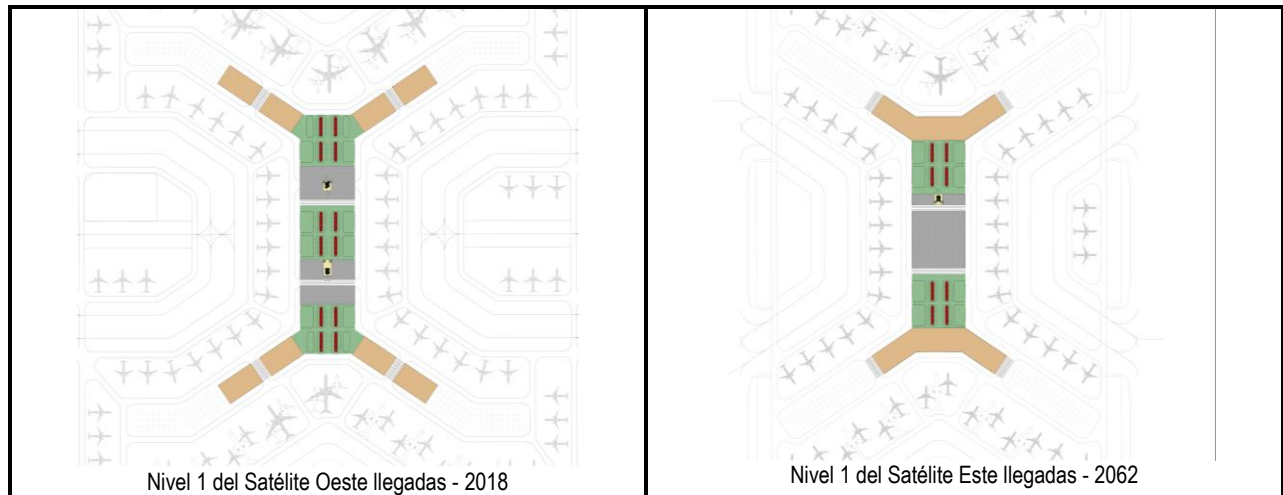


Figura II.33 Nivel 1 Satélite Este y Oeste Llegadas.

⊕ Nivel 0 Sótano

El sótano es el nivel de servicio central que contará con los muelles de carga para entregas de bienes, almacenamiento de las zonas comerciales, compactación de residuos y centros de reciclaje, sistemas del edificio y diversos espacios de apoyo y talleres. La estación del transporte automatizado de personas también se encuentra en este nivel, esta estación será conectada a la terminal con el edificio satelital Oeste en la Fase 1 y con el edificio satelital Este en las fases futuras.

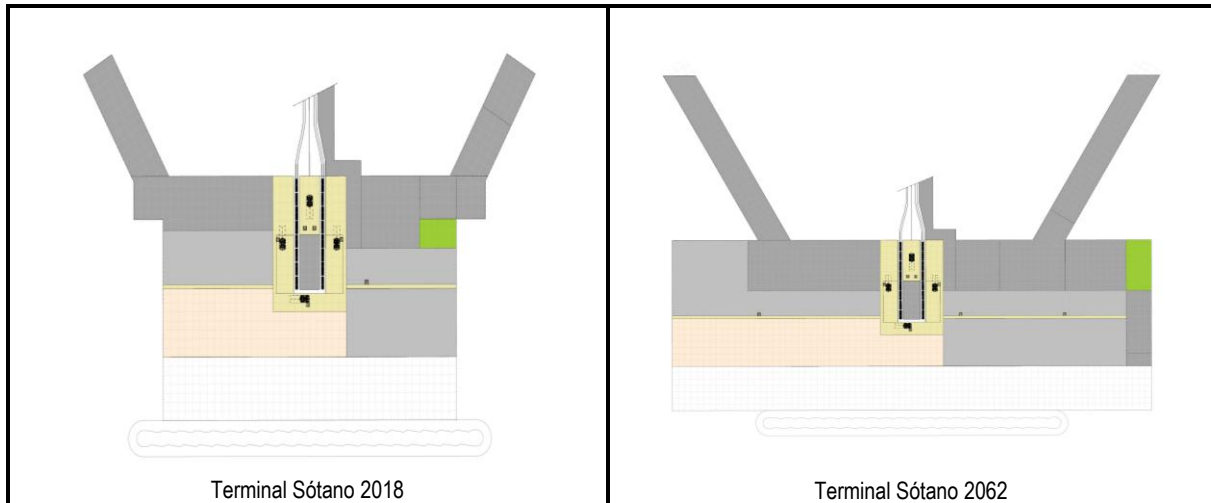


Figura II.34 Nivel 0 de la terminal, Llegadas 2018 a 2062.

- Satélite

El nivel del sótano de los edificios satelitales estará reservado para la estación de transportes automatizados de personas y su túnel de servicio que conecta a la terminal y los edificios satelitales.

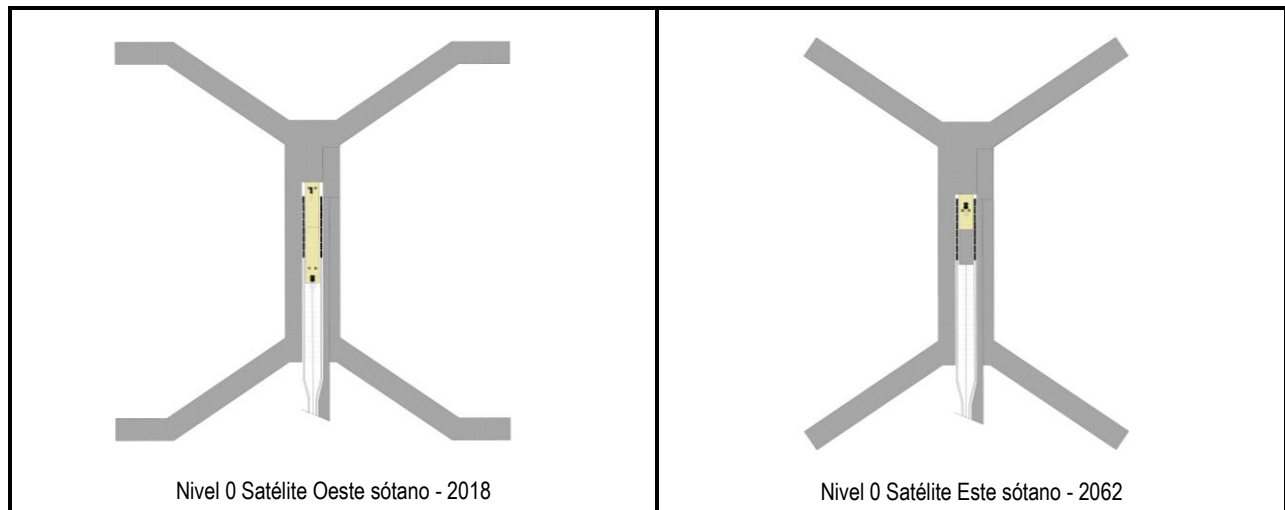


Figura II.35 Nivel 0 Satélite Este y Oeste del sótano.

II.2.2.1 Transporte automatizado de personas y túneles

Para la conexión entre la terminal y el satélite se propone un túnel poco profundo para evitar cualquier interrupción o perturbación que pudiera ser causada por el transporte de pasajeros, de equipaje o de servicios que circularán por la superficie. En la Fase 1 el túnel umbilical del satélite se extenderá desde la terminal al satélite y en un futuro a la zona de operaciones del Oeste para conectarse con futuros desarrollos del satélite.

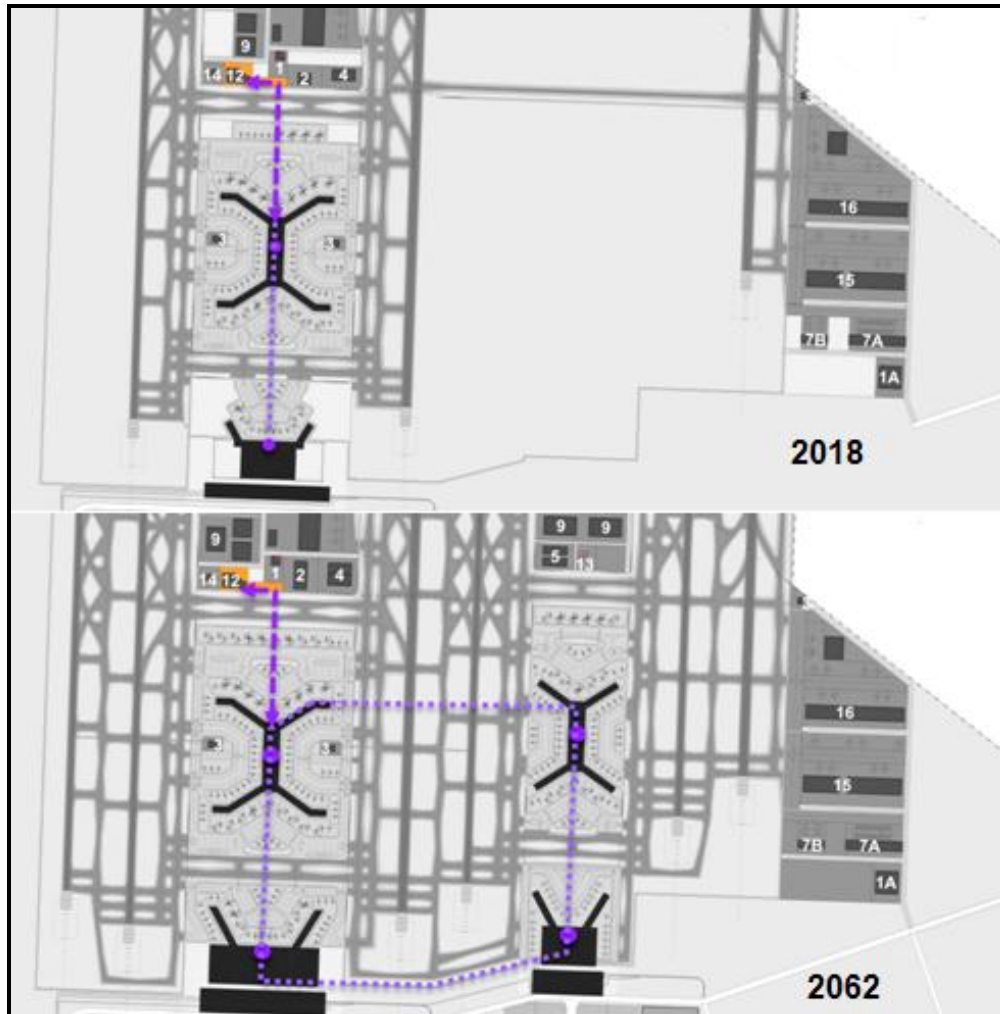


Figura II.36 Túneles del Satélite.

Los transportes automatizados de personas proporcionarán el traslado rápido y seguro entre la terminal y los satélites y representan el elemento principal de los requerimientos del túnel. Los requerimientos de seguridad, capacidad y de operaciones definirán su tamaño y su configuración. El sistema funcionará con trenes dobles (dos vías) en un sistema de bucle con pinzas, se requerirán varios cruces para permitir la flexibilidad en la asignación de la plataforma-trenes y robustez en términos de lidiar con trenes en malas condiciones.

En caso de que el transporte automatizado de personas tenga una falla que le impida operar durante un periodo prolongado de tiempo, se debe desarrollar un plan de contingencia para conectar a la terminal y a los edificios satelitales. Se identificaron dos posibles opciones: proveer corredores de salidas más ancho en el túnel y proporcionar pasarelas móviles, y/o operar buses tipo shuttle entre la terminal y el satélite. Los datos de entrada y los supuestos para derivar la capacidad y tiempos de viaje de los transportes automatizados de personas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla II.7 Datos de entrada y los supuestos para derivar la capacidad y tiempos de viaje del transporte automatizado de personas.

	2018	2023	2028	2062
Número de estaciones	2	2	2	3
Longitud de la vía (m)	1245	1245	1245	3330
Longitud de la vía de mantenimiento (m)	1365	1365	1365	1365
Velocidad promedio del transporte automatizado de personas (km/hr)	50	50	50	50
Intervalo (min)	2.0	2.0	2.0	1.5
Tiempo del recorrido (min)	1.5	1.5	1.5	1.5 - 3.8
Tiempo de espera en la estación(min)	0.5	0.5	0.5	0.5
Tiempo de viaje (min)	1.5	1.5	1.5	1.5 - 4.3

	2018	2023	2028	2062
Tiempo promedio de espera (min)	1.0	1.0	1.0	0.75
Pasajeros por vagón del transporte automatizado de personas	52 - 88	52 - 88	52 - 88	52 - 88

Para la Fase 1 del Proyecto, se requerirán 2 trenes con 6 vagones cada uno. Las plataformas de la estación y los vagones de los transportes automatizados de personas se dividirán para mantener una segregación de pasajeros como se describe a continuación:

- ⊕ El flujo de salidas Nacionales/Internacionales se marcan en **morado**
- ⊕ El flujo de pasajeros Nacionales que terminan su viaje se marca en **rojo**
- ⊕ Los pasajeros Internacionales que terminan su viaje se marcan en **azul**
- ⊕ El flujo de conexiones Transfronterizas a Nacionales/Internacionales se indica en **verde**

Para el 2062, se requerirá un total de 6 trenes para el transporte automatizado de personas con 8 vagones cada uno para cubrir la demanda de las puertas de embarque remotas en las zonas de operaciones Este y Oeste, la organización será la misma que en el 2018.

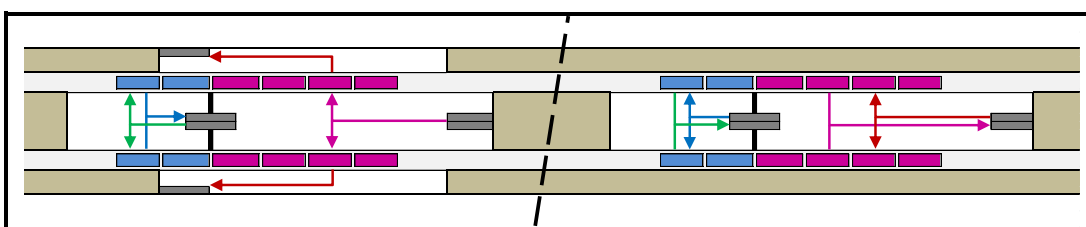


Figura II.37 Transporte automatizado de personas 2018.

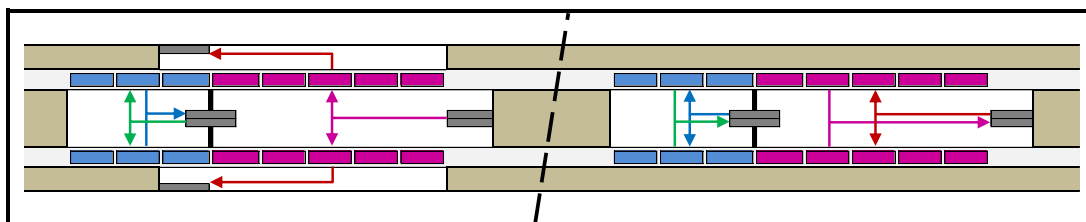


Figura II.38 Transporte automatizado de personas 2062.

### II.2.2.2 Disposición de evacuación

Para evacuar a los pasajeros del transporte automatizado de personas a una zona segura y de ahí a la terminal o a un área abierta en la zona de operaciones, se podrían construir corredores de evacuación presurizados separados, adyacentes al túnel del transporte automatizado de personas para proveer una salida de emergencia y un acceso para el personal de emergencia. Otra alternativa para la ruta de evacuación puede ser en el túnel que corre en forma adyacente (no incidente). La primera opción proporciona una mejor continuidad de las actividades (de negocios), ya que la otra línea podría seguir operando durante la evacuación del túnel del incidente.

Los siguientes principios se aplican a las disposiciones de seguridad contra incendios en el túnel del transporte automatizado de personas:

- ⊕ La separación entre trenes del transporte automatizado de personas siempre deberá exceder la distancia máxima entre las estaciones y el punto de extracción.
- ⊕ Los túneles del transporte automatizado de personas deberán dividirse en dos zonas diferentes de humo a lo largo de su longitud.
- ⊕ En caso de incendio en un vagón, el transporte automatizado de personas se detendrá y las personas en el vagón del incidente desembarcarán a una plataforma de pasarela en el lado exterior del túnel. Una vez que las personas estén en la plataforma, se moverán en contra del flujo de aire hasta una salida a algún túnel adyacente.
- ⊕ El sistema de ventilación de humo podría ser diseñado para empujar el humo de uno de los lados de la estación a un punto de extracción a la mitad del túnel. Deben tomarse las medidas apropiadas para permitir el cumplimiento de los

requisitos de la planta de tal punto de extracción a nivel del suelo a la mitad de la distancia entre la Terminal y estaciones de los Edificios Satelitales (uno para cada túnel o una instalación combinada más grande).

- ⊕ El objetivo de la ventilación del túnel es proporcionar una velocidad crítica de aproximadamente 2 m/s para prevenir el regreso del humo y crear una zona libre de humo en un lado del vagón del incidente para facilitar su evacuación.

La envolvente del túnel del transporte automatizado estará compuesta de 4 compartimientos. Dos túneles de 5.75 X 5 m para el transporte automatizado con 4 m para el tren y 1.75 m para las pasarelas de emergencia y mantenimiento, y dos túneles de evacuación presurizados de 2.5 m de ancho.

### II.2.2.3 Túneles

- ⊕ Túnel del sistema de equipaje
- ⊕ Túnel de vehículos de equipaje
- ⊕ Túnel de servicios
- ⊕ Túneles de caminos del parte aérea

- ⊕ Túnel del sistema de equipaje

Se requerirá un sistema de transporte de equipaje de alta velocidad para entregar el equipaje de salida de la Terminal hacia el Satélite. El túnel del sistema de equipaje será diseñado del tamaño adecuado para dar cabida a 4 sets de pares de vías DCV, uno de salida y otro de retorno. Se proporcionarán dos corredores (de aproximadamente 2m de ancho) para el mantenimiento y la reparación del sistema DCV.

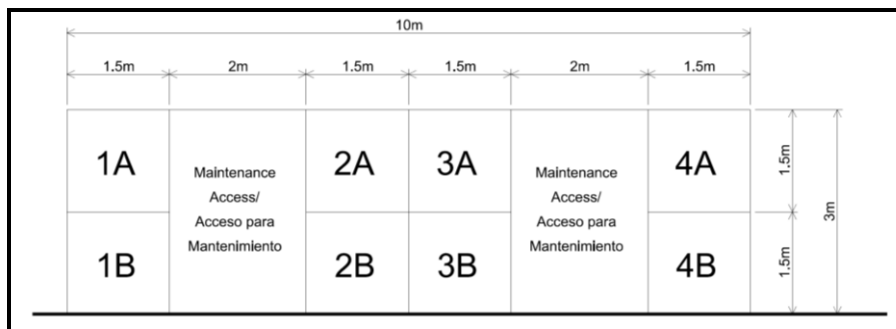


Figura II.39 Sección del túnel del sistema de equipaje.

- ⊕ Túnel de vehículos de equipaje

El Túnel de vehículos de equipaje se recomienda para facilitar la entrega del equipaje de llegada de la aeronave en el satélite hacia las bandas de descarga de equipaje en el procesador de la terminal. La geometría del túnel para vehículos albergará una vialidad de tres carriles que puede ser utilizada para el tráfico en ambos sentidos con un carril para rebasar, o dedicada al tráfico unidireccional desde el satélite de la terminal. La dimensión del túnel para vehículos de equipaje tomará en consideración la posibilidad de convertirlo en un túnel para el sistema de equipajes en el futuro.

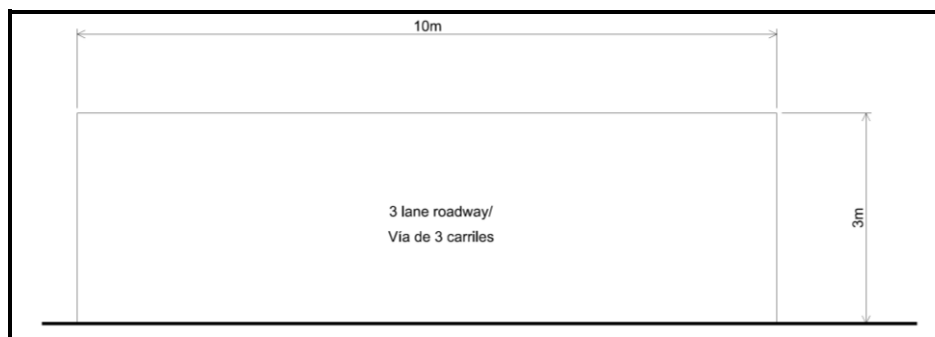


Figura II.40 Sección del túnel de vehículos de equipaje.

#### ⊕ Túnel de servicios

El túnel de servicios iniciará en la Planta Central de Servicios, situada en la zona de operaciones Este y se extenderá hacia el sur por debajo de la plataforma de aeronaves de la terminal al satélite Este y la terminal. Se pretenderá que el túnel de servicios albergue todos los servicios para la terminal y el edificio satelital y brinde acceso para su mantenimiento y remplazo. Las estimaciones iniciales indican la necesidad de dos derechos de vía de 2.5 m de ancho por 4.5 m de alto que serán alimentados por un corredor central de aproximadamente 2 m de ancho.

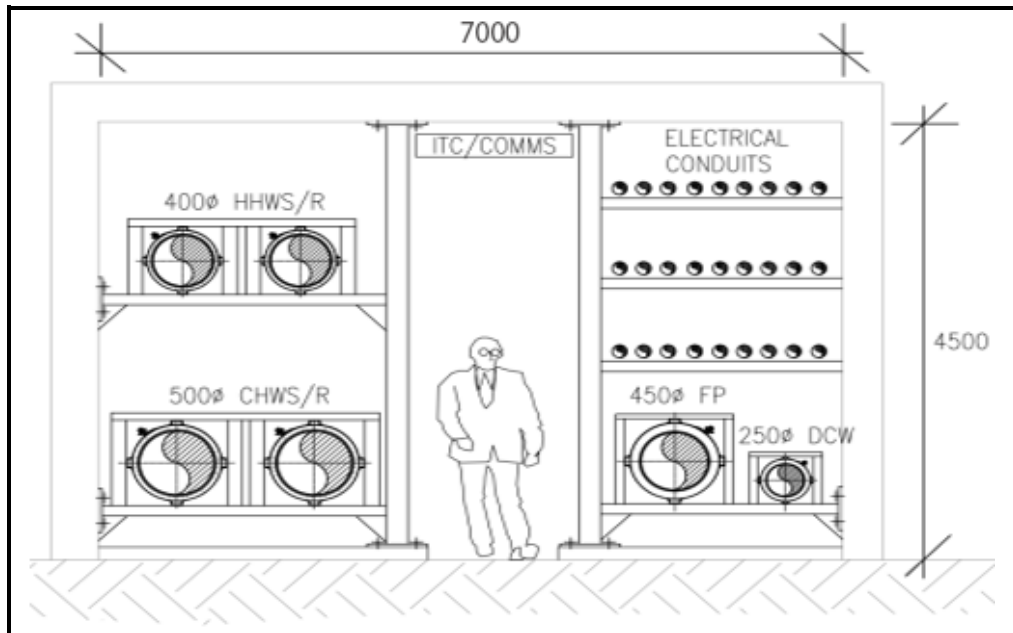


Figura II.41 Sección del túnel de servicios.

El transporte automatizado de personas, las salidas, el sistema de equipajes, los vehículos de carga de equipaje y los túneles de servicios se combinarán para formar el Túnel Umbilical principal del Satélite. La configuración tomará en cuenta el entramado estructural de 9 m del satélite y la terminal y tiene aproximadamente 47 m de ancho y va a una altura de 3 a 5m.

#### ⊕ Túneles de vialidades del lado aire

Además del túnel umbilical del satélite se propone una serie de túneles más pequeños para facilitar la circulación de los vehículos entre las plataformas de la terminal y las instalaciones de carga, de mantenimiento de aeronaves y de soporte hacia el norte de la zona de operaciones. Para evitar demoras y conflictos con aeronaves en rodaje en las calles de rodaje de cruce, se planea que las vialidades del lado aire en el perímetro de la plataforma pasen por debajo de las calles de rodaje de cruce a través de un túnel. Las vialidades descienden en una pendiente de 5% bajo las calles de rodaje Este/Oeste a una profundidad de aproximadamente 6,5m debajo del nivel de la plataforma. Se requiere un área de seguridad vertical de 4,5m para dar cabida la circulación de todo el equipo de servicios en tierra.



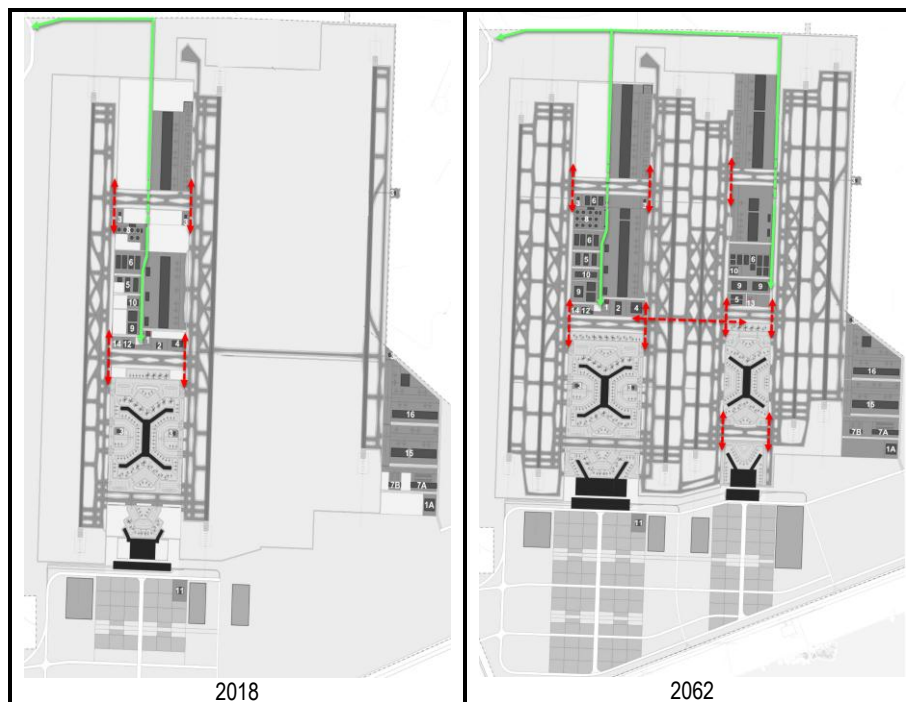


Figura II.42 Túneles para vialidades del lado aire

### II.2.3 Acceso a la Zona Pública y Estacionamiento

Las operaciones del lado tierra abarcaran la provisión de acceso de transporte terrestre a las terminales de pasajeros del aeropuerto, a las instalaciones de carga y flete, así como a los edificios y a los sitios auxiliares del aeropuerto.

El propósito del programa del lado tierra es garantizar:

- ⊕ Acceso a pasajeros aéreos y carga aérea al nuevo aeropuerto de una manera eficiente y elegante.
- ⊕ Que los trabajadores del aeropuerto puedan de llegar de manera rápida y segura de sus hogares a su trabajo.
- ⊕ Que se desarrolle y se proporcione acceso a los usos de tierra adyacentes.

El acceso de transporte terrestre se proporciona a través de vialidades y carreteras, así como las instalaciones y los servicios de transporte público, incluyendo el Metro de la Ciudad de México, Metro suburbano/tren rápido, autobuses interurbanos, y servicios por contratación (taxis y limusinas). Las instalaciones para facilitar estos modos de acceso también se incluyen en el plan del lado tierra e incluyen estacionamientos, líneas de tren, terminales y patios; carreteras, incluyendo rampas, calles arteriales incluyendo derechos de vía exclusivos para los servicios de autobuses de tránsito rápido (Metrobús); sitio de taxis y paradas de espera; áreas para dejar a pasajeros que van de salida, y áreas para recoger a pasajeros que vienen llegando; en la Fase 1 del programa y como parte del Proyecto del aeropuerto, se consideraron un número limitado de calles de acceso, estacionamientos y un centro de transporte terrestre. Se identificaron otras instalaciones incluyendo la del Metro de la Ciudad de México, un posible sistema de tren suburbano/exprés y se reservó el derecho de vía de las anteriores para su uso final. Sin embargo, estas no están consideradas en la Fase 1 del Proyecto.

Un componente clave del programa del lado tierra tiene que ver con los usos de suelo de Aerotrópolis entre la terminal del aeropuerto y de la Autopista Peñón - Texcoco. En las áreas del área de operaciones Norte, los usos del suelo son predominantemente industriales, carga, logística y apoyo aeronáutico. El objetivo en el diseño de estas áreas adyacentes es la simplicidad y la eficiencia. Estos usos de suelo propuestos apoyan las actividades del aeropuerto y también proporcionan un desarrollo económico y un beneficio social que se deriva de la inversión del gobierno en el nuevo aeropuerto.



Figura II.43 Zonas públicas del aeropuerto.

### II.2.3.1 Conexiones a las calles externas y tránsito

Se construirá una red de conexiones regionales y calles locales para dar servicio al nuevo aeropuerto. La capacidad inicial desde vialidades externas hacia Aerotrópolis y el nuevo aeropuerto será de cerca de 8,000 vehículos por hora y la capacidad eventual será de 30,000 vehículos por hora. La capacidad de tránsito se estima alrededor de 70,000 viajes por hora (unos 20,000 viajes en cada una de dos líneas de metro y cerca de 30,000 viajes en múltiples rutas de sistema de transporte rápido (Metrobús y trenes suburbanos)).

Inicialmente, se desarrollará un número limitado de calles de acceso para entrar a las instalaciones del aeropuerto. Esto incluye calzadas arboladas, partes de circunvalaciones la Avenida principal. Las carreteras internas para tener acceso a los sitios en desarrollo.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las vialidades para el Proyecto

Tabla II.8 Red de vialidades.

Tipo de Vialidades	Designación	Descripción	Total de carriles-
Calzada Arbolada	CA Oeste, CA Central CA Este	Calzadas arboladas de acceso limitado que se conectan a la carretera Texcoco.	4
Bulevar Principal	Bulevar Principal	Ceremonial calle principal de Aerotrópolis	6
Avenida Tipo 1	Avenida de Circunvalación Avenida AA, BB, etc.	Circulación arterial en el límite del sitio con tránsito rápido	6
Avenida Tipo 2	Avenida A, B, C, etc.	Circulación arterial al interior del sitio sin tránsito rápido y con estacionamiento	6
Calle este-oeste	Calle 101, 102, 103, etc.	Calles de acceso cuadra por cuadra	3
Calle Norte-Sur	Calle 201, 202, 203 etc.	Calles de acceso cuadra por cuadra	3
Camino Peatonal	500	Calle de circulación local compartida junto al parque medio	2
Callejones	N / A	Calle compartida – circulación de calle compartida- circulación interna por cuadradas	2

Se realizarán mejoras para acceder a las autopistas (incluyendo Circuito Exterior Mexiquense y la Autopista Peñón - Texcoco).

La siguiente tabla muestra la red del sistema de tránsito y la jerarquía:

Tabla II.9 Red de transporte público y la jerarquía del sistema.

Sistema de Transporte	Designación	Descripción	Estaciones
Tren exprés	Tren	Tren de servicio Suburbano expreso desde el centro de la ciudad hasta el NAICM	Centro de Transporte Terrestre de la terminal del aeropuerto
Metro	Metro	2023: Ampliación de una ruta de Metro al Centro de Transporte Terrestre de la Terminal del aeropuerto 2035: Extensión de la segunda línea del Metro al Centro de Transporte Terrestre a través de la ruta de Aerotrópolis	Centro de Transporte Terrestre de la terminal del aeropuerto
Autobús de tránsito rápido	Metrobús / Mexibus	2018: Ampliación de Metrobús por la Avenida de Circunvalación y luego al Bulevar Principal. Ampliación del Mexibus Ruta 1 al Centro de Transporte Terrestre en la Terminal del aeropuerto a través del Circuito Exterior Mexiquense a Peñón Texcoco, y después al Bulevar Principal. 2028: Ampliación de Metrobús por la Avenida de AA y BB. Ampliación del Mexibus a sur.	Avenida AA en la Avenida D, en el Bulevar Principal, y en el aeropuerto. Avenida BB en la Avenida D, en el Bulevar Principal, y en el aeropuerto Bulevar Principal en la Avenida de Circunvalación, en Camino Peatonal Norte, aeropuerto

### II.2.3.2 Red de vialidades

Conexiones de autopistas recomendadas para la Terminal del aeropuerto a la red regional de carreteras:

#### II.2.3.2.1 Autopista Peñón - Texcoco

Fase 1: Se construiría un nuevo paso a desnivel en las conexiones a la calzada arbolada norte-sur que conducen al complejo de la terminal. Esta calzada arbolada se desarrollaría dentro de un espacio abierto de 850 m de ancho bajo las trayectorias de vuelo de las pistas 35 (calzada arbolada Oeste) y serían de unos 3 km de largo. La calzada arbolada sería una vialidad dual con dos carriles en cada sentido, con capacidad para unos 3,500 vehículos por hora en cada dirección. La calzada arbolada estaría completamente separada mediante pasos a desnivel y desembocarían en el complejo de la terminal. Se proporcionarían conexiones a la red de calles locales en el extremo sur de la calzada arbolada; puentes sobre la calzada arbolada conectarán a las calles locales al Este y al Oeste de las calzadas.

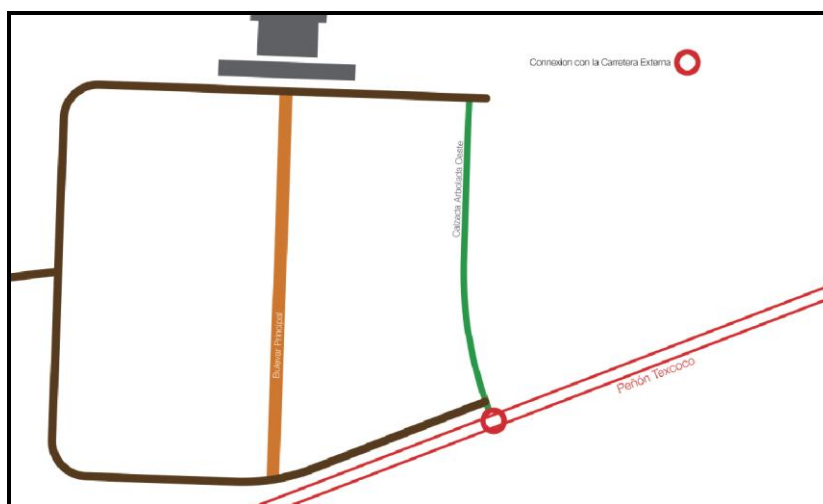


Figura II.44 Conexión con Texcoco 2018.

Fase 2: Dos calzadas adicionales serían conectadas al complejo de la terminal. La Calzada Central sería construida debajo de la ruta de vuelo de las pistas 36 y un tercer intercambio sería desarrollado hacia el final de la parte Este del recinto del aeropuerto,

y una tercera calzada (Calzada Este) proveerá acceso a las zonas industriales al Este del complejo de la terminal. La ubicación de la terminal estarían conectadas con una futura estarán conectadas con una futura carretera de paga que se planea para conectar con la Autopista Peñón - Texcoco con la carretera 142, cerca de la esquina noreste del nuevo aeropuerto. Cuando la nueva autopista esté abierta, se proporcionaría una nueva conexión de esta a la Avenida de Circunvalación.

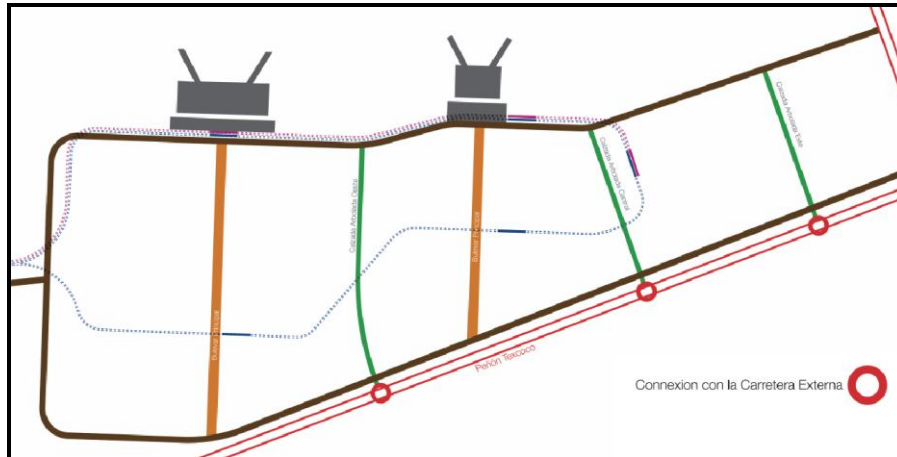


Figura II.45 Conexión con Texcoco 2062.

#### II.2.3.2.2 Circuito Exterior Mexiquense

Con la reconstrucción del drenaje del sitio y otras mejoras a la infraestructura a lo largo del lado Oeste del sitio del aeropuerto, y con la necesidad de mejorar las instalaciones del Mexibus, la vialidad Circuito Exterior Mexiquense se reubicará hacia el Este ajustándose a las normas de diseño y se operará en forma adyacente a una nueva alineación separada y dedicada para tránsito rápido (ubicada en el oeste), junto con una vía continua para peatones y bicicletas.

Fase 1: Se construiría un nuevo paso a desnivel donde el Circuito Exterior Mexiquense se encuentra con el ángulo noroeste del sitio del aeropuerto. Este paso a desnivel permitiría el acceso desde el norte hacia la zona de carga en el lado Norte. La construcción de un nuevo intercambio resulta en la creación de un parque en la esquina noreste del sitio.

Un nuevo intercambio sería desarrollado entre el Circuito Exterior Mexiquense y Río de los Remedios para proveer acceso directo de este a-oeste a la nueva área de la terminal conectándose a la Avenida A-A y Avenida B-B.

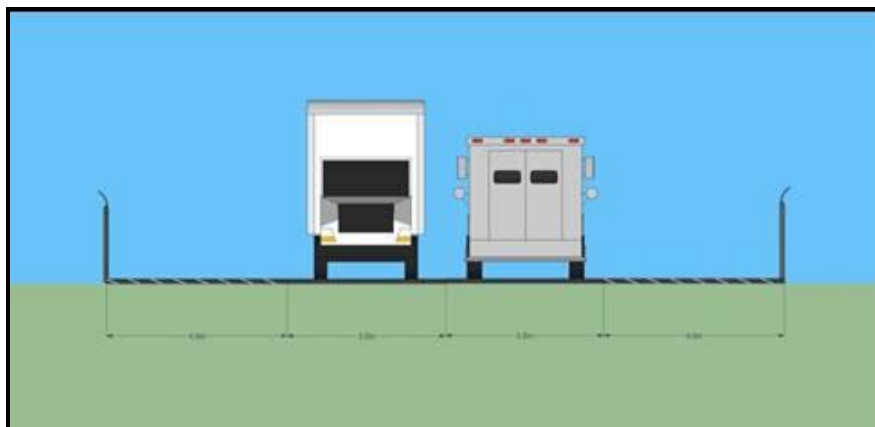


Figura II.46 Acceso para camiones y mercancías.

Fase 2: Se construiría un paso a desnivel nuevo entre el Circuito Exterior Mexiquense al sur de Río de los Remedios para permitir el acceso directo de este a oeste hacia Aerotrópolis.

En una longitud de 10 kilómetros del Circuito Exterior Mexiquense, aproximadamente, entre Vía Adolfo López Mateos y Río de Los Remedios, se desarrollaría un sistema de transporte rápido (Metrobús o Mexibus) junto con una vía completa para peatones y bicicletas, como se muestra en la figura de abajo. Las estaciones de Mexibus estarían ubicadas a intervalos de unos 3 kilómetros (se podrían ubicar en Halcón y Sagitario, entre otros lugares). La vía para peatones y bicicletas permitiría el acceso de los barrios del oeste a las estaciones de Mexibus, permitiendo también el acceso directo de bicicletas al nuevo aeropuerto.



Figura II.47 Circuito Exterior Mexiquense (Planta).



Figura II.48 Mejoras a la Sección transversal Circuito Exterior Mexiquense.

### II.2.3.2.3 Red de transporte urbano de Aerotrópolis

El área de desarrollo potencial adyacente y al sur del aeródromo es grande - unos 8 km x 4 km, o 32 km<sup>2</sup>.

Los usos de suelo buscan apoyar las actividades y la logística del aeropuerto y reforzar la importancia del nuevo aeropuerto y hacer uso de la inversión del gobierno al lograr que Aerotrópolis sea un centro de actividades y destino singular y vibrante. Las bases del plan de uso de suelo son cuadradas de 150 m x 175 m. En la siguiente tabla se describe como se proporcionará el acceso.

Tabla II.10 Descripción del tipo de acceso.

Tipo de acceso	Descripción
Avenidas	Cada cinco cuadras (cada 750 m de norte a sur y aproximadamente cada 900 m de este a oeste). Estas calles canalizan la mayor parte del tráfico de automóviles y varias de ellas permiten operaciones del Metrobús y el Mexibus.
Caminos-peatonales	Atraviesan cada 5 o 6 cuadras, lo cual proporciona un amplio parque lineal de 34 m que va desde 1,500 m de largo hasta los 4,000 m.
Calles	Calles "secundarias" lentas, un tanto estrechas que proporcionan acceso y seguridad, así como la creación de ambientes cómodos para caminar.
Callejones	12 m de ancho callejones "compartidos" que atraviesan las cuadras de 150m x 175m. Estos callejones permiten el tráfico de automóviles, así como a los peatones y los ciclistas.

El plan de Aerotrópolis prevé cerca de 146 ha terreno urbanizable de vialidades al sur del aeródromo y de las terminales del aeropuerto, incluso contando reservas sin construcción para las trayectorias de vuelo y los espacios necesarios para las calles y los parques. El supuesto de la relación superficie a suelo es de es 03:01. los usos industriales permitirían cerca de 730,000m<sup>2</sup> de desarrollo industrial. Asumiendo que las oficinas e instalaciones industriales estarán ocupadas de manera estándar, cerca de 180,000 personas podrían trabajar en este sitio. Esta jerarquía de calles se describe con más detalle a continuación.

### II.2.3.3 Avenidas y Vialidades Internas

#### ⊕ Bulevar Principal

El Bulevar Principal es la "Calle Principal" ceremonial de Aerotrópolis. Este bulevar estará al Circuito Exterior Mexiquense través del intercambio Rio de Los Remedios y la vía circular y estará también conectada mediante la Calzada Oeste. El ancho total será de 59 m, con un camellón central de unos 25 m, dando cabida a parques, restaurantes y otras actividades. Se proporcionará un carril para bicicletas separado en cada dirección, junto con dos carriles de circulación de automóviles y un carril para para el Metrobús en cada dirección. Se planean banquetas amplias y cómodas de 5 m, e incluyen árboles en las calles, áreas verdes y otros servicios atractivos para las personas. El Bulevar principal se construirá en la Fase 1. También se incluirán calzadas arboladas y diversas Avenidas tipo 1 y tipo 2. Se construirán otras calles conforme se vaya dando el desarrollo en Aerotrópolis.

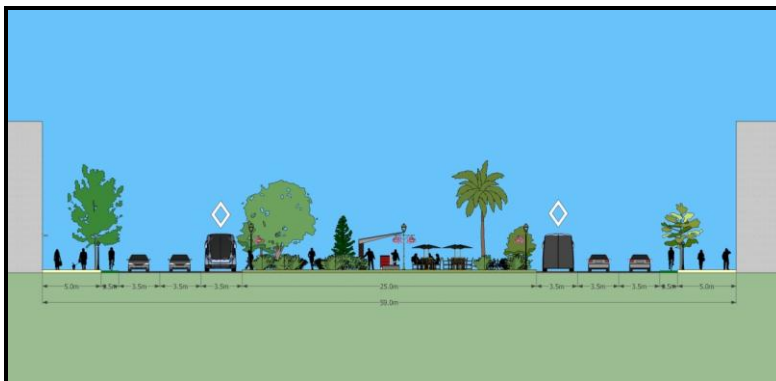


Figura II.49 Bulevar Principal.

#### ⊕ Avenida Tipo 1

La Avenida A tiene 36 m de ancho e incluirá camellón pequeño, dos carriles de circulación y un carril en cada dirección para el Metrobús. También tendrá banquetas amplias y un carril separado para bicicletas.

En la Fase 1 de las extensiones norte y sur del desarrollo en Aerotrópolis estarán limitadas por Avenida de Circunvalación y la Avenida A-A. El acceso al Bulevar Principal será también a través de la Avenida de Circunvalación, que en un futuro bordeará el sitio.

En la Fase 2, se proporcionarán Avenidas adicionales. Estas incluyen prolongación de la Avenida A-A y la Avenida B-B, de tal manera que crucen todo el sitio. Avenida de Circunvalación también se ampliará para cubrir los límites norte, oeste y sur de Aerotrópolis.



Figura II.50 Avenida.

#### ⊕ Avenida Tipo 2

Designadas como Avenida A, B, C, E. La Avenida B será de 34 m de ancho, e incluye pequeño camellón y dos carriles de circulación en cada sentido. También se proporcionarán banquetas amplias y un carril separado para bicicletas.

En la Fase 1 no hay Avenidas B.

En la Fase 2, las Avenidas C, D, y E funcionarán como arterias menores en cada quinta cuadra, aliviando el tráfico en las calles locales.

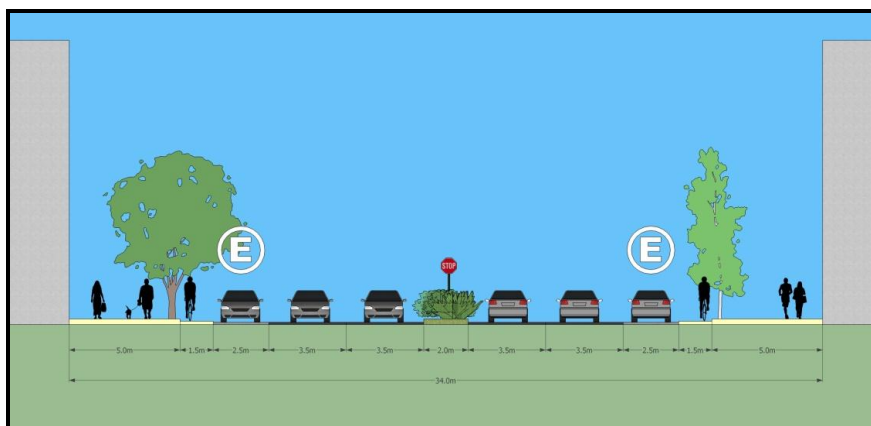


Figura II.51 Avenida B.

#### ⊕ Calles

Designadas como calle -101, 102, 103 para las calles del oeste - este; y 201, 202, 203 para las calles norte-sur. Las calles proporcionarán acceso secundario a las cuerdas interiores. Estas calles serán de 20 m de ancho con estacionamiento en un lado de la calle, con un carril separado para bicicletas y banquetas de 4.5 m de ancho.

En la Fase 1, las calle 101-104 se construirán en dirección Este-Oeste, y las Calles 204 - 207 de norte a sur. Estas serán las vialidades bordeadas por Avenida de Circunvalación, Avenida AA y por las Calzadas Arboladas Oeste y Central.

En la Fase 2 se construirán las demás calles al Oeste de la Calzada Arbolada Oeste, al este de Calzada Arbolada Central, y al sur de la Avenida A-A.



Figura II.52 Calle.

#### ⊕ Camino peatonal

Designado como Camino 501, 502, etc. El camino peatonal representará un acceso secundario en cuerdas interiores que constituirán los amplios camellones de 34 m que se colocarán a lo largo del sitio de desarrollo. Estas calles son de 8 m de ancho y permitirán un estacionamiento al lado del parque y el pavimento se comparte entre automóviles, peatones y ciclistas.

En la Fase 1, una de estas conexiones cruza el desarrollo entre la Calle 102 y la Calle 103. Como no hay áreas de acceso al Este o al Oeste de la Calzada Arbolada Oeste, o de la Calzada Arbolada Este, el Camino Peatonal no necesita extenderse un puente en esta fase.

En la Fase 2, se construyen puentes sobre la Calzada Arbolada Central y la Calzada Arbolada Este en el extremo norte del sitio, y una conexión similar se hace a lo largo del alineamiento del tren en el centro del sitio. También se construye una pequeña conexión al norte de la Avenida C para proporcionar un puente sobre la Calzada Arbolada Oeste en la esquina sur-oeste del sitio.



Figura II.53 Camino peatonal.

#### ⊕ Callejones

Los callejones proporcionan acceso interno a las cuadras (tendrán un tamaño más o menos grande, de 150 m x 17.5m) y también permitirán una segmentación de las mismas para el acceso peatonal. Las cuadras se dividirán con los callejones y las obras de construcción se vuelven de 70 m por 85 m.

Los callejones serán de 12 m de ancho y tendrán pavimento continuo, lo que permitirán que el mismo se pueda compartir entre los automóviles que se moverán a baja velocidad, peatones y ciclistas.

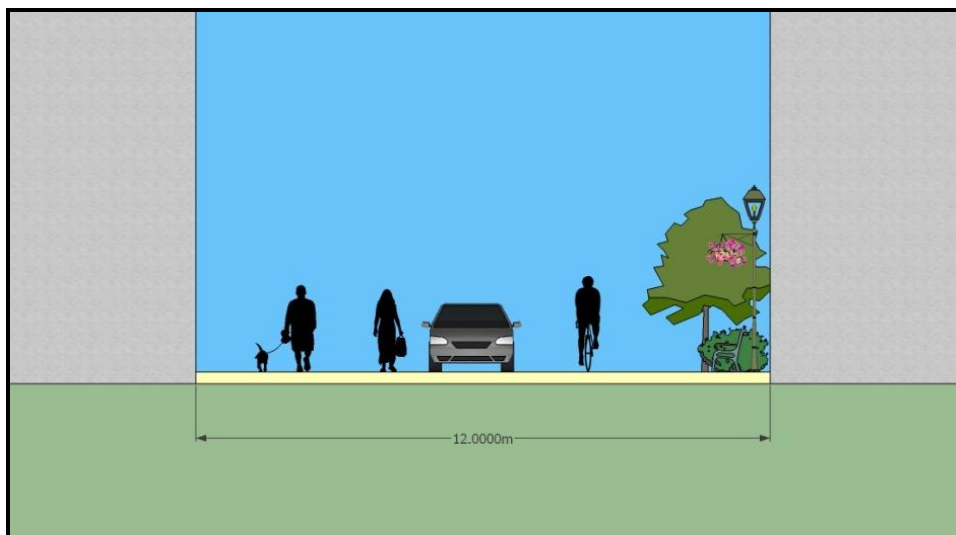


Figura II.54 Callejón



#### II.2.3.4 Red de transporte público

Conexiones recomendadas transporte público hacia el nuevo aeropuerto y Aerotrópolis:

##### ⊕ Tren Expreso - Tren

El Servicio de Tren proporcionará una conexión expresa con paradas limitadas entre el centro de la ciudad de México y el nuevo aeropuerto.. La distancia entre el centro de la ciudad de México y el nuevo aeropuerto es de unos 25 km y el supuesto para el tiempo de viaje es de unos 20 minutos. El Tren terminará en el Centro de Transporte Terrestre del aeropuerto. El supuesto es que el Servicio de Tren comenzará después de la Fase 1, pero antes de la Fase 2.

##### ⊕ Metro

El servicio de Metro es un Proyecto de la Fase 2 que conectará el nuevo aeropuerto con una de las tres rutas que terminan cerca del aeropuerto existente (líneas 1, 5 y 9). En la Fase 2, el Metro se extenderá al Centro de Transporte Terrestre, en un principio con una sola línea compartiendo el derecho de vía con el sistema de Tren. Conforme se expanda Aerotrópolis, se agregará una línea de Metro adicional. Esta segunda ruta operaría de manera subterránea, a través de ductos abiertos, por el derecho de vía del Camino Peatonal. Conforme Aerotrópolis se expanda se construirán cinco estaciones de Metro en el área.

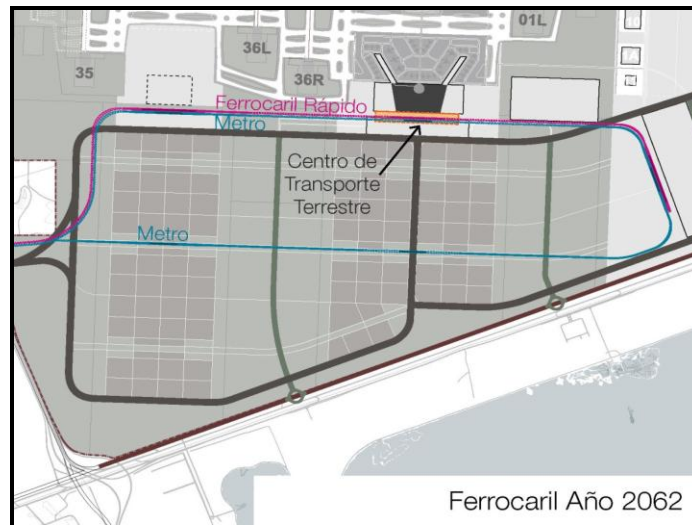


Figura II.55 Ubicación del tren y metro en el año 2062.

##### ⊕ Metrobús / Mexibus

En la Fase 1, se ofrecerá servicio de Mexibus a través del Circuito Exterior Mexiquense y luego en Avenida de Circunvalación y en el Bulevar principal hacia el área de la terminal del aeropuerto. Las líneas 4 y 6 del Metrobús se extenderán hacia Aerotrópolis y al área de la terminal aérea del aeropuerto vía Anillo Periférico y Peñón Texcoco hacia la Avenida de Circunvalación y el Bulevar Principal. En la Fase 2, conforme la Aerotrópolis se expanda, se proporcionarían servicios adicionales de Metrobús y Mexibus.



Figura II.56 Ubicación del MetroBus y Mexibus en el año 2018-2062

### Centro de Transporte Terrestre

El Centro de Transporte Terrestre es parte de la estructura de estacionamiento, el cual es subterráneo. Se encuentra debajo de la Plaza de Llegadas (que separa la Terminal de la estructura de estacionamiento) y la estructura de estacionamiento.

En la Fase 1 se contará con derechos de vía que inicialmente se usarán para los servicios de autobús y eventualmente para los servicios ferroviarios.

El Centro de Transporte Terrestre comprende unas instalaciones subterráneas de 400 m de largo y 75 m de ancho directamente localizada al sur de la Terminal del aeropuerto, debajo de la plaza de llegadas exterior y parcialmente debajo la estructura de estacionamiento. En la Fase 1 se proporcionarían autobuses interurbanos con una terminal que constaría de 40 dársenas de autobús - 20 en cada lado de una plataforma central. Los autobuses que llegan usarían el lado norte de la instalación y los autobuses que salen usarían el borde de la plataforma del sur. Los boletos se obtendrían en kioscos situados en la plaza de llegadas y también a través de máquinas de venta de boletos.

Varias de estas 40 dársenas estarían compartidas por los autobuses dedicados del aeropuerto que se estacionan a largo plazo, por instalaciones de alquiler de autos y el estacionamiento para los empleados. El concepto es el de proporcionar un sistema de transporte dedicado (tipo shuttle) para asegurar una calidad alta y una alta frecuencia de servicio.

En la Fase 2, se añadiría el servicio de Tren y también el servicio de Metro. Estos servicios de trenes tendrían plataformas centrales directamente al sur de la terminal de autobuses, y todos serían subterráneos. Los servicios ferroviarios compartirían un derecho de vía de 40 m de ancho que partiría del borde oeste del aeropuerto y operarían de manera directamente adyacente al mismo. Los Autobuses usarían la Calzada Arbolada Oeste hacia una conexión con el Centro de Transporte Terrestre. Al salir hacia el este, los autobuses utilizarían un área de escalas / paradas de autobús al lado del aeródromo, mientras que los servicios ferroviarios se giran al sur junto a la Calzada Arbolada Este. Se proporcionaría un sitio para patios de maniobras a lo largo de este segmento, también se proporcionarían instalaciones estacionamientos para alquiler de autos y estacionamiento de automóviles de largo plazo.

#### II.2.3.5 Estacionamiento

Estructura de estacionamiento de corto plazo para automóviles. Tradicionalmente, los aeropuertos han construido vialidades para las terminales que proporcionaban acceso adyacente en forma de bahías al edificio de la terminal. Normalmente, los garajes de estacionamiento suelen ser estructuras independientes.

Este plan propone utilizar el modelo de la Terminal 5 de Heathrow, donde una plaza de llegadas independiente separa la Terminal Aérea de la estructura de estacionamiento. Las actividades de las bahías (tales como dejar a personas y servicio de taxis) se encuentran dentro de la estructura del estacionamiento.

Todas las áreas de estacionamiento, incluyendo los lotes abiertos y las estructuras de estacionamiento, estarán provistas de una cerca de seguridad que será controlada de manera activa las 24 horas del día.

La estructura de estacionamiento contará con 5 niveles; los niveles 2, 3, y 4 estarán dedicados al estacionamiento de automóviles. La superficie de la estructura es de una anchura de 75 m y una longitud total de unos 500 m, con una separación en el punto medio para integrar el Bulevar Principal en el CTT y en la terminal del aeropuerto. La altura total es de aproximadamente 12 m. Cada nivel tendrá la capacidad para estacionar cerca de 1,500 automóviles, sumando un total de cerca de 5,000 vehículos. Con la ampliación de la Terminal, la estructura de estacionamiento podría aumentar tanto en anchura como en longitud, dependiendo de la configuración final de la Terminal.

El Nivel 5 está reservado para las salidas de pasajeros aéreos con dos carriles de bahías para dejar pasajeros de unos 900 m (450 m cada uno). Los puentes conectan al Nivel 5 y la estructura del estacionamiento con el nivel de Salidas de la Terminal del aeropuerto. El Nivel 1 está reservado para recoger a los pasajeros de llegadas y permite tanto a taxis como a automóviles recoger a los pasajeros. Se accede desde la terminal del aeropuerto a través de la plaza de llegadas.

Para distribuir y equilibrar el tráfico en las vialidades de acceso, el acceso a las áreas de llegadas y salidas se hace en direcciones opuestas. Los pasajeros de salida (así como los que se estacionan) acceden a la terminal a través de Calzada Arbolada Oeste por una rampa hacia la estructura (en dirección al este), dan vuelta y dejan a los pasajeros con rumbo al oeste, y luego regresan por la curva para salir hacia el Este, saliendo del aeropuerto por la Calzada Arbolada Central. Por el contrario, los vehículos que se dirigen a las llegadas utilizan la Calzada Arbolada Central, se dirigen hacia el Oeste a través de la zona de llegadas y luego salen a través de la Calzada Arbolada Oeste. La conexión entre las Calzadas Arboladas y la estructura de estacionamiento se hace a desnivel. Las rampas permiten una conexión directa desde el nivel de salidas a las llegadas, lo cual es útil para los taxis para acceder directamente a las salidas. La recirculación dentro de las llegadas le permite a los taxis hacer fila y organizarse por turnos si se desea.

Las rampas de estacionamiento se encuentran en el lado sur de la estructura inicial del estacionamiento. Esto permite que dichas rampas se utilicen si es que se desarrolla el estacionamiento se hacia el sur (en el momento que esto suceda), lo cual las convertiría en una especie de columna central en el garaje de estacionamiento más grande. Se proporcionan oportunidades de re-circulación dentro del sistema de vialidades. Además, se proporciona un punto de espera de teléfono móvil (donde los automóviles pueden esperar hasta que la persona a quien van a recoger les llame a su teléfono móvil para avisarles que ya están listos) en las vialidades de entrada que se conectan al área de llegadas.

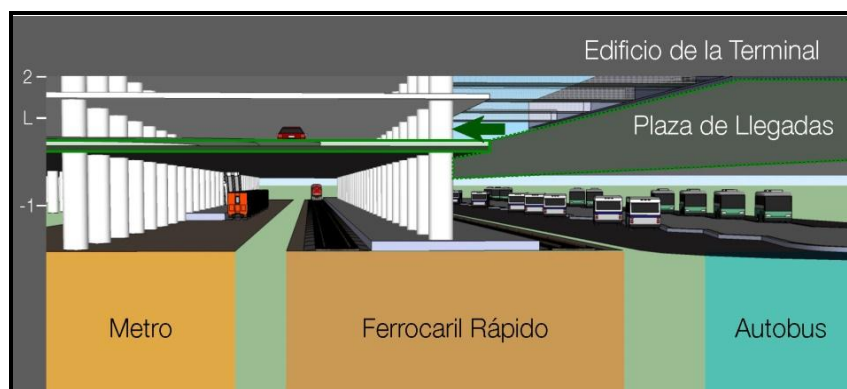


Figura II.57 Centro de Transporte Terrestre- sección.

Estacionamiento de largo plazo (en superficie) para automóviles- Esta área se desarrollaría inicialmente para alrededor de 5,000 automóviles y requeriría alrededor de 15 ha. Para el 2028, el área total de estacionamiento de largo plazo en superficie proporcionaría 10,000 espacios en 30 ha.

Estaciones de autobús y almacenamiento – Esta instalación será desarrollada al este del Centro de Transporte Terrestre y permitirá un almacenaje a corto plazo y estaciones de aproximadamente 250 autobuses en 4 ha.

Instalación de alquiler consolidado de autos – Los automóviles de alquiler permitidos usarían un sitio consolidado de 4 ha al que prestaría servicio el Sistema de Autobús del aeropuerto. Se prevé una instalación circular que permite que el sistema de transporte de autobuses divida el círculo.

Instalación de estación de taxis - Junto a la estación de autobuses y del servicio de alquiler de autos, una estación de un lote de taxis se desarrollaría y proporcionará las operaciones de taxi permitidos. Este también sería un sitio de 4 ha.

Estacionamiento de automóviles de los empleados - Junto al lote de estacionamiento a largo plazo, se proporcionará un estacionamiento para empleados con la capacidad de estacionar hasta 2.500 automóviles en 8ha.

#### II.2.4 Instalaciones de Apoyo

Las instalaciones de apoyo al aeropuerto y las instalaciones auxiliares comentadas en esta sección incluyen:

- ⊕ Carga
- ⊕ Aviación general
- ⊕ Centro para la administración de la Seguridad y Respuesta a Actos Ilícitos y Emergencias (CCO/COE)
- ⊕ Centro de logística
- ⊕ Administración del aeropuerto
- ⊕ Planta Central de Servicios
- ⊕ Instalaciones militares y de gobierno
- ⊕ Instalaciones de combustible

##### II.2.4.1 Carga

En la tabla a continuación se resume el programa de requerimientos para el período entre el 2018 y 2062, y señala los requerimientos para las áreas de los edificios de carga y aduana estimadas, así como las de la plataforma de aeronaves y el lado tierra relacionados. La tabla también indica la estimación del tonelaje de carga y la capacidad de procesamiento de esta por cada uno de los años de planeación, en términos de toneladas anuales por metro cuadrado (ATSM), lo que constituye la base para los cálculos del área del edificio de carga. Los supuestos de la capacidad de procesamiento de la misma van desde un promedio de 5 a 7 ATSM, lo cual es bastante conservador. El aumento de la ATSM daría como resultado un mayor grado de mecanización, lo que reduciría los requerimientos de las instalaciones futuras.

Tabla II.11 Programa de carga.

		Existente	2018	2023	2028	2062
Estimación de los datos y las hipótesis fundamentales	Toneladas Anuales de Carga	NA	518,694	601,546	716,862	1,264,494
	Promedio de ATSM Terminal de Carga	NA	5	5.3	5.8	7
	Promedio de ATSM de los edificios de representantes	NA	50	50	50	50
Áreas totales del lugar de Carga	<b>Área total del sitio (m<sup>2</sup>)</b>	<b>194,190</b>	<b>383,250</b>	<b>420,950</b>	<b>478,700</b>	<b>671,200</b>
	Edificios (m <sup>2</sup> )	82,250	115,500	127,100	145,100	205,100
	Zona de aeropuerto (m <sup>2</sup> )	60,190	162,750	178,850	203,600	286,100
	Plataforma (m <sup>2</sup> )	51,750	105,000	115,000	130,000	180,000
Edificios de Carga de los Representantes	<b>Área total del sitio (m<sup>2</sup>)</b>	<b>NA</b>	<b>21000</b>	<b>24,200</b>	<b>30,200</b>	<b>50,200</b>
	Edificios (m <sup>2</sup> )	NA	10,500	12,100	15,100	25,100
	Zona de aeropuerto (m <sup>2</sup> )	NA	10,500	12,100	15,100	25,100
Cargo Edificio Terminal	<b>Área total del sitio (m<sup>2</sup>)</b>	<b>194190</b>	<b>62250</b>	<b>396750</b>	<b>448500</b>	<b>621000</b>
	Edificios (m <sup>2</sup> )	82250	105000	115000	130000	180000
	Zona de aeropuerto (m <sup>2</sup> )	60190	152250	166750	188500	261000
	Plataforma (m <sup>2</sup> )	51750	105000	115000	130000	180000

Se consideran dos áreas para el desarrollo de las instalaciones de carga; la primera en la zona de operaciones Oeste, y la segunda en la zona de operaciones Este.

Los principales elementos de la zona de carga incluirán:

- ⊕ El edificio de carga (o recinto fiscal), para lo cual se proporciona un ancho de 120 m a 130 m y una altura de 20 m. Estas dimensiones están sujetas a ajustes para adaptarse a las necesidades operativas específicas y para cumplir con los criterios de visibilidad de la TCA.
- ⊕ La plataforma de la zona de cargas requiere un ancho de 145 m para recibir aeronaves de carga frontal de Código E/F.
- ⊕ El área del lado tierra debe dar cabida a los muelles de camiones, estacionamiento, viales internos y de circulación.
- ⊕ Los edificios específicos para los agentes de carga/servicios de cargamento de mercancías deben estar ubicados sino cerca, en el lado tierra de los edificios de la terminal de carga con el fin de facilitar el acceso a la terminal de carga para estas funciones. Las instalaciones para los procedimientos de aduana se pueden colocar en estos edificios, así como en el edificio principal de carga.

El diseño de la zona de carga para el 2018, incluye lo siguiente:

- ⊕ El edificio de carga, con un ancho de 130 m y una superficie total de 105,000 m<sup>2</sup>.
- ⊕ El lado tierra con un área de 16 ha, que incluye los tres edificios de carga.
- ⊕ Un lado aire con estacionamiento para un máximo de 10 aeronaves de carga Código E.

El crecimiento de las instalaciones de carga del 2028 al 2062 se adapta en la zona de operaciones Este. La distribución general del lado tierra, edificios e instalaciones del lado aire en el sitio serán por tanto muy similares incluirán las siguientes disposiciones:

- ⊕ El área de carga es accesible desde el lado tierra por una carretera Norte/Sur al Este del sitio que entra en el aeropuerto desde el norte.
- ⊕ El lado tierra tiene un ancho de 204 m incluyendo el área asociada con los dos edificios para agencias de aduanas.
- ⊕ El edificio de carga tiene un ancho de 130 m y una superficie total de 60,000 m<sup>2</sup>.
- ⊕ El lado tierra tiene un ancho de 204 m incluyendo el área asociada con los dos edificios para agencias de aduanas.
- ⊕ La plataforma del lado aire, con una profundidad de 145 m, da servicio a una calle de acceso para aeronaves Código F y se accede desde, el sistema de calles de rodaje, al este de la pista 18L-36R. La longitud de la plataforma es suficiente para 5 aeronaves de carga Código E.

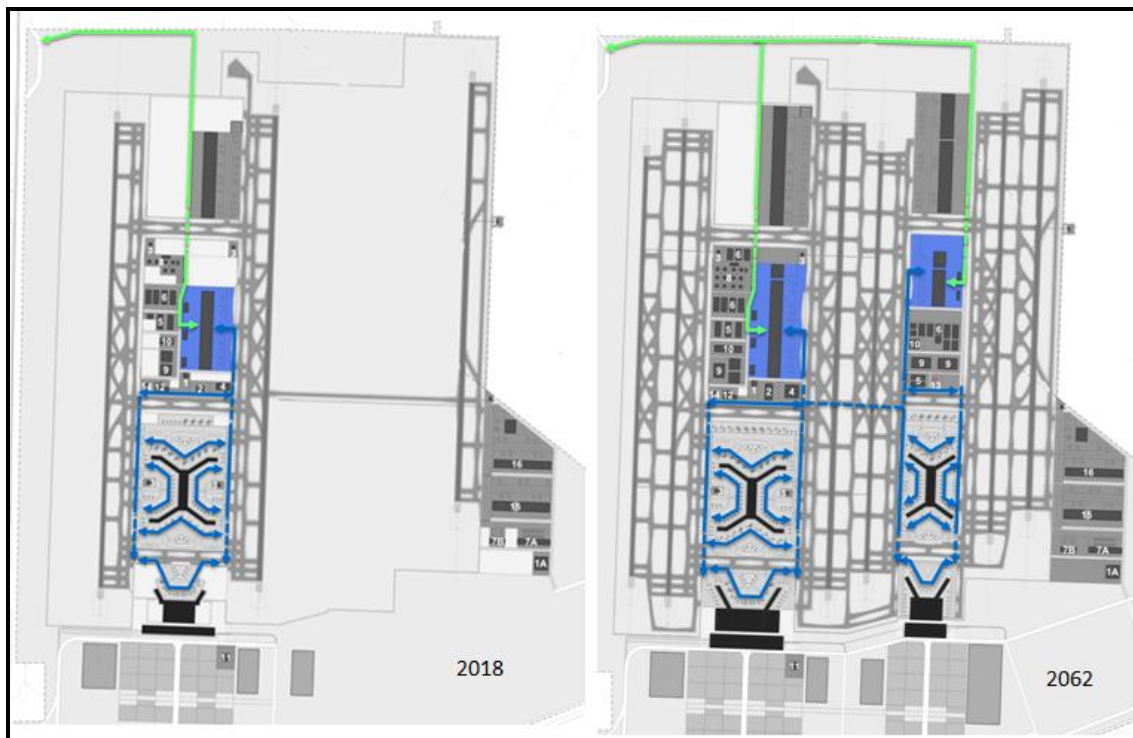


Figura II.58 Ubicación de las áreas de Carga.

II.2.4.2 Aviación general

La siguiente tabla a continuación muestra los requerimientos para los años de planificación, los cuales se basan en los pronósticos anuales de movimientos de aviación general, así como en otros elementos comparativos identificados mediante el punto de referencia con respecto a otros aeropuertos y la disposición existente en AICM. La operación en NAICM no será restringida únicamente a helicópteros.

Tabla II.12 Programa para aviación general.

		Existente	2013	2018	2023	2028	2062
Datos y Suposiciones Clave de Pronóstico	Movimientos de aviación general por año	27,866 (2012)	35,191	36,079	36,981	37,916	45,169
Únicamente Aviación General / Helipuertos	Área total del sitio (m2)	72,545	72,545	72,545	72,545	72,545	72,545
	Edificios (m2)	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200
	Lado tierra (m2)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
	Plataforma (m2)	26,345	26,345	26,345	26,345	26,345	26,345
	FATO incl. acercamientos/ superficies de despegue	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Aviación General / Ala Fija	Área total del sitio (m2)	–	12,837	14,613	16,417	18,286	32,793
	Edificios (m2)	–	3,209	3,653	4,104	4,571	8,198
	Lado tierra (m2)	–	3,209	3,653	4,104	4,571	8,198
	Plataforma (m2)	–	6,419	7,307	8,207	9,144	16,397

Los diseños del plan del sitio y las etapas para los años de planeación se describen a continuación.

- ⊕ Las instalaciones para aviación general se encuentra la parte Este del sitio, al Este de la Pista 01R-19L.
- ⊕ Las operaciones de helicópteros y aeronaves de ala fija (identificados como un #7A y #7B) están localizados juntos y separados por un área intermedia de 100 m. Esto permitirá los acercamientos de helicópteros y operaciones de despegue desde el Este y el Oeste, así como también la provisión de la expansión de instalaciones futuras.
- ⊕ Acceso por el lado aire a la plataforma es por una calle de rodaje que se conecta a la calle de rodaje por el lado Este de la pista 01R-19L.
- ⊕ Las instalaciones de helicópteros proveen áreas similares de plataforma, hangares y áreas de lado tierra a aquellas que actualmente operan en el AICM. El área total provista en el 2018 es de 74.5 ha, lo cual se mantiene constante hacia el 2062.
- ⊕ La línea de hangares de helicópteros tiene una profundidad de 60 m, lo cual es más profundo que la anchura típica de los hangares en el AICM, pero puede ser variada para acomodarse en función de los arrendatarios. El área total de hangar provista es de 21,000 m<sup>2</sup>.
- ⊕ La plataforma de aeronaves de ala fija tiene una profundidad de 120 m y una anchura de 110 m en el 2018, lo cual incrementa a 160 m en el 2062. El área de la plataforma incrementa en el 2018, resultando en un área de sitio de 22,800 m<sup>2</sup>, e incrementando a 35,000 m<sup>2</sup> en el 2062, La expansión puede ser provista al Oeste para acomodar cualquier crecimiento en la demanda esperada después del 2062.
- ⊕ Un hangar único de aeronave de ala fija con una profundidad de 50 se indica, sin embargo una serie de hangares más pequeños pueden ser provistos, en dependencia de lo que se discuta con los usuarios.
- ⊕ El lado tierra de ambos helicópteros y aeronaves de ala fija tienen una anchura de 40 m, y son accedidos por el lado Este del final de la Avenida A-A.

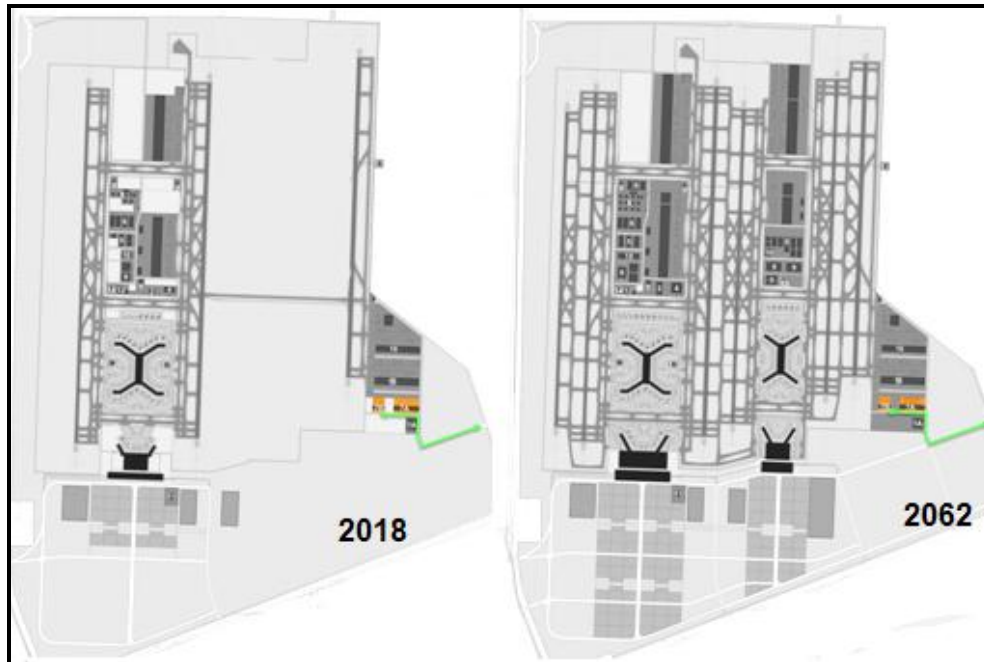


Figura II.59 Aviación General.

#### II.2.4.3 Centro para la Administración de la Seguridad y Respuesta a Actos Ilícitos y Emergencias (CCO/COE)

Esta instalación necesitará operar en cercana coordinación con el Centro de Control de Operaciones del Aeropuerto (CCOA), localizado en el Nivel 4 de la terminal de pasajeros. Un área preliminar para el edificio es propuesta para el 2018 y el 2062 de 1,600 m<sup>2</sup>, para acomodar las bahías de los vehículos de respuesta de emergencia (con las instalaciones de mantenimiento relacionadas), oficinas, almacenamiento, instalaciones para el personal (taquillas, baños, cocina), recarga de radio e instalaciones de comunicación y perreras caninas. El parqueo del personal del lado tierra será también provisto. Discusiones detalladas con el operador de la instalación deberán considerarse para confirmar los requerimientos operacionales y de espacio para este edificio.

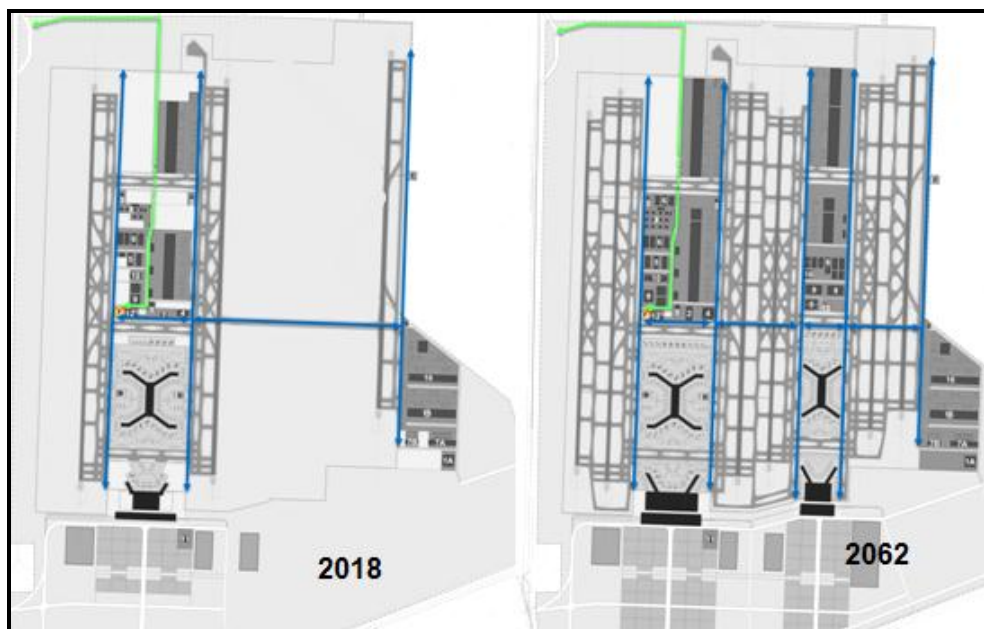


Figura II.60 Centro de Seguridad y Respuestas a actos Ilícitos.

#### II.2.4.4 Centro de logística

La siguiente tabla resume los requerimientos del centro logístico que centralizará el almacenamiento de productos y las operaciones de seguridad para el procesador de la terminal y sus satélites. Las áreas de edificios se basan en un porcentaje de la superficie de las zonas comerciales programadas, a lo que se añaden tolerancias para el lado tierra y el lado aire.

Tabla II.13 Requerimientos del centro logístico.

		Existente	2018	2023	2028	2062
Datos y suposiciones clave de pronóstico	MPPA	NA	36.65	48.63	57.47	119.05
	m <sup>2</sup> por MPPA	NA	250	250	250	250
Centro logístico del aeropuerto	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )	NA	22903	30392	35920	74404
	Edificios (m <sup>2</sup> )	NA	9161	12157	14368	29762
	Lado tierra (m <sup>2</sup> )	NA	9161	12157	14368	29762
	Plataforma (m <sup>2</sup> )	NA	4581	6078	7184	14881

Se tendrán dos áreas para el desarrollo de las instalaciones del centro de logística; la primera en la zona de operaciones Oeste, y la segunda en la zona de operaciones Este.

Los diseños del plan de sitio y las etapas para los años de planificación se describen a continuación y se ilustran en la figura de abajo.

- ⊕ El desarrollo para la Fase 1 (2018) para logística se encuentra en la zona de operaciones Oeste en el área de apoyo, al norte del Satélite de la terminal y provee una superficie de edificio de 10,000 m<sup>2</sup>.
- ⊕ Esta instalación está planeada para expandirse después del 2028 y dar cabida a hasta dos tercios (67%) del total del sitio en del 2062 y los requerimientos del diseño del edificio 20,000 m<sup>2</sup>.
- ⊕ Tiene acceso terrestre desde la calle de servicio que entra al sitio del aeropuerto desde el norte.
- ⊕ Un segundo centro logístico, previsto para alojar el tercio restante (33%) de la demanda de servicios de logística, se encuentra en la parte sur de la zona de la zona de operaciones Este, y está provista de un terreno con una superficie del edificio de 10,000 m<sup>2</sup>.
- ⊕ Esta segunda instalación dará servicio al satélite de la segunda terminal durante el período de planificación 2028-2062. El acceso al lado tierra de la misma será directamente por el norte del recinto aeroportuario.
- ⊕ Todos los materiales y los bienes que van a pasar por el lado aire, los edificios de la terminal de pasajeros u otras áreas seguras, deben ser chequeadas por seguridad antes de ser entregadas. Esto incluye los artículos que estarán a la venta en las zonas comerciales, correo, o partes de equipos.
- ⊕ El acceso directo y seguro del lado aire al satélite de la terminal se realiza a través de un túnel por debajo de las calles de rodaje de cruce hacia el norte del satélite.



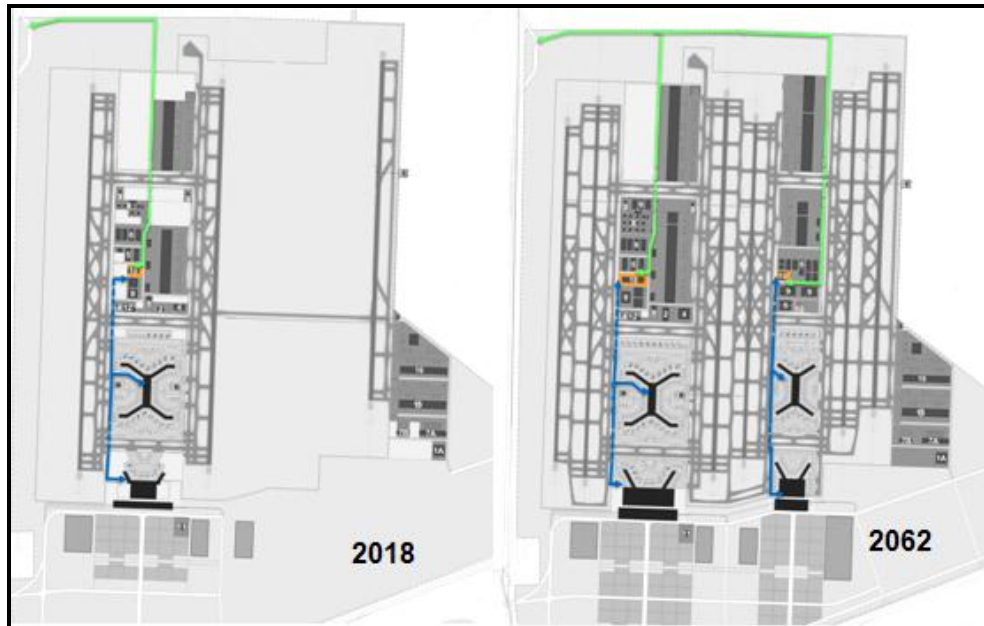


Figura II.61 Instalaciones del centro de logística.

#### II.2.4.5 Administración del aeropuerto

El aeropuerto contara con un área para el desarrollo de las instalaciones de administración del aeropuerto. Las instalaciones de administración del aeropuerto asume que el 30% de los requerimientos se ubicarán en la nueva terminal y el 70% restante en un edificio de administración separado este 70% equivale a las zonas netas de edificios de 8,000 m<sup>2</sup> en 2018, 10,600 m<sup>2</sup> en el 2023, 12,550 m<sup>2</sup> en 2028, y 26,000 m<sup>2</sup> en 2062.

- ⊕ El plan para el 2062 propone un sitio de 50,000 m<sup>2</sup> en Aerotrópolis , inmediateamente al sur de la terminal de pasajeros. Esta área del sitio se mantiene constante a través de los años de planificación precedentes, pero se podría aumentar en tamaño si es necesario para acomodar los requerimientos más allá del 2062.
- ⊕ La huella del edificio indicada es de 6,400 m<sup>2</sup> (80m x 80m), que supone el desarrollo en fases de un edificio de oficinas de 4 niveles para cumplir con el requerimiento de la superficie construida de 26,000 m<sup>2</sup> para el 2062. En la siguiente figura se muestra la ubicación del área de administración del aeropuerto.



Figura II.62 Instalaciones del área de administración.

#### II.2.4.6 Planta Central de Servicios

El aeropuerto tendrá un área para el desarrollo de la Planta Central de Servicios. La Planta Central de Servicios y el patio para servicio al equipo ocuparán aproximadamente un área de sitio 30,000 m<sup>2</sup>. El edificio de la Planta Central de Servicios será de aproximadamente 10,000 m<sup>2</sup> e incluye una sala de equipos en planta baja, oficinas y sala de control entreplanta y zonas de mantenimiento y almacenamiento de piezas. El techo de la Planta Central de Servicios se utilizará para contener las torres de refrigeración.

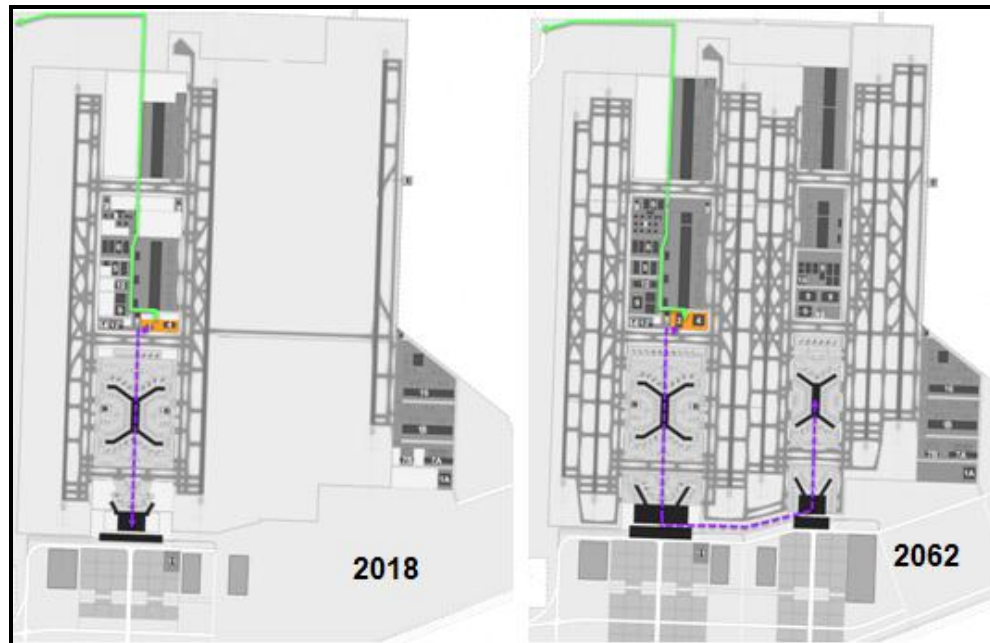


Figura II.63 Planta Central de Servicios.

#### ⊕ Mecánico

La Planta Central de Servicios consistirá en un sistema de agua fría y un sistema de agua caliente donde el calor es producido por un sistema de cogeneración. Todas las cargas para la Planta Central de Servicios en energía de emergencia serán soportadas por los generadores de diesel locales ubicados en el patio de servicios. La capacidad aproximada del sistema de agua fría es de 16,000 toneladas y será generado por enfriadores eléctricos. El calor expulsado de la planta será a través de torres de refrigeración por evaporación que se encuentran en el techo de la Planta Central de Servicios. La capacidad aproximada del sistema de agua caliente de calefacción es de 37,800 kW y será generado por el calor residual que proporciona el sistema de cogeneración. Se proporcionarán calderas de agua caliente adicionales para redundancia, según sea necesario. Todos los componentes principales recibirán energía. Todas las cargas y capacidades de equipos están diseñadas para soportar cargas hasta la Fase del 2023. Las cargas adicionales esperadas después de esta fase se podrán alcanzar con el uso de una Planta Central de Servicios adicional.

#### ⊕ Eléctrico

Con el fin de proveer la suficiente energía para las operaciones del aeropuerto, se proporcionarán dos subestaciones receptoras para proveer servicios de energía eléctrica para el Proyecto. Las subestaciones receptoras a su vez se alimentarán desde las subestaciones de transmisión separadas. El equipo de infraestructura ocupará una dimensión de manera que en caso de falla de cualquiera, la subestación receptora transferirá todas las cargas de la subestación receptora que funciona correctamente.

La energía de ambas subestaciones receptoras se alimentará a 23 kV a la Planta Central de Servicios. En la Planta Central de Servicios, plantas de cogeneración de ciclo combinadas alimentarán de energía al sistema de distribución de potencia de 23 kV. Estas plantas de cogeneración funcionarán de manera paralela con la red para el funcionamiento óptimo de las plantas y para abastecer de energía eléctrica de alta resistencia al aeropuerto. Las plantas de cogeneración serán modulares en capacidad, con la posibilidad de agregar unidades adicionales cuando la carga del aeropuerto vaya creciendo.

Después de la distribución de la corriente de 23 kV, todas las cargas críticas serán recibidas mediante subestaciones de doble terminal. Las cargas de seguridad (de emergencia) serán recibidas por los generadores de diesel locales.

Las cargas más críticas como TCTA / Pistas / Calles de rodaje serán además provistas de generadores de diesel de reserva locales y sin sistemas de interruptores UPS para satisfacer las cargas operativas críticas. Las principales salas de comunicaciones dispondrán de UPS sin interruptores.

Se proporcionará la generación fotovoltaica de todo el sitio, calculando que se podría generar una potencia de hasta 10 MW utilizando el sistema fotovoltaico en el aeropuerto para 2062. Para 2018 está establecido un objetivo de generación fotovoltaica de 5 MW.

La generación de energía consistirá en generadores fotovoltaicos que van desde 50 kW hasta 500 kW de capacidad y será distribuido en varios lugares sobre la base de áreas factibles disponibles. La energía generada por los sistemas fotovoltaicos se vinculará a la distribución local de electricidad trifásica a 480 V.

Dentro de la Planta Central de Servicios estará el conmutador de 23 kV distribuyendo la energía a todo el recinto del aeropuerto. Desde las principales celdas de distribución, la energía será distribuida a 23 kV ubicadas en todo el sitio.

#### ⊕ Plomería

Habrá un almacén de agua potable prevista para un día en la Planta Central de Servicios para el aeropuerto. Esto evitará tensiones innecesarias sobre los servicios de abastecimiento local de agua para atender la demanda pico. Se prevé que el nivel del agua en los tanques bajará durante las horas pico del día y que se repondrán durante la hora no pico y la noche. Los tanques se encuentran fuera de la Planta Central de Servicios debido a su tamaño. Las bombas de agua se encuentran dentro de la Planta Central de Servicios. Los tanques se han dimensionado para almacenar 1,800 m<sup>3</sup> para la primera fase, dispuestos como 3 tanques que sostienen cada uno 600 m<sup>3</sup> de agua, las fases posteriores añadirán 600 m<sup>3</sup> tanques adicionales, y dentro de la construcción final, se considera que se necesitarán 3,000 m<sup>3</sup> de almacenamiento de agua. Los tanques están organizados en múltiplos para permitir drenar la limpieza y el mantenimiento de un solo tanque mientras que se mantiene un almacenamiento activo para abastecer las necesidades del aeropuerto. El flujo máximo durante la primera fase es de 85 l/s y de 150 l/s durante la última fase de construcción. Las bombas se organizarán en paralelo con múltiples bombas utilizadas para abastecer la demanda, lo que permitirá que se les pueda dar mantenimiento a las bombas y puedan ser reemplazadas, mientras se mantiene un suministro activo al aeropuerto. Debido al gran volumen de agua almacenada es necesario tratar el agua mediante el uso de dióxido de cloro o un desinfectante similar con propiedades residuales.

Los tanques de almacenamiento de combustible para abastecer a los generadores de emergencia se localizarán en el patio de servicios de la Planta Central de Servicios y configurarse como pared doble sobre los tanques de almacenamiento en tierra. Cada tanque tendrá 8,000 galones de combustible y se agregarán a medida que aumente la capacidad del aeropuerto, añadido como los aumentos de capacidad aeroportuaria. Inicialmente, se requerirán dos tanques para abastecer los generadores.

Se requerirán tanques de propano para suministrar GLP a las instalaciones de cocina en el aeropuerto. Los tanques se han dimensionado en 30,000 galones (50,000 kg) para la fase inicial y 60,000 galones (122,634 kg) hacia el final de la construcción. Los tanques deberán acomodarse en múltiplos de tanques de 10,000 galones (20,439 kg).

La Planta Central de Servicios, como se ha descrito anteriormente, tiene la intención de dar cabida a las demandas y cargas del aeropuerto esperadas para la fase del 2023. Después de ese momento, una Planta Central de Servicios adicional tendrá que ser diseñada y construida para dar cabida a las futuras cargas de las siguientes fases. Se espera que esta Planta Central de Servicios se localice junto a la Planta Central de Servicios y aproximadamente agregar otros 30,000 m<sup>2</sup> de superficie del sitio y 10,000 m<sup>2</sup> en el área de la distribución. En total, al final de la fase de 2062, la Planta Central de Servicios del aeropuerto debe ser de aproximadamente 60,000 m<sup>2</sup> de superficie del sitio y 20,000 m<sup>2</sup> en el área de la distribución.

#### II.2.4.7 Instalaciones militares y de gobierno

El aeropuerto contara con un área para el desarrollo de las instalaciones militares y gubernamentales. Está provista un área de tierra de 30 ha en la parte sureste del sitio NAICM (al norte del centro logístico) para la reurbanización de instalaciones similares – esto está sujeto a discusión detallada con los organismos implicados.

- ⊕ El acceso de la calle de rodaje al sitio es a través del sistema de pistas.
- ⊕ El acceso al lado tierra del aeropuerto será por la parte Este de la Avenida A-A. La calle de acceso estará controlada por seguridad en la parte que entra hacia el área de hangar de gobierno.
- ⊕ La construcción de las nuevas instalaciones se considera parte del desarrollo del aeropuerto en 2018.
- ⊕ La consolidación de las nuevas instalaciones de NAICM a un número reducido de hangares más grandes es recomendada por razones de flexibilidad y economía.
- ⊕ Se provee también un espacio para expansión hacia el norte, cerca de las instalaciones militares, en caso de que así se requiera.

Se asume que las instalaciones militares serán construidas para la Fase 1 en el 2018, y no serán expandidas durante las fases subsecuentes del desarrollo del aeropuerto, sin embargo una franja de 100 m de ancho es provista entre las áreas militares y de los hangares de gobierno para acomodar el crecimiento futuro de cualquiera de estas instalaciones si así se requiere.

- ⊕ El acceso será directo a la pista 1R-19L (Pista 6), vía una calle de rodaje paralela parcial.
- ⊕ Se asume que esta pista estará dedicada para el uso militar y de gobierno siguiendo la fase inicial de desarrollo del aeropuerto del 2018, pero también acomodara tráfico comercial durante las fases de expansión subsecuentes.
- ⊕ Una sola calle de rodaje de cruce conectando las pistas 18R-36L y 01R-19L (Pistas 3 y 6) es provista para el 2018, incrementando a una conexión dual en el 2023 para así manejar la demanda comercial adicional.
- ⊕ Todas las calles de rodaje de salida rápida propuestas para la pista 01R-19L serán provistas para el 2018, sin embargo algunas de estas podrán ser demoradas hasta el 2023, con la correspondiente disrupción operacional que ocurre cuando estas son construidas.
- ⊕ El área total de sitio será de 408,200 m<sup>2</sup>, lo cual excede al área de plataforma y de hangar en Santa Lucia combinadas que son de aproximadamente 238,000 m<sup>2</sup>, y provee una concesión para la circulación e instalaciones de lado tierra.
- ⊕ El plano del sitio que incluye posiciones de parqueo de aeronaves indicativas, calles de rodajes de plataforma y hangares. El área combinada de los dos hangares será de 68,300 m<sup>2</sup>.

El acceso al lado tierra se encuentra en una calle norte/sur que se conecta a la parte este de la Avenida A-A. Esta calle estará controlada por seguridad donde entra a la zona de hangares gubernamentales y hacia el sur del complejo de edificios militares.

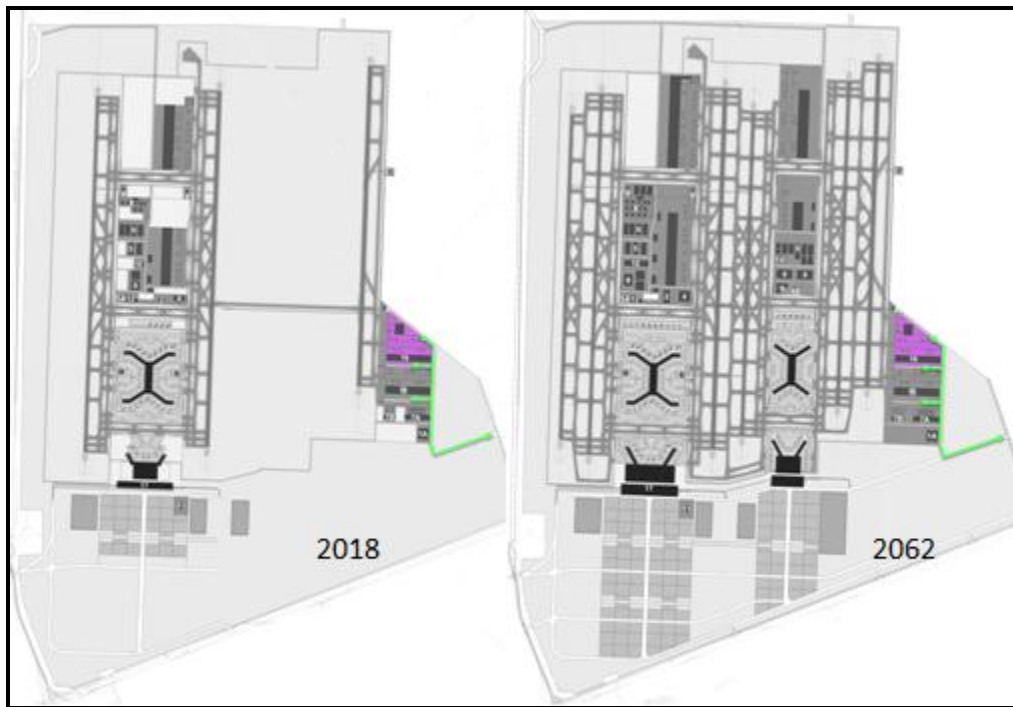
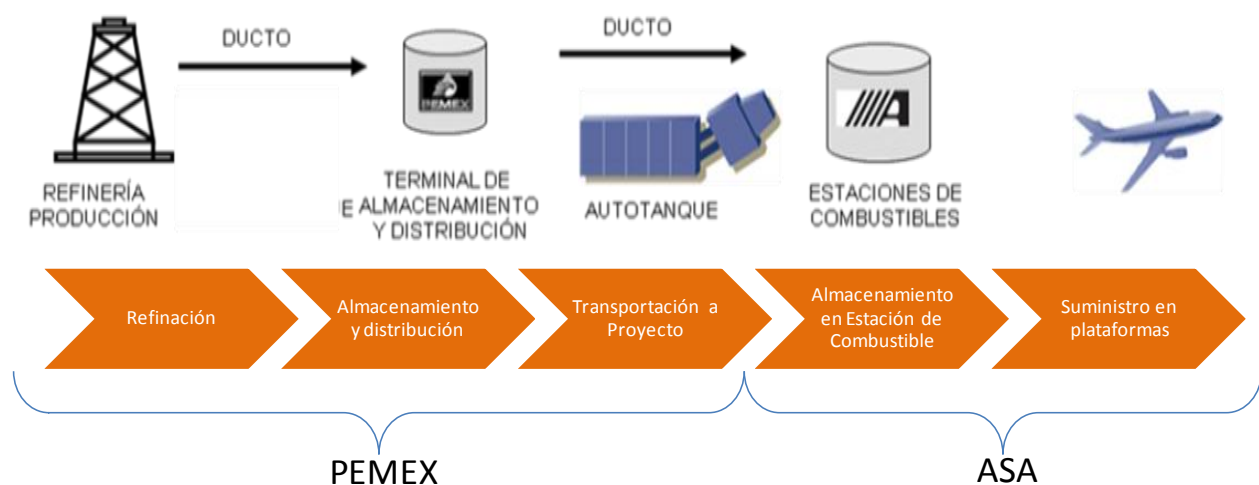


Figura II.64 Instalaciones militares y de gobierno.

#### II.2.4.1 Instalaciones de combustible

Las instalaciones de combustible son una parte crítica de la infraestructura del NAICM, ya que el combustible de aviación es un producto altamente inflamable. Las instalaciones se apegarán a las normas aplicables de la industria y de seguridad operacional.

La entrega de combustible será por parte de PEMEX, para determinar la entrega se realizará una programación mensual.



El sistema de recepción, almacenamiento y distribución de combustible (turbosina) a la instalación se realizará de la siguiente manera:

- ⊕ Llegada del turbosinoducto de Pemex proveniente de Tula: Se considera la llegada del turbosinoducto de Pemex de 12 pulgadas de diámetro, proveniente de la Refinería de Tula, Hidalgo, al área de tanques de almacenamiento de turbosina del NAICM.

- ⊕ Almacenamiento de turbosina en el NAICM: Se considera la instalación de 6 tanques de almacenamiento de turbosina en la Fase 1, con una capacidad de 66,600 barriles cada uno, y al finalizar se tendrán 12 tanques.
- ⊕ Suministro de turbosina al sistema de abastecimiento en plataforma: Se considera el bombeo y la salida de combustible del área de tanques de almacenamiento al sistema de suministro de turbosina a plataformas, mediante dos ductos de 24 pulgadas de diámetro.

El ducto de 300 mm de diámetro (12 pulgadas) proveniente de la Refinería de Tula, suministrará turbosina a los tanques de almacenamiento. El diseño del flujo de combustible se basará en un esquema con horario de entrega de 16 horas por día (8:00 a 23:59).

La siguiente tabla muestra el tamaño mínimo sugerido para el ducto, el tamaño es en relación con las 16 horas de operación diarias y una tasa de flujo de 10 ft/s (3.05 m/s) por año. El tamaño estimado que se requiere para el ducto es de 14 pulgadas (350 mm) diámetro.

Tabla II.14 Cálculo del ducto de turbosina.

Año del diseño	Suministro diario de combustible (galones/ barriles)	Tasa de flujo (gpm / l/s)	Diámetro del ducto (pulgadas/ mm)
2013	1 366 497 / 32 535	1 423 / 90	8 / 200
2018	1 457 512 / 34 702	1 518 / 96	8 / 200
2023	2 332 045 / 55 525	2 429 / 154	10 / 250
2028	2 668 869 / 63 545	2 780 / 175	12 / 300
2062	4 797 724 / 114 232	4 997 / 315	14 / 350

El área de instalaciones de almacenamiento de combustible se desarrollara en un sitio con buena nivelación, se tendrá una berma de 2 m de alto alrededor del área de almacenamiento para aislarlo de otras instalaciones a manera que contenga los potenciales derrames de turbosina. El área de almacenamiento y los tanques de almacenamiento de combustible cumplirán con el Código Internacional Contra incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA30, edición 2012) y la Norma 407 sobre Abastecimiento de Combustible en Aeronaves (edición 2012).

Las plataformas y puestos de estacionamiento contarán con un sistema de abastecimiento de combustible, dos tuberías de combustible de 600 mm (24 in) que saldrán del área de los tanques de almacenamiento abastecerán turbosina a la tubería de combustible de la plataforma y los puestos de la terminal.

La siguiente figura muestra la ubicación de los ductos de turbosina en la Fase 1.

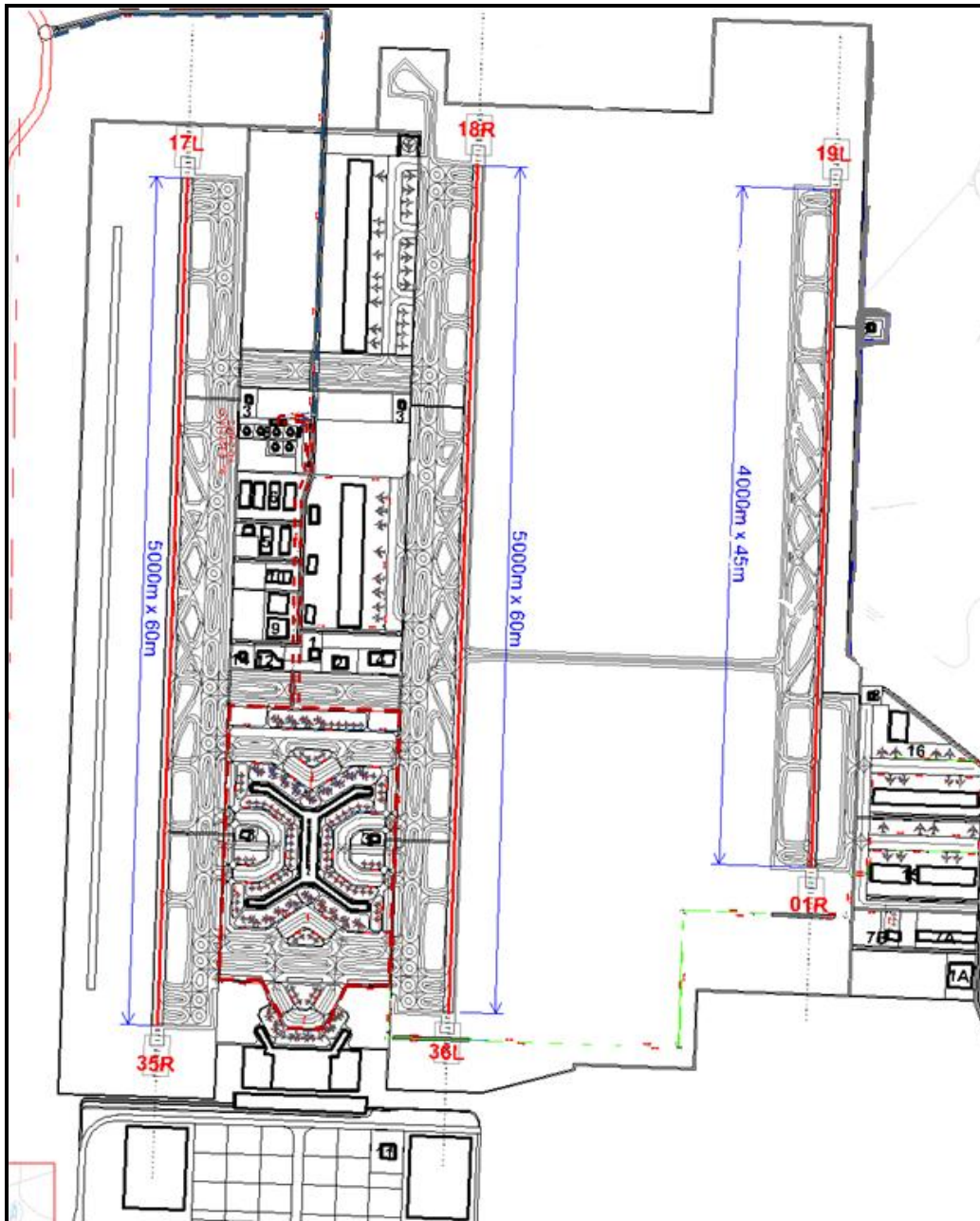


Figura II.65 Ubicación de los ductos en Fase 1.

La figura siguiente muestra el área de las instalaciones de combustible. En 2062 se tendrá el máximo crecimiento de esta área con un total de 12 tanques de almacenamiento de 66,600 barriles (799,200 barriles).

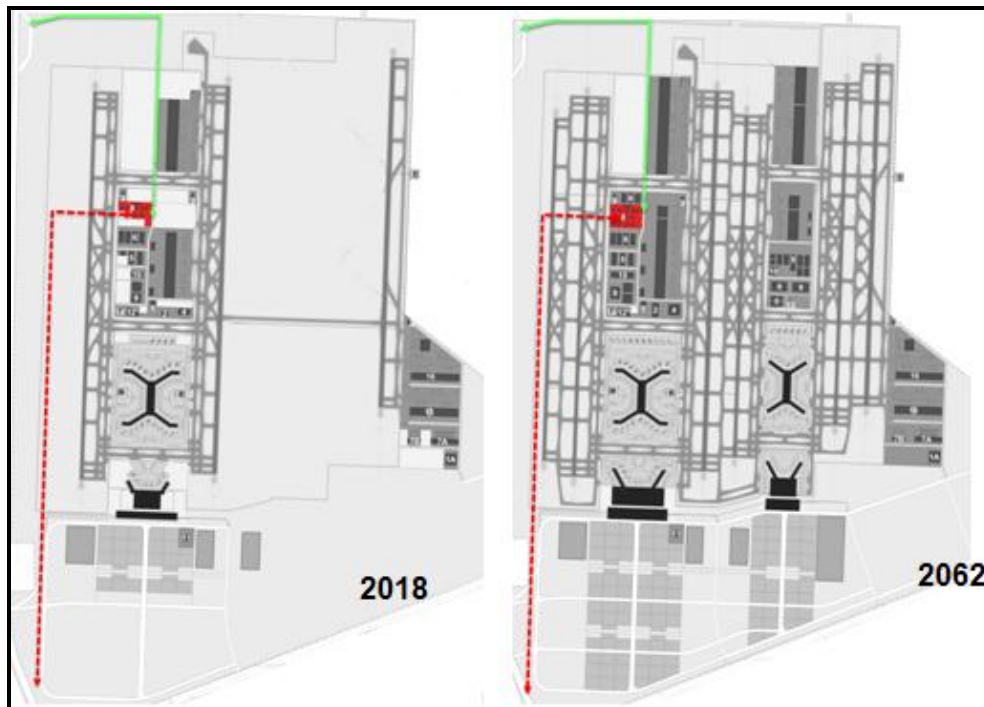


Figura II.66 Ubicación de las instalaciones de combustible.

La contención de derrames y otras descargas accidentales de combustible incluye:

- ⊕ Pavimento de concreto, bordes de contención y otras infraestructuras de control de derrames en las estaciones de carga y descarga de camiones
- ⊕ Depósitos de doble pared, en los que la pared exterior sirve como contención secundaria, o diques de contención alrededor de los tanques de una sola pared
- ⊕ Sistemas de tuberías subterráneas de doble pared con sistemas de detección de fugas
- ⊕ Separadores de aceite y agua que se instalan como parte del sistema de drenaje de aguas pluviales

Los siguientes componentes tendrán las cimentaciones adecuadas para asegurar que los asentamientos diferenciales se eliminen (o se controlen a rangos de tolerancia de no más de 25 mm/1") y que los componentes mantengan las mismas elevaciones entre sí:

- ⊕ Muros circulares que dan soporte a los tanques de almacenamiento de combustible que están sobre la superficie
- ⊕ Tubería superficial de las instalaciones de combustible, apoyada regularmente sobre soportes duales de tubería
- ⊕ Estación de bombeo

Las operaciones de transferencia de custodia consisten en medir y reportar la cantidad de combustible que se mueve hacia los tanques de almacenamiento y fuera del almacenamiento, recibos de recepción de Pemex, recibos de autotanques de combustible, el combustible que se carga en los reabastecedores y el combustible que se carga en las aeronaves. Las emisiones de combustible y los recibos de recepción de combustible serán iguales en una situación ideal.

Para las recepciones de combustible se harán pruebas de agua, tierra (prueba de miliporos), densidad, claridad y color para asegurar que el combustible sea turbosina y que esté en condiciones aceptables. Estas pruebas se realizarán utilizando equipo en el área de recepción.

Para las emisiones de combustible, cada vehículo de combustible estará equipado con medidores que tengan impresión de boletas y/o transmisores para reportar la cantidad de combustible entregada a la sala de control. Todo el combustible que se drene en forma manual de los tanques se medirá, reportará y documentará para ser entregado a la sala de control.



Se realizó un análisis de los tanques de almacenamiento para determinar cuál es el tamaño óptimo que deben tener con base en los requerimientos de almacenamiento de combustible para 7 días para los años 2013, 2018, 2023, 2028 y 2062. La cantidad de almacenamiento y el tamaño del tanque se determinaron haciendo la división del consumo de 7 días para abastecimiento del NAICM entre el número sugerido de tanques por año hasta que se obtuvo una constante de tamaño para cada uno. Se empleó un rango de nivel de fluido operacional de 42 ft para determinar el diámetro del tanque. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla II.15 Cálculo de las dimensiones y número de tanques de almacenamiento de turbosina en el Proyecto.

Año de diseño	Número de tanques	Tamaño del tanque (barriles)	Diámetro del tanque (Pies/metros)
2013	3	74,250	125 / 38.1
2018	4	60,730	113 / 34.5
2023	6	64,800	117 / 35.7
2028	7	63,550	115 / 35.1
2062	12	66,600	118 / 36

La siguiente tabla muestra el número y el tamaño de los tubos del abastecimiento de combustible para todos los suministros a las aeronaves por medio de un sistema que utilizan una velocidad máxima de flujo de 6 a 7 ft/s (1.83 a 2.13 m/s).

Tabla II.16 Cálculo de las dimensiones del sistema de abastecimiento de combustible.

Año de diseño	Tasa e flujo total (gpm)	Tasa de flujo para cada uno de 2 tubos (gpm)	Tamaño del ducto para cada uno de 2 tubos (pulgadas/mm)
2013	8 775	4 388	18 / 450
2018	9 306	4 653	18 / 450
2023	11 475	5 738	20 / 500
2028	11 994	5 997	20 / 500
2062	18 394	9 197	24 / 600

La capacidad mínima requerida para la estación de bombeo, ya sea para los tanques de carga de la aeronave o para el suministro de combustible al sistema de hidrantes, o ambos, es igual a la tasa de flujo de la demanda de combustible del aeropuerto. El cálculo de la capacidad se muestra en la siguiente tabla.

Tabla II.17 Cálculo del sistema de abastecimiento de combustible a red..

Año del diseño	Tasa de flujo total (gpm)	Capacidad de la estación de bombeo (gpm)	Cantidad de bombas	Capacidad de las bombas (gpm)	Cantidad de separadores de filtros	Capacidad de separadores de filtros (gpm)
2013	8 775	9 000	11	1 000	11	1 250
2018	9 306	10 000	12	1 000	12	1 250
2023	11 475	12 000	14	1 000	14	1 250
2028	11 994	12 000	14	1 000	14	1 250
2062	18 394	18 000	20	1 000	20	1 250

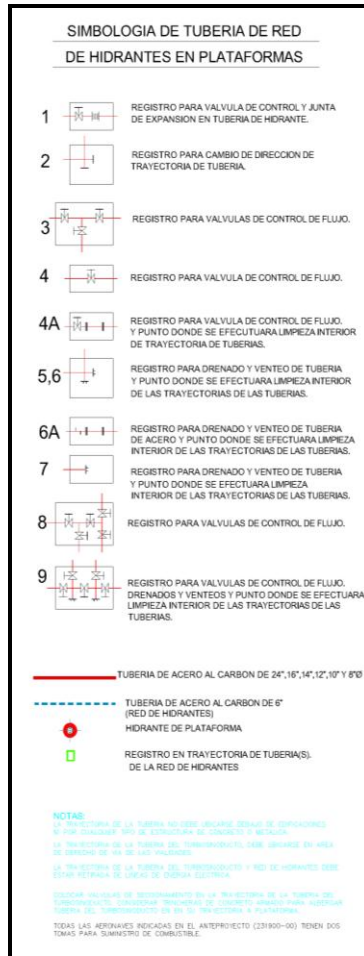


Figura II.67 Nomenclatura del sistema de abastecimiento de combustible.

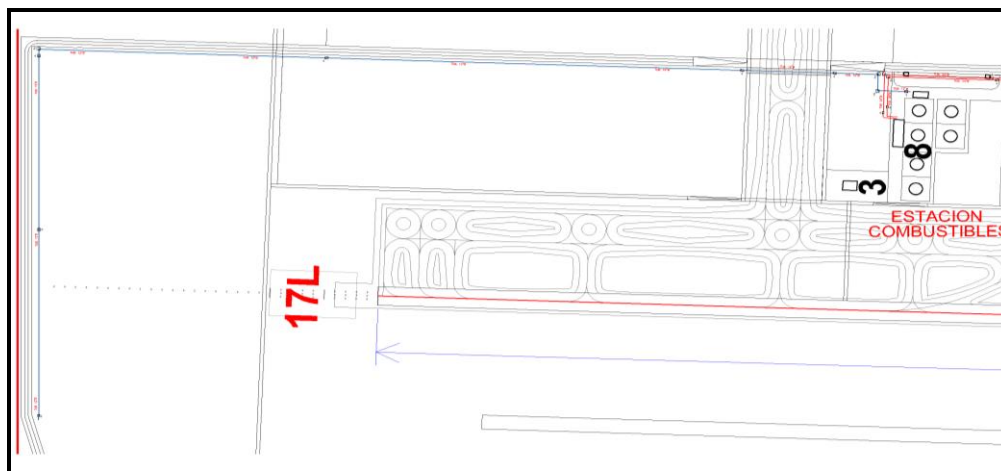


Figura II.68 Trayectoria del ducto de 12" de diámetro de llegada de turbosina al Proyecto.



Figura II.69 Trayectoria de los ductos de 24" de suministro de turbinas a red de abastecimiento.

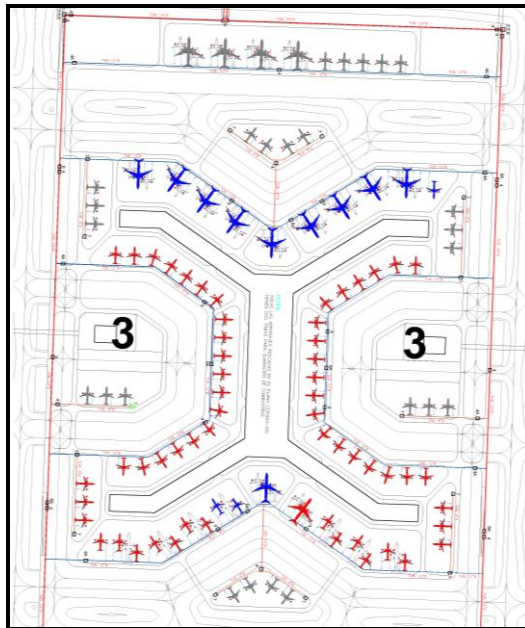


Figura II.70 Red de abastecimiento en plataformas del satélite Oeste del Proyecto.

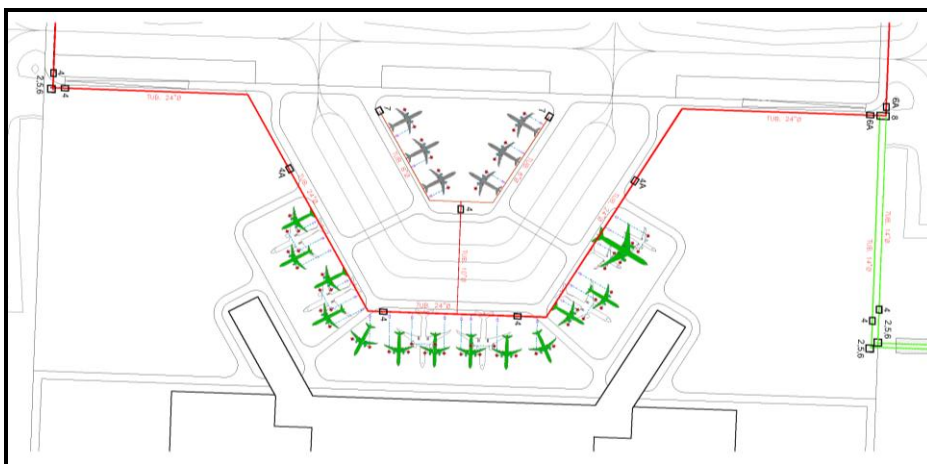


Figura II.71 Sistema de abastecimiento en plataforma principal del Proyecto.

#### II.2.4.1.1 Condiciones de operación

A continuación se presentan las condiciones de operación del sistema de distribución de combustible en el NAICM.

- ⊕ Ducto recepción de turbosina:
  - Temperatura: ambiente
  - Diámetro del ducto: 14" (350 mm)
  - Gasto a manejar: 4 997 gpm (315 l/s)
- ⊕ Tanques de almacenamiento de turbosina:
  - Presión: atmosférica
  - Temperatura: ambiente
  - Capacidad 66,600 barriles (10589.4 m<sup>3</sup>)
  - Dimensión de los diques: 80x80 m = 6400 m<sup>2</sup>
  - Altura del fluido en el dique en caso de derrame total: 1.654 m
- ⊕ Ducto de suministro a la red de abastecimiento de combustible:
  - Diámetro del ducto: 24" (600 mm)
  - Gasto a manejar: 9 197 gpm
  - Presión máxima permitida en "estado constante": 285 psig (20 bar)
  - Presión de diseño para el sistema de abastecimiento de combustible: 150 psig (10 bar)
  - Presión mínima de operación a la salida de la válvula del hidrante: 75 psig (5.2 bar)
- ⊕ Sistema de abastecimiento en plataforma:
  - Diámetro del ducto: 6" (152.4 mm) de acero al carbón
  - Gasto a manejar: 300 gpm (máximo)
  - Presión de diseño para el sistema de abastecimiento de hidrantes: 150 psig (10 bar)
  - Presión mínima de operación a la salida de la válvula del hidrante: 75 psig (5.2 bar)

En los siguientes apartados se presentan las características del sistema de abastecimiento de combustible.

#### II.2.5 Aerotrópolis

Aerotrópolis ofrecerá oportunidades de desarrollo para bienes raíces comerciales de clase mundial para atender a los viajeros, empleados que trabajan en el aeropuerto y las comunidades ubicadas en las cercanías del aeropuerto. Este objetivo se logrará con la ubicación estratégica, de desarrollos comerciales, parques empresariales y zonas de libre comercio, en su caso, en las zonas que no sólo representan el mayor y mejor uso de la propiedad del aeropuerto, sino que también permitan la maximización y diversificación de los ingresos del aeropuerto. Asegurar la compatibilidad con las operaciones del aeropuerto, al tiempo que se garantice su crecimiento y desarrollo a largo plazo, es de vital importancia.

El desarrollo comercial se concentrará en la zona comprendida entre el edificio terminal y la Autopista Peñón – Texcoco conocida como Aerotrópolis, deberá integrar los esfuerzos de planificación del aeropuerto con los nacionales, locales y aquellos de los municipios regionales, para estimular el crecimiento económico y garantizar el cumplimiento de los planes aplicables uso de suelo y transporte. Este esfuerzo de planificación integrado debería dar lugar a la asignación de usos de suelo en las cercanías del aeropuerto que sean compatibles con las operaciones aeroportuarias (es decir, la restricción de los usos residenciales dentro de las áreas de impacto de ruido o ciertos desarrollos comerciales dentro de las zonas de seguridad del aeropuerto) y al desarrollo de las zonas comerciales que beneficiarán tanto al aeropuerto, como a las comunidades locales.

Aerotrópolis tendrá un total de aproximadamente 375 ha para el desarrollo comercial, está organizada en dos grandes parcelas de terreno situadas entre tres "calzadas arboladas" que se alinean con las tres trayectorias de vuelo. Estas calzadas han sido asignadas a las principales vías de acceso que se serán adornadas con jardines y áreas verdes adecuadas para proporcionar un viaje estéticamente agradable hacia y desde la zona de la terminal. Estas zonas también pueden ser utilizadas para el estacionamiento de largo plazo, campos de juego, agricultura y otros usos de baja intensidad. Las zonas comerciales han sido organizadas en una serie de bloques de aproximadamente 150 por 175 m, dentro de una jerarquía de vías de acceso y de tránsito. Están previstas dos estaciones de tren y de metro a lo largo del borde norte de la Aerotrópolis. La estación este también servirá a la terminal principal y la estación oeste ha sido alineada para servir a una segunda terminal que en el futuro estará ubicada en la zona de operaciones oeste. Están previstas dos estaciones de metro adicionales para servir las partes centrales de los desarrollos comerciales este y oeste. Rutas de autobuses, parques y vías peatonales también han sido incluidas como se muestra en la siguiente figura.

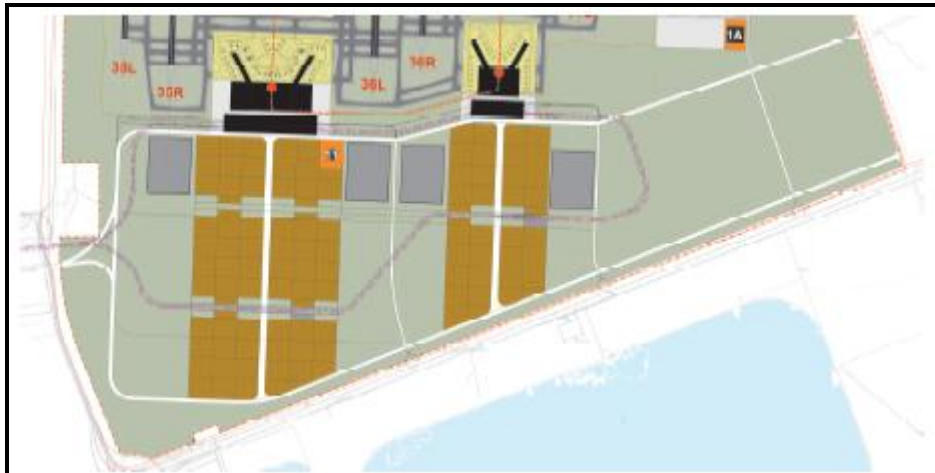


Figura II.72 Distribución de Aerotrópolis.

La accesibilidad social es la base del programa del lado tierra y del uso del terreno. Este deberá ser un Proyecto que contribuya al desarrollo económico de todos los mexicanos, que mejore la calidad de vida de los trabajadores del aeropuerto y de las áreas cercanas. Los aspectos sociales del Proyecto definirán su éxito tanto como sus impactos económicos.

El diseño del paisaje es vital y la experiencia visual y social de los usuarios y empleados del aeropuerto, así como de los trabajadores de Aerotrópolis, se integrarán en el diseño. Se creará un ambiente público sólido para fomentar actividades al aire libre, ofrecer espacios naturales para las personas y una infraestructura "verde", creando un ambiente que estimule y apoye el desarrollo de alta calidad y el resultante desarrollo y oportunidades económicas.

### II.3. Descripción de obras de trabajo

El desarrollo del Proyecto se llevara en 4 Fases para las etapas de Preparación del sitio y Construcción; las cuales se llevaran a cabo de la siguiente manera:

1. Fase 1 (2014-2018): Contempla el desarrollo de tres pistas de despegue/aterrizaje (pistas 2, 3 y 6) con capacidad suficiente para el crecimiento, edificio de la Terminal de pasajeros, una plataforma para aeronaves, se construirá la red viaria del lado tierra, que incluye carreteras, vías de tránsito, bordillos y aparcamiento, será el inicio del desarrollo para la Aerotrópolis, se construirán áreas de carga/aduanas, construcción de instalaciones gubernamentales y militares, se construirá el área de Control de tráfico aéreo, la Planta de tratamiento de Aguas Residuales, las áreas para el servicio de bomberos y extinción de incendios, la Planta Central de Servicios, el edificio para el equipo del sistema de tierras, edificio de mantenimiento, en esta Fase del Proyecto se construirá el Helipuerto y el Centro de Control del aeropuerto/Centro de Operaciones de Emergencia.
2. Fase 2 (2018-2023): En la Fase 2 el Proyecto se construirá la pista 4, habrá una ampliación de la extensión de la segunda línea del Metro al centro de transporte terrestre a través de la ruta de Aerotrópolis, se ampliara la Terminal de pasajeros, las instalaciones logísticas, los edificios de mantenimiento, los edificios de mantenimiento para aeronaves, los edificios para el equipo del sistema de tierras, las instalaciones de avituallamiento, las áreas de carga/aduanas y la ampliación en el desarrollo de Aerotrópolis.
3. Fase 3 (2023-2028): En esta fase se construirá la pista 1, se ampliara la Terminal de pasajeros, el área de tanques de combustible, el área de los edificios de mantenimiento, el área de los edificios para el equipo del sistema de tierras, las instalaciones de avituallamiento, el área de carga/aduanas, las instalaciones de logísticas, los edificios de aeronaves, las plataformas para aeronaves y la red viaria del lado tierra.
4. Fase 4 (2028-2062): Terminación del área para la Terminal de pasajeros, conclusión de la pista 5 y la segunda área de mantenimiento para aeronaves entre las pistas 4 y 5, pavimentación total del área de soporte, ampliación del área de tanques de combustible, Planta Central de Servicios, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, área de carga/aduanas entre las pistas 2 y 3 y conclusión de una nueva área entre las pistas 4 y 5, ampliación en las instalaciones logísticas ubicadas al este del predio y construcción de otras área entre las pistas 4 y 5, reserva para la posible segunda torre de control de tráfico aéreo, plataforma para aeronaves entre las pistas 4 y 5, terminación del

área para el desarrollo de Aerotrópolis, línea del Metro y Metrobús, edificios para aviación general y transporte automatizado de personas.

Posteriormente para cada una de las fases se llevaran a cabo las pruebas pre-operativas y certificaciones con una duración de dos años. A continuación se presenta el programa general de trabajo para la Fase I la cual inicia actividades en noviembre del 2014 y termina en octubre del 2018, posteriormente contempla la puesta en Operación (pruebas pre-operativas y certificaciones) la cual iniciará en noviembre del 2014 y concluirán en junio del 2020.



### II.3.1 Preparación del sitio y Construcción

#### II.3.1.1 Rescate arqueológico

Se llevará a cabo el rescate de material arqueológico conforme a los estudios de prospección arqueológica que ha realizado y realizará el INAH.

En 2013 se efectuaron dos estudios de prospección arqueológica y salvamento en sobre el Ex - Lago de Texcoco. Estos estudios, comisionados por Aeropuertos y Servicios Auxiliares y ejecutados por la Dirección de Salvamento Arqueológico del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la Universidad Autónoma de Nuevo León.

La zona de estos estudios comprendió alrededor de 5,000 ha sobre el sitio donde se desplantarán las principales obras del Proyecto. Consistente con otros estudios de la zona y los usos recientes conocidos, el INAH reconoce que el terreno presenta un historial de intervenciones gubernamentales que han tenido entre sus objetivos principales la forestación del área, la introducción de sistemas de riego para evitar tolaneras así como para la explotación y experimentación de zonas de cultivo.

El INAH hace referencia a que en la actualidad estos terrenos son no productivos y en ellos conviven diversas aves migratorias y residentes así como algunos mamíferos pequeños.

Los objetivos de ambos estudios fueron:

- a) Desde el punto de vista institucional, prevenir y evitar afectaciones al patrimonio arqueológico
- b) Desde la perspectiva académica, efectuar el registro prehispánico e histórico en el área, proponiendo nuevas aportaciones para definir los asentamientos y distribución espacial en el lugar, partiendo del Formativo al Clásico, Posclásico, Colonial y Contemporáneo.

Después de una investigación bibliográfica y una prospección preliminar en el primer estudio, en el segundo estudio se decidió realizar 4 pozos de sondeo en cada uno de los 28 sitios que se determinaron con mayor potencial arqueológico. En ellos, los hallazgos más importantes consistieron en cuatro ofrendas, consistentes en vasijas completas fragmentadas, algunas esculturas pequeñas en piedra verde, cuentas, artefactos líticos como puntas de flecha raspadores y navajillas prismáticas de obsidiana. Asimismo, se hallaron algunos otros objetos de carácter cerámico, lítico y óseo correspondientes a periodos prehispánicos.

Estos hallazgos, permitieron confirmar la tesis histórica de que los grupos que se establecieron en las cercanías y alrededor del Lago de Texcoco efectuaban diversas actividades como la caza, pesca y recolección de diferentes especies vegetales para diversos usos. Asimismo, asociado a estas actividades, en la zona se realizaban diversos ritos relacionados con el agua, las montañas circunvecinas, eventos astronómicos y ofrecimientos a deidades vinculadas con las labores de la zona.

Por último, el INAH plantea tener una tercera etapa de prospección y salvamento, la cual tendría que ver con la vigilancia durante el proceso de cimentación de las diferentes obras constructivas, especialmente en aquellas que requieran excavaciones profundas pues es posible que, además de otros vestigios prehispánicos, se puedan detectar restos óseos de animales de la época del Pleistoceno. Al respecto, esto está contemplado en la Ley de Salvaguarda Art. 18 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas Artísticas e Históricas, que dice lo siguiente: "El Gobierno Federal, los Organismos Descentralizados y el Gobierno del Distrito Federal, cuando realicen obras, estarán obligados, con cargo a las mismas, a utilizar los servicios de antropólogos titulados, que asesoren y dirijan los rescates de arqueología bajo la dirección del Instituto Nacional de Antropología e Historia y asimismo entreguen las piezas y estudios correspondientes a este Instituto".

#### II.3.1.2 Desmonte

El desmonte se llevará a cabo mediante equipo mecánico, se retirarán los árboles, arbustos y maleza en general, colocando el producto del desmonte fuera de las instalaciones del predio de NAICM en un sitio propuesto por el contratista y avalado por la supervisión.



### II.3.1.3 Despalme

Consiste en efectuar el despalme en un espesor de 80 cm del terreno natural, en la zona indicada en el proyecto, para poder prolongar la pista en 500 m, además de la ubicación de la zona de parada y la zona de RESA. Se deberá tomar en cuenta que se construirán las franjas de seguridad aledañas a la pista considerando un ancho de 75 m a partir del eje.

El despalme para remover la capa superficial del terreno natural existente, deberá efectuarse con equipo mecánico, con cuchilla de filo recto, el cual será propuesto por el contratista, mismo que deberá estar en condiciones adecuadas sin presentar fallas de ningún tipo y previa aprobación por parte de la supervisión del organismo.

- Tipo y volumen de material de despalme

El producto de despalme será suelo orgánico y arcilla, se calcula que se retirarán 900,000 m<sup>3</sup>. El producto de despalme, se acamellonará a una distancia tal que no afecte la formación de los terraplenes, formando camellones para su posterior aprovechamiento. La disposición final del material producto del despalme se realizará en la forma y lugar indicados en el Proyecto o aprobados por la supervisión del aeropuerto.

### II.3.1.4 Terracería

Se construirán las terracerías en capas de espesor indicadas en proyecto, iniciando con la construcción de terraplén, así como la estructura del pavimento conformado por una capa de subrasante, una capa de subbase y una capa de base, con un estricto control topográfico de los trabajos y el control de la producción de los materiales pétreos para la construcción de las capas, las cuales deberán estar debidamente compactadas de acuerdo a sus características y especificaciones. El material a utilizar deberá cumplir con las especificaciones de la SCT.

#### II.3.1.4.1 Formación de terraplén

Donde lo requiera el Proyecto, se considerará la formación de una capa de terraplén de espesor variable con material producto de banco compactada al 100 % de su P. V. S. M, determinado por la prueba AASHTO ESTANDAR; con materiales areno limosos o similares.

#### II.3.1.4.2 Subrasante

Se formará la capa subrasante en un espesor variable de acuerdo a lo que indique el proyecto de material de préstamo de banco, compactada al 95% de su peso volumétrico seco máximo, obtenida en la prueba AASHTO Estándar.

#### II.3.1.4.3 Subbase

Sobre la capa subrasante se construirá una subbase hidráulica de 20 cm de espesor, empleando una mezcla de materiales pétreos producto de trituración y/o cribado, seleccionados por tamaños y mezclados con arenas limosas de banco de préstamo propuestos por el Organismo. La mezcla de materiales deberá ser una grava bien graduada (GW criterio S.U.C.S.), que cumplan con las normas de materiales de la S.C.T. y se compactará al 100% de su peso volumétrico seco máximo, AASHTO Modificada.

#### II.3.1.4.4 Base hidráulica

Sobre la capa subbase se construirá una base de 20 centímetros de espesor, empleando una mezcla de materiales pétreos producto de trituración y/o cribado, seleccionado por tamaños y mezclado con arenas limosas de banco de préstamo. La mezcla de materiales deberá ser una grava bien graduada (GW criterio S.U.C.S.), que cumplan con las normas de materiales de la S.C.T. La base se compactará al 100% de su peso volumétrico seco máximo AASHTO Modificada. Cuando se emplee motoconformadora para el mezclado y el tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporar el agua por medio de riego y mezclados sucesivos para alcanzar la humedad que fije el proyecto y hasta obtener la homogeneidad en granulometría y humedad.

La construcción de la base hidráulica para el pavimento asfáltico se realizará conforme a lo señalado en la Cláusula 3.01.03.074-F de las Normas para Construcción e Instalaciones de la SCT, con la geometría, los espesores y las características que se

indican en el proyecto, utilizando agregados totalmente triturados, procedentes de los bancos aprobados por el Organismo, siempre y cuando estos materiales cumplan con las Normas de Calidad establecida en la Especificación Particular.

– Riego de impregnación

La ejecución de los trabajos se llevará a cabo de acuerdo con la norma N.CTR.CAR.1.04.004/00. Sobre la superficie de la base hidráulica previamente barrida y ligeramente húmeda se aplicará un riego de impregnación antes de que transcurran 24 hr después de terminada, con el producto asfáltico tipo ECI-60, a razón de 1.5 lts/m<sup>2</sup> o con producto similar, previa autorización por parte de la supervisión del Organismo.

### II.3.1.5 Excavaciones

Se podrán realizar las siguientes excavaciones:

- ⊕ Excavación Común en Tierra. Es aquel material que no se asimila a la clasificación de roca ya definida y que pueden extraerse por los métodos manuales normales o mecánicos utilizando las herramientas y equipos de uso frecuente para esta clase de labor: barras, picas, palas, retroexcavadoras. Entre estos materiales están: arcilla, limo, arena, cascajo y piedras con tamaño inferior a 50 cm. (20"), sin tener en cuenta el grado de compactación o dureza y considerados en forma conjunta o independiente.
- ⊕ Excavación Seca. Se considera como seca toda excavación que no se asimile a la definición dada para la clasificación.
- ⊕ Excavación hasta 2.00 m de Profundidad. Se ejecutaran a una profundidad menor de 2.00 m medidos desde la superficie original del terreno excavado.
- ⊕ Excavación a más de 2.00 m de Profundidad. Son aquellas que por su profundidad y otras características requieren de procedimientos, herramientas y equipos.

Además se considerará la adecuación y/o construcción de drenes o canales necesarios para la conducción del agua por gravedad hacia fuera de las zonas de trabajo, en caso de lluvia. De igual manera se procederá a efectuar el desmantelamiento de las instalaciones subterráneas que deban eliminarse y proteger adecuadamente las que deban permanecer, para que no sean dañadas durante la ejecución de la obra.

### II.3.1.6 Nivelación del sitio

Se calcula un volumen aproximado de 35,448,000 m<sup>3</sup> de material requerido para la nivelación del terreno, la fuente de suministro serán los bancos localizados en los municipios de Ecatepec, Chimalhuacan, San Vicente Chicoloapan, Ixtapaluca y Texcoco.

El volumen aproximado de material sobrante o residual que se generará durante el desarrollo de estas actividades es 7,000,000 m<sup>3</sup>.

- Cortes y rellenos

El volumen aproximado de cortes durante la Fase 1 será de 7,000,000 m<sup>3</sup>, mientras que el volumen para relleno será de 15,986,000 m<sup>3</sup>, el tipo de material que se empleará será tepetate y tezontle.

En las partes en que el proyecto geométrico demande ejecutar rellenos, se producirá en diferentes capas no mayores de 20 cm, hasta lograr el nivel de proyecto, usando material producto de los cortes y/o de préstamo de banco propuesto por el contratista y designado por el organismo previo análisis de calidad a los materiales.

Para dar por terminada la construcción del relleno, se verificara con la brigada de topografía el nivel, alineamiento, perfil, sección y espesor, la compactación se verificará de acuerdo a los resultados de laboratorio, y el acabado de acuerdo con lo fijado en el Proyecto.

Una de las consideraciones fundamentales para el sitio del Proyecto es el establecimiento de las zonas de pista y sus perfiles de nivelación.

El diseño de nivelación del sitio toma en cuenta la topografía existente y trata de minimizar, mientras sea práctico, las operaciones de corte y relleno.

### II.3.1.6.1 Pendientes

Las pendientes en una plataforma, incluidas las realizadas en paradas de pista de rodaje, serán suficientes para evitar la acumulación de agua en la superficie de la plataforma, pero se mantendrán lo más nivelado que los requisitos de drenaje permitan, por lo que las pendientes irán hacia el sur. Los taludes no superarán el 1% en cualquier dirección, y tendrán un mínimo de 0.5% para permitir un drenaje adecuado.

Las pendientes longitudinales están diseñadas para garantizar el buen paso de la aeronave sobre la superficie de la pistas, evitando cambios significativos en el perfil. A lo largo ninguna parte de la pista será la pendiente longitudinal superior a:

- ⊕ 1.25% cuando el número de código sea 4, excepto para la primera y última cuarta parte de la longitud de la pista, la pendiente longitudinal no excederá el 0.8%
- ⊕ 1.5% cuando el número de código sea 3, excepto para la primera y última cuarta parte de la longitud de una pista para aproximaciones de precisión ii o iii de la pendiente longitudinal donde no excederá el 0.8%
- ⊕ 2% cuando el número de código sea 1 ó 2

Cuando los cambios de pendiente no se puedan evitar, un cambio de pendiente entre dos pendientes consecutivas serán superior a 1.5% cuando el número de código sea 3 ó 4 y 2% cuando el número de código sea 1 ó 2.

La transición de una pendiente a otra se lleva a cabo por una superficie curvada con una tasa de cambio que no exceda de 0.1% por cada 30 m cuando el número de código sea 4, 0.2% por cada 30 m cuando el número de código sea 3 y 0.4% por cada 30 m cuando el número de código sea 1 ó 2.

Las pendientes longitudinales de una calle de rodaje no podrán ser superiores a 1.5% cuando la letra de código sea C, D, E o F. Cuando los cambios de pendiente en una calle de rodaje no se puedan evitar, la transición de una pendiente a otra deberá hacerse por una superficie lisa con una tasa de variación que no exceda de:

- ⊕ 1% por cada 30 m cuando la letra código sea C, D, E o F.

Las pendientes transversales están diseñadas para promover la más rápida escurrida de aguas pluviales en la superficie de la pista. Siempre que sea posible, las pistas serán inclinadas para permitir que el agua se deslice en ambas direcciones. Las pendientes transversales idealmente serán 1.5% cuando la letra de código sea C, D, E o F.

Para una superficie de la pista inclinada, la pendiente transversal a cada lado de la línea central será simétrica, serán sustancialmente la misma en toda la longitud de la pista, excepto en una intersección con una pista de rodaje, donde se facilitará una transición, incluso teniendo en cuenta la necesidad de un drenaje adecuado.

Las pendientes transversales de una calle de rodaje serán suficientes para evitar la acumulación de agua en la superficie de las calles de rodaje, pero no excederán de 1.5% cuando la letra código sea C, D, E o F. El diseño de las pendientes transversales de las pistas y las calles de rodaje deben considerar la necesidad de remover de las superficies la escurrida del agua de pluvial de la manera más rápida y eficiente.

El sistema de abastecimiento de combustible se instalará con pendientes verticales hacia arriba y hacia abajo para crear puntos bajos para recoger el agua que esté presente en el combustible y para crear puntos altos para recoger el aire para la posterior eliminación de agua y aire del sistema de tuberías. La pendiente mínima será de 0.5 % hacia arriba o hacia abajo.

### II.3.1.7 Pavimentación

Las construcciones serán con pavimento flexible, ya que estas se reparan con más facilidad y más económicamente que los pavimentos rígidos. La Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte (AASHTO Flexible Pavement Structural Design, 1993) proporciona una guía para el diseño de los pavimentos flexibles de las vías. Para el diseño de pavimento flexible, se recomienda la siguiente construcción:

- ⊕ Subrasante preparada que logra una relación de soporte mínima de 6%

- ⊕ Subrasante de pavimento que comprende material granular bien graduado conforme a la norma BS EN 13242 u otro código internacional reconocido. La profundidad de la capa subrasante se determinará mediante la aplicación del código elegido
- ⊕ Concreto asfáltico, que comprende una capa base y una de rodadura. Es probable que la profundidad general de esta capa sea aproximadamente de 200 mm
- ⊕ Todos los caminos estarán diseñados para carga H20 en conformidad con el Libro Verde de AASHTO. La vida de diseño mínima de la capa de pavimento concreto será de 10 años
- ⊕ Las vías de acceso de menor tráfico como los callejones y la conexión verde podrían ser construidas con adoquines de concreto sobre una sub-base construida y una subrasante preparada. Los criterios específicos de carga se establecerán durante el diseño para confirmar los requisitos de construcción de este tipo de pavimentos.

Los pavimentos de los estacionamientos de aeronaves, plataformas E y F, se construirán sobre una subrasante preparada que logra una capacidad mínima de 40 MN/m<sup>3</sup>. La vida de diseño del pavimento de estacionamiento para aeronaves será de 30 años.

Para controlar la calidad de la construcción de pavimentos de concreto, se recomienda que se lleve a cabo regularmente un análisis estándar de resistencia a la compresión a 28 días, vinculado tanto a la resistencia a la tracción como a la resistencia a compresión a 7 días, la resistencia mínima del concreto a la compresión a los 28 días será de 40 MPa.

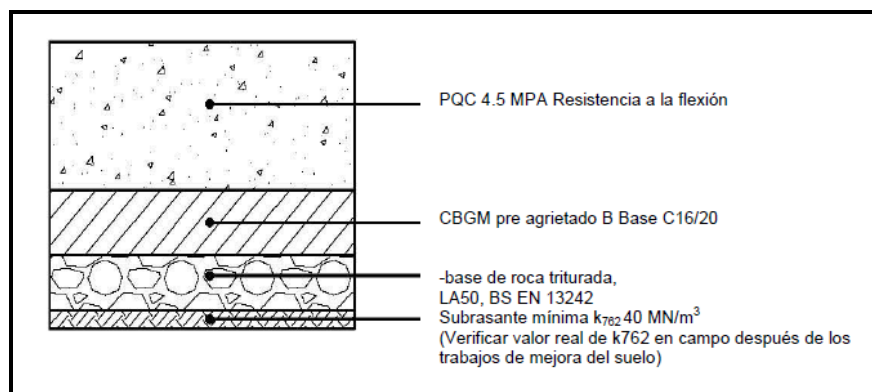


Figura II.73 Típico del código E y F para el estacionamiento de aeronaves y plataformas.

El Proyecto de construcción de las pistas, calles de rodaje y los márgenes de las pistas para el aeropuerto se muestra en los siguientes diagramas. Cabe señalar que las profundidades de diseño de cada capa de material pueden variar ligeramente y que el diagrama se proporciona sólo como una guía. El pavimento será construido sobre una sub-base preparada que logre un CBR mínimo de 6%.

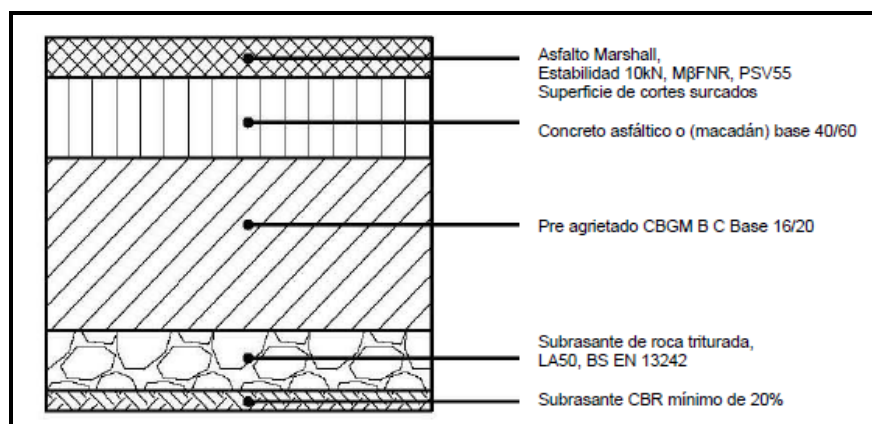


Figura II.74 Construcción de la pista con material compuesto Código E / F (típico).

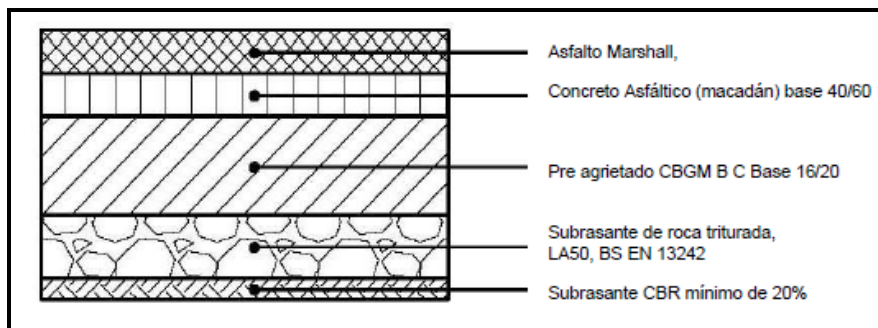


Figura II.75 Detalles de construcción de una pista y calle de rodaje típica flexible con Código E / F (típico).

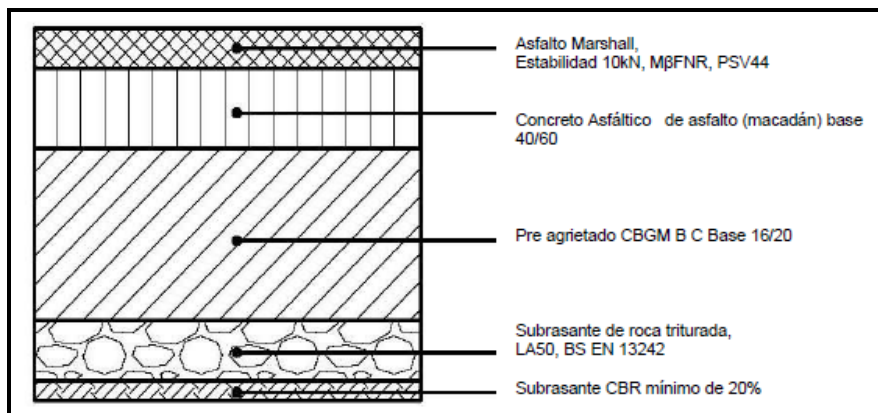


Figura II.76 Construcción de calles de rodaje de Código E y F (típico).

El pavimento para el área de almacenamiento de combustible será de concreto, los derrames de combustible son más fáciles de limpiar en superficies de concreto y causa menos deterioro, además de proporcionar mayor longevidad. El pavimento incluirá un sistema de recolección de drenaje que transporte el agua pluvial y los derrames a través de un separador de agua/aceite de retención completa.

El rendimiento del pavimento de concreto depende en gran medida del desempeño satisfactorio de las juntas. Sin importar el material sellador de juntas, se requerirá resellado periódico para garantizar un rendimiento satisfactorio de la junta a lo largo de la vida del pavimento. El rendimiento satisfactorio de las juntas también depende de las normas apropiadas de diseño del pavimento, de la calidad de los materiales de construcción y de los buenos procedimientos de construcción y mantenimiento.

Los tipos más comunes de juntas de pavimento, que se definen por su función, son los siguientes:

- ⊕ Junta transversal de contracción: un surco aserrado, formado o trabajado en una losa de concreto que crea un plano vertical de debilidad. Regula la ubicación de las grietas debidas a los cambios dimensionales en la losa, y es por mucho el tipo más común de junta en pavimentos de concreto.
- ⊕ Junta longitudinal: una junta entre dos losas que permite la deformación de las losas sin que se aprecie separación o agrietamiento en las mismas.
- ⊕ Junta de construcción: una junta entre las losas que resulta cuando el concreto se coloca en diferentes momentos. Este tipo de junta se puede dividir aún más en juntas transversales y longitudinales.
- ⊕ Junta de expansión: una junta colocada en un lugar específico para permitir que el pavimento se expanda sin dañar las estructuras adyacentes o el mismo pavimento.

El tipo de juntas, construcción y espaciado se desarrollarán a través del proceso de diseño, cuando se requieran juntas de espiga por código, se colocarán las espigas a profundidad media en la losa, las espigas serán resistentes a la corrosión para evitar agarrotamiento, aquellas de acero inoxidable revestidas con epoxi han demostrado poder prevenir adecuadamente la corrosión, por lo que son preferibles.

Durante el desarrollo del Proyecto se contará hasta con 2 plantas de concreto y 3 plantas de asfalto.

#### II.3.1.7.1 Carpeta de concreto asfáltico

Sobre la base impregnada, se colocará una carpeta de 10.00 centímetros de espesor de concreto asfáltico, Esta carpeta deberá cumplir en su acabado con lo dispuesto en el libro 3.01.03 Pavimentos, Capítulo 3.1.03.081, El agregado pétreo en la mezcla deberá tener un tamaño máximo de 19 mm y su composición granulométrica se obtendrá mediante separación por cribado a los tamaños convenientes y dosificación adecuada para lograr una curva dentro de la zona especificada, sin variaciones bruscas, una vez aplicado el riego de liga. Se utilizará para su colocación una extendedora con equipo de sistema electrónico (sensores) para el control de espesores que garantice una buena distribución y acomodo durante el tendido de la mezcla asfáltica, conservando las pendientes transversales de proyecto. Se compactará al noventa y cinco por ciento (95%) de su peso volumétrico máximo obtenido en el laboratorio con el método Marshall. A partir de este método se obtendrá el contenido óptimo de cemento asfáltico a utilizar. El concreto asfáltico deberá elaborarse utilizando cemento asfáltico tipo AC-20. El material pétreo de preferencia deberá ser de naturaleza basáltica, definida mediante láminas petrográficas, duro y limpio, con superficies angulosas obtenidas por trituración; se permitirá un contenido de partículas blandas (calcita, lutita, etc.) en un porcentaje menor del tres por ciento (3%), en peso. La ejecución de estos trabajos deberá apegarse en general a lo estipulado en el capítulo N.CTR.CAR.1.04.006 de la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T.

La superficie de rodamiento deberá tener una textura y acabado uniforme, además de estar bien nivelada, conforme a las pendientes longitudinales y transversales de proyecto, por lo que el contratista deberá contar con el personal capacitado y el equipo especial. En caso de iniciar lluvia, el tendido deberá suspenderse inmediatamente sin argumentar que se tiende bajo riesgo de la constructora.

#### II.3.1.7.2 Riego de liga

En las zonas que indique el proyecto y/o donde lo indique la supervisión del Organismo, previo a la colocación de la carpeta asfáltica, se aplicará un riego de liga con producto asfáltico tipo emulsión catiónica de rompimiento rápido de acuerdo con la norma N.CTR.CAR.1.04.005/00, Tipo ECR-65 a razón de 0.80 lts/m<sup>2</sup> ó con producto similar, que sea autorizado previamente por la supervisión del Organismo. El producto asfáltico deberá cumplir con las siguientes normas de calidad para su uso de acuerdo con la norma N.CTM.4.05.001/00:

El contratista deberá proporcionar al Organismo una carta compromiso en original expedida por el productor de emulsión que le suministrará el producto.

El producto asfáltico deberá cumplir con los requisitos que se señala en la tabla 5 del inciso D de la norma de calidad de los materiales vigentes N.CMT.4.05.001/00 o con producto similar, previa autorización de la supervisión del Organismo.

La aplicación del riego de liga se sujetará a lo indicado en la cláusula N.CTR.CAR.1.04.005/00 correspondiente a las Normas para Construcción e Instalaciones vigentes en todo lo referente a los tipos de riego y asfalto recomendado.

#### II.3.1.8 Cimentación

El sistema de cimentación incluye una rígida cimentación por losas con pilotes de fricción. La cimentación por losas distribuirá las cargas estructurales de los pilotes y el suelo debajo de ella. Los pilotes de fricción funcionarán principalmente para reducir los asentamientos y para transferir una parte de las cargas estructurales al suelo. Los pilotes de fricción también ayudarán a reducir las demandas de presión de la elevación, que actúan por debajo de la cimentación por losas.

Para la torre de control de tráfico aéreo, el sistema de cimentación propuesto consiste de una losa circular rígida sentada en pilotes. Debido a los altos momentos de volcamiento que es posible se desarrollen bajo carga sísmica, es muy probable que los pilotes se tendrán que extender hasta los depósitos profundos para ganar la capacidad que se requiere para resistir las cargas de volcamiento.

Las cimentaciones propuestas para las tanques de almacenamiento de combustible consisten en introducir columnas de suelo cemento con el objetivo de crear un material compuesto de mayor fuerza y compresibilidad reducida que aumente eficazmente la capacidad de soporte del suelo y los asentamientos de control post-construcción. Las cimentaciones de cada tanque consistirán en un muro circular de concreto con pilotes reforzados con acero y piso de concreto con soporte de pilotes reforzados de acero.

Entre la parte superior de las columnas y la parte inferior de los tanques debe haber una plataforma de transferencia de carga que transmita las cargas del tanque a las columnas. La plataforma de transferencia de carga se suele hacer con una capa de 1 m de tierra compactada con reforzamiento geosintético. Además, el dorso del tanque estará sobre un aro de tanque de concreto reforzado que contendrá una plataforma de transferencia de carga.

#### II.3.1.9 Vías de acceso durante la construcción

Durante el periodo de construcción, la Calzada Arbolada Oeste, Calzada Arbolada Central y Calzada Arbolada Este estarán niveladas y alineadas vertical y horizontalmente, y se utilizarán como ruta de acceso a la construcción hacia la Autopista Peñón- Texcoco. Está planeada para el futuro un área verde de 800 m de ancho en las Calzadas Arboladas del Oeste y Central, con una pendiente de aproximadamente 1 por ciento hacia las vías, y se utilizará para el almacenamiento de equipos y materiales de construcción.

El tráfico de construcción se distribuirá a través de las vialidades en el Aeródromo, donde los cimientos de las vías se pueden construir con una trayectoria temporal para facilitar la carga del tráfico de construcción.

A medida que el periodo de construcción coordine esta implementación del Proyecto, se proporcionará el acceso adicional hacia el campo norte en Circuito Exterior Mexiquense.

#### II.3.1.10 Características de construcción para el Proyecto

Las características de construcción para las instalaciones y los servicios del Proyecto se presentan a continuación.

##### II.3.1.10.1 Torre de control de tráfico aéreo

La Torre de control de tráfico aéreo propuesta será una sala de control con una elevación de aproximadamente 87 m (opción 1), o 76 m (opción 2) sobre el nivel de la superficie soportado por un mástil de concreto reforzado.

Los componentes principales de la superestructura de la torre de control y tráfico aéreo serán el mástil y la cabina de control en la parte superior del mástil.

La estructura del mástil será de concreto reforzado y la circulación vertical se ajustará dentro del mástil. Se proporcionarán losas y vigas de concreto reforzado para soportar las escaleras mientras se viaja hacia la cabina, asimismo.

La estructura de la cabina será principalmente de acero estructural con pisos de concreto compuesto. Todos los aspectos de la estructura de la cabina se diseñarán para mantener la máxima visión libre en el Aeródromo y en el cielo. El soporte estructural del techo se diseñará especialmente para minimizar el impacto en las líneas de visibilidad del controlador hacia las áreas operacionales y el espacio aéreo. El techo de la cabina estará lo suficientemente lejos, por encima del nivel del piso operacional, para permitir una buena visión angular hacia el cielo desde cada posición del controlador.

A continuación se presenta el diagrama de la sección de la torre.

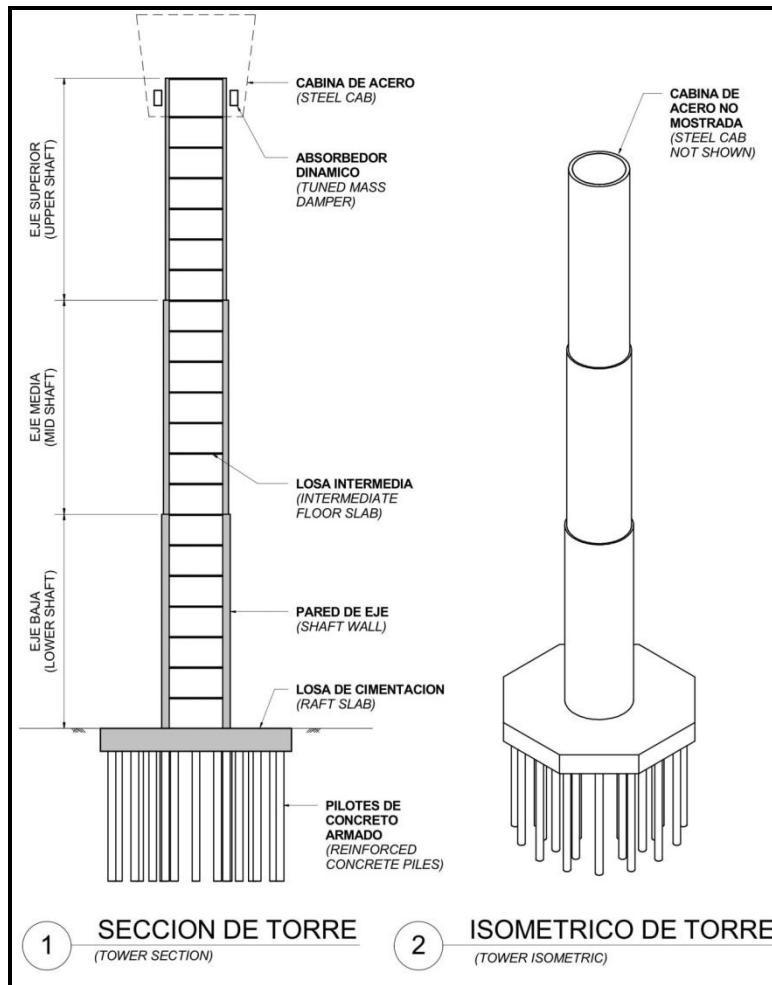


Figura II.77 Sección e isométrico de la torre.

### II.3.1.10.2 Terminal de pasajeros y estacionamiento

#### – Terminal de pasajeros

La Terminal de pasajeros es una estructura importante que requiere un sitio nivelado adecuadamente en relación a las plataformas adyacentes, los estacionamientos y las vías de acceso. La Terminal de pasajeros se nivelará de tal manera que permita la construcción del edificio en forma en la que ésta fue diseñada. La nivelación en todo el perímetro del edificio se ha diseñado para facilitar el drenaje de aguas pluviales en una pendiente máxima de 2%.

El diseño de nivelación de la Terminal de pasajeros deberá estar plenamente coordinado con el diseño de nivelación de las plataformas adyacentes y, por último, con el de las pistas de aterrizaje y pistas de rodaje, ya que estas áreas están vinculadas en la zona de operaciones.

La escorrentía de las aguas pluviales del edificio y áreas pavimentadas se conducirá en el sistema de drenaje de aguas pluviales en todo el sitio, que descarga en última instancia, en la serie de las cuencas de regulación de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) al sur del sitio del aeropuerto y un porcentaje será reutilizado en áreas del Proyecto.

#### *Diseño mecánico de la terminal de pasajeros*

En un esfuerzo por minimizar la cantidad de contaminantes que se podrían introducir al edificio, el aire exterior para la unidad de control de aire se introducirán de un punto más alto, generalmente en o sobre la altura del techo. Para asegurar un aire de alta



calidad dentro de las terminales, el edificio estará provisto con partículas y filtración de fase de gas para el aire exterior entrante para remover olores adyacentes debido al combustible de los aviones.

El aire introducido debe estar idealmente localizado a nivel de piso para minimizar el olor de las emisiones en la figura de abajo se indica la ubicación de entrada general y rangos de calidad.

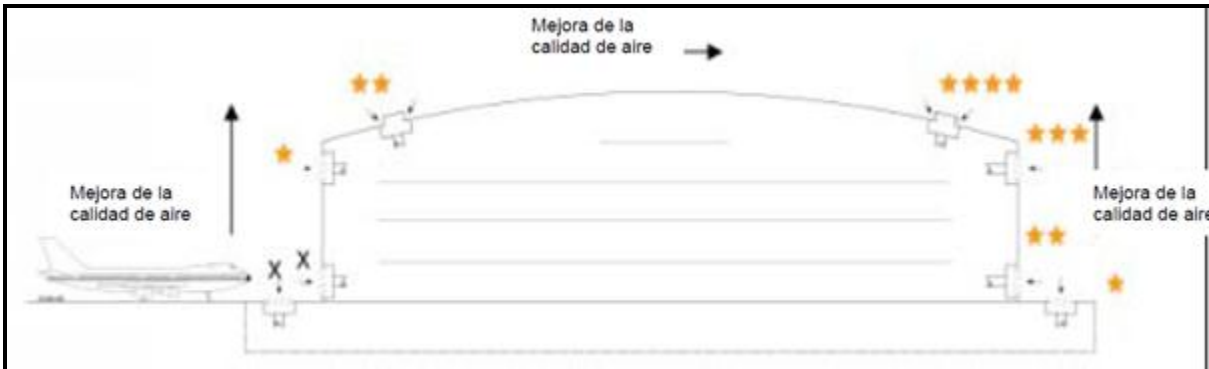


Figura II.78 Entradas de aire para la terminal del aeropuerto.

La siguiente tabla representa los cálculos de densidad de carga asumida usando el espacio localizado en áreas de planeación.

Tabla II.19 Cálculos de densidad de carga.

Espacio	Área (m <sup>2</sup> )	Carga Interna Total (KW)	Carga Refrigerante (ton)	Flujo de Aire (m <sup>3</sup> /s)	Densidad del Flujo de Aire (l/s/m <sup>2</sup> )	Densidad de Carga (m <sup>2</sup> /ton)
Sala de venta de boletos	21,830	5,138	1,461	355	16	15
Sala de llegadas	7,236	2,242	637	155	21	11
Salas de las aerolíneas	5,512	931	265	64	12	21
Venta/comida & bebidas/ cocinas	48,628	7,885	2,242	545	11	22
Cuarto de máquinas	19,355	588	167	41	2	116
Cuartos de electricidad	9,677	2,088	594	144	15	16
Cuartos de comunicación	9,677	2,108	599	146	15	16
Cuarto de apoyo	44,106	5,577	1,586	385	9	28
Cuarto de espera	32,640	1,443	410	100	3	80
Reclamo de equipaje	4,158	1,144	325	79	19	13
Manejo de equipaje	34,047	1,330	378	102	3	90
Área de seguridad	8,479	2,097	596	145	17	14
Aduana/migración	7,705	2,071	589	143	19	13
Vestíbulo /áreas de circulación	20,376	4,383	1,246	303	15	16

Sobre el mayor desarrollo del diseño los cálculos adicionales deberán hacerse para limpiar las cargas que incluye el desempeño límite y ganancias del calor interno esperado, además de la diversidad adicional y programas de las cargas de adecuación subsecuente.

- ⊕ Sala de boletos y llegadas, la distribución estará acompañada de torres de aire impulsadas por abanicos verticales en un nivel bajo con ventilación tratada servida por boquillas en un nivel alto.
- ⊕ Vestíbulos, la distribución se logrará con difusores de boquilla de alcance extendido en un nivel alto para evitar conflicto con la ruta de la posible conducción y sistemas de manejo de equipaje.
- ⊕ Área de seguridad, la mayoría de las unidades acondicionarán los espacios del equipo de inspección, con una unidad adicional dedicada a abastecer las oficinas y otros espacios misceláneos asociados con el área de seguridad.
- ⊕ Espacios ocupados como áreas de servicio, se anticipa que la mayoría de los espacios de la terminal están abastecidos por cajas de volumen variable de aire, con bobinas de recalentamiento, , ya que esta opción permite un control localizado sobre la temperatura y la minimización de la energía del ventilador.
- ⊕ Manejo de equipaje, se deberá suministrar aire de ventilación no tratado para las áreas de manejo de equipaje. El escape contará con un rango de 7.5 s/m<sup>2</sup> usando ventiladores perimetrales con descarga a través de una rejilla localizada sobre el nivel de la plataforma. Al menos el 50% del aire residual será tomado a 150 mm del piso.

- ⊕ Reclamo de equipaje, se deberá considerar el uso del aire de escape del edificio para proveer aire acondicionado "secundario" a las salas de equipaje y lograr mayor eficiencia energética, esto necesitará la confirmación de la Autoridad competente.
- ⊕ Aduana/Migración, se dará especial consideración de la selección de difusor/rejilla tipo prisión para los espacios de detención y asegurar la seguridad de los ocupantes.
- ⊕ Cuartos de máquinas, todos los cuartos de máquinas, incluso los de equipo mecánico, eléctrico y de comunicación, que requieran aire acondicionado serán provistos por un ventiloservidor de 2 tuberías.
- ⊕ Comercios y vestíbulos del aeropuerto, para proporcionar el acondicionamiento necesario para los locales comerciales dentro de los sistemas básicos del edificio, se utilizarán sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, tanto dentro de interiores en un cuarto de máquinas a una proximidad razonable al área de comercio, como en exteriores, directamente en el nivel superior de los locales comerciales.
- ⊕ Puentes fijos, la norma NFPA 415 requiere que los pasillos de carga de aviones estén presurizados a través de ventiladores especiales, que operarán siempre que una aeronave sea albergada en la compuerta, y enviará aire presurizado de una fuente no contaminada.
- ⊕ Purga de humo: Se busca que los ventiladores extractores de humo que se encuentren dentro de la terminal sirvan para la purga de humo durante una emergencia de incendio. Estos ventiladores estarán enfocados a la zona de evacuación individual que divide la terminal y harán un total aproximado de 95,000 l/s aire extraído.
- ⊕ Terminal presidencial. Todos los espacios dentro de la terminal presidencial serán abastecidos como se describe arriba, incluyendo los espacios de especialidad tales como la sala de prensa.

#### Redundancia

Las unidades de control de aire estarán provistas con ventiladores en muro/serie para proveer la capacidad de recuperación requerida sin tener que dimensionar unidades en espera adicional. Los ventiladores extractores especiales de la terminal tendrán el suministro de un sistema de energía de emergencia en conjunto con los ventiladores de abastecimiento y la apertura de reguladores de aire de exteriores en las unidades de control de aire al igual que en el sistema de energía emergencia, para efectos de purga de humo después de un incendio. Los sistemas de manejo de aire de la terminal presidencial tendrán una redundancia de N+1 para asegurar una operación continua.

#### – Sala de información

La sala de información será tratada como un espacio de interacción con el público y por lo tanto será ocupado intermitentemente durante el día típico.

La estación de transferencia de energía recibirá agua fría y caliente de la Planta Central de Servicios, ésta será llevada hasta la terminal por medio de bombas terciarias.

El área principal de exhibición estará provista de una unidad de control de aire de volumen variable ubicado en una planta mecánica dentro de la sala de Información. Los espacios de esta unidad serán sensibles al ruido, por lo que se prestará atención especial a la mitigación del mismo.

Para el caso de la cafetería y área de suvenires, será suministrada por la unidad de control de aire de volumen variable localizada también en la planta mecánica dentro de la sala de información. Un sistema de distribución aérea de suministro/retorno permitirá la máxima flexibilidad para mesas y estantes de venta que se distribuirán por toda la placa base.

Los espacios auxiliares, tales como las salas de descanso, baños, oficinas y salas de usos múltiples serán provistos de una unidad de control de aire de volumen variable con cajas de terminales con recalentamiento (si es necesario). Se utilizará un sistema de distribución en tándem con la ventilación de control de demanda para ahorrar energía por ductos superiores de suministro/retorno.

#### Sala de vigilancia de Circuito Cerrado

El cuarto principal de vigilancia por circuito cerrado estará localizado en este edificio, por lo tanto, el sistema principal de calefacción, ventilación, y aire acondicionado tendrá unidades de aire acondicionado del cuarto de computadoras especiales que proveerán filtración, calentamiento, enfriamiento, deshumidificación y humidificación, según el caso. El aire de ventilación se proveerá por una caja de volumen variable de aire conectada a una unidad de control de aire local. Estas unidades tendrán dos

fuentes de enfriamiento: agua fría para edificios por un radiador de agua fría y por enfriamiento DX (cada unidad tendrá su propio circuito de refrigeración integral).

#### Salas de planta y cuarto de Tecnología de la Información

Los espacios de la planta eléctrica y mecánica, las salas de comunicación y la sala de vigilancia por circuito cerrado serán espacios sólo con enfriamiento por un tubería doble de la unidad de serpentines de ventilación asociada a cada espacio. El suministro/retorno por ductos se utilizará para las unidades de serpentines de ventilación que no estén directamente montadas en los espacios, como los cuartos eléctricos y el cuarto de tecnología de la información para proteger al equipo de cualquier fuga de agua probable.

#### Redundancia

Los sistemas de aire acondicionado que abastecen las salas principales de comunicaciones y la sala principal de control del circuito cerrado de televisión tendrán 100% de redundancia y serán colocados como respaldo de la energía de emergencia.

#### Diseño de plomería

El agua sanitaria fría vendrá en tuberías a través de los edificios para suministrar los bloques de sanitarios y salas de descanso, el agua caliente se generará de manera local en los bloques de sanitarios ya sea por medio de un calentador tipo tanque o eléctrico instantáneo. Cabe aclarar que no se llevará agua potable por el edificio para suministrar al equipo mecánico y a los sanitarios.

Las tuberías deberán etiquetarse para prevenir conexiones cruzadas, se utilizarán preventores de contraflujo cuando se conecte un equipo que los requiera, también se proveerán fregaderos y drenajes de piso en los cuartos mecánicos y de servicios para las descargas del equipo y el drenaje para mantenimiento. Cada bloque de sanitarios tendrá una cuneta e instalaciones de lavado.

El agua sanitaria residual será recolectada desde el edificio a través de elevadores a las conexiones de drenaje exteriores, todos los tubos de drenaje dentro de los sanitarios o cocinas estarán expuestos bajo la losa, la tubería de drenaje, en los elevadores o tramos horizontales, serán de hierro fundido. La limpieza se realizará como lo dicta el código internacional de plomería.

#### – Sala de correos

La sala de correos tendrá un volumen constante de 20 cambios de aire por hora por medio de un ventilador extractor especializado y una unidad de control de aire de volumen constante con filtración HEPA (Filtro de aire de alta eficiencia para partículas) añadida. Se proveerán interruptores de cierre como parte de las operaciones de emergencia, especialmente en áreas tales como el área de procesamiento de correo entrante. Se proveerá una campana bioquímica y un ventilador extractor para la inspección de paquetes, lo que resultará en presión negativa para esa área. Se evitará el acceso a las rejillas de aire exteriores colocando las entradas en ubicaciones no accesibles al público.

Dichos lugares cerrados pueden incluir una azotea segura o la parte superior de alguna pared lateral. Se utilizarán difusores y rejillas seguras para cubrir el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado, y limitar su acceso, se utilizarán reguladores anti dispersión ajustados al interruptor de parada del sistema. Las medidas de eficiencia de energía incluirán sensores de ocupación y de cierre nocturno. El sistema de control del edificio será capaz de regular el flujo de aire y las presiones de las construcciones en base a respuesta de emergencias, así como de responder a los sistemas de detección de incendios.

#### Estacionamiento

El edificio de estacionamiento propuesto es una estructura de cinco pisos sin sótano con conexión directa al edificio de la terminal, la estructura de rampas y la estructura de estacionamiento están combinadas de forma eficaz de tal modo que no se tenga rampas directamente en frente del edificio, el espacio y tamaño de las columnas internas estarán diseñados para mantener un estacionamiento eficiente. Se han considerado tres conjuntos de rejillas de 9 x 9 m, 9 x 18 m y 18 x 18 m, como se puede observar en la siguiente figura.

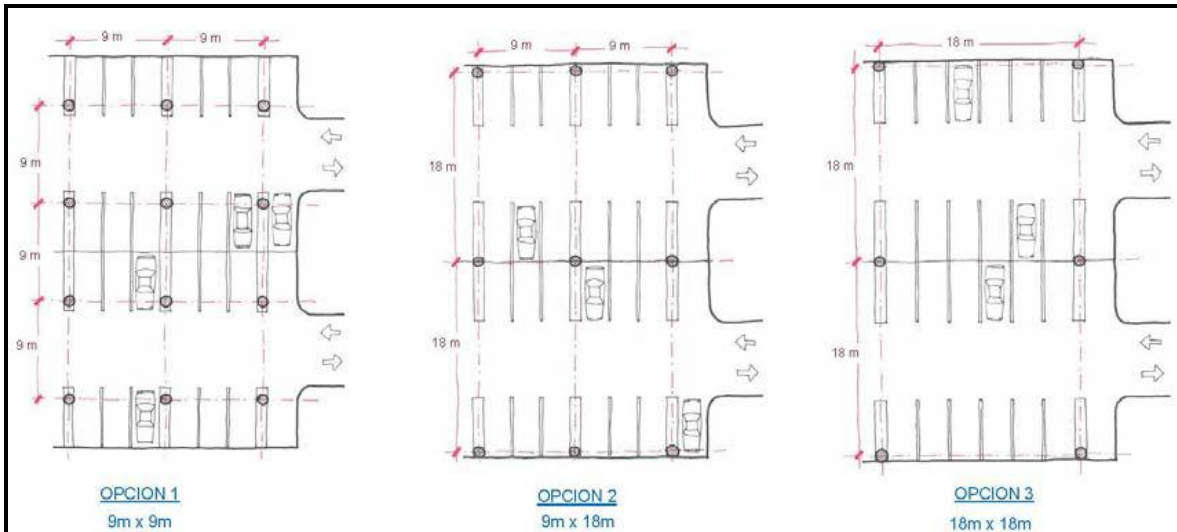


Figura II.79 Plano del Estacionamiento.

La altura libre mínima recomendada o alto del techo, midiendo desde normal a las superficies para vehículos es de 2.10 m y aplica para las entradas, salidas, bahías, pasillos y rampas. Como se muestra en la siguiente figura, se pueden necesitar espacios libres adicionales en los cambios de gradiente como en las rampas, y donde se utilicen medidas de desahogo de tráfico.

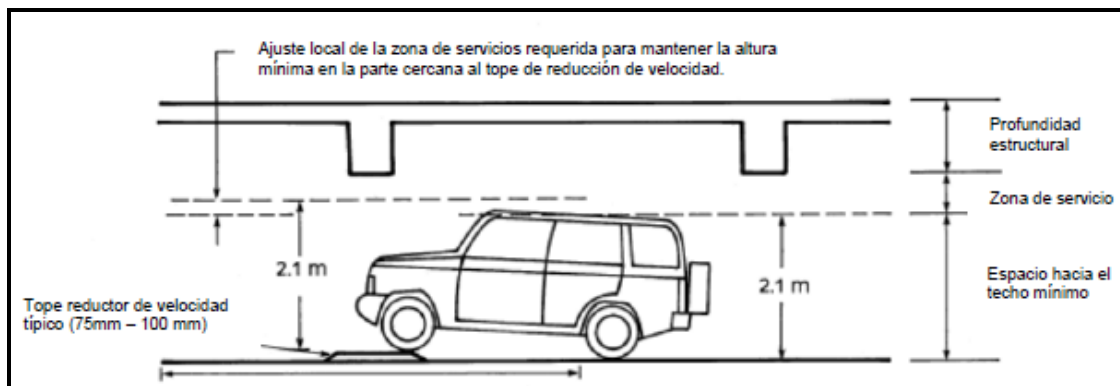


Figura II.80 Altura hacia el techo permisible.

El sistema de piso recomendado para esquema de rejillas de 9 x 9 m son losas planas reforzadas y para el esquema de 9 x 18 m un sistema de piso diseñado por una viga de banda. Se recomiendan para estos dos arreglos ya que resultan mejor en términos de costos y profundidad estructural.

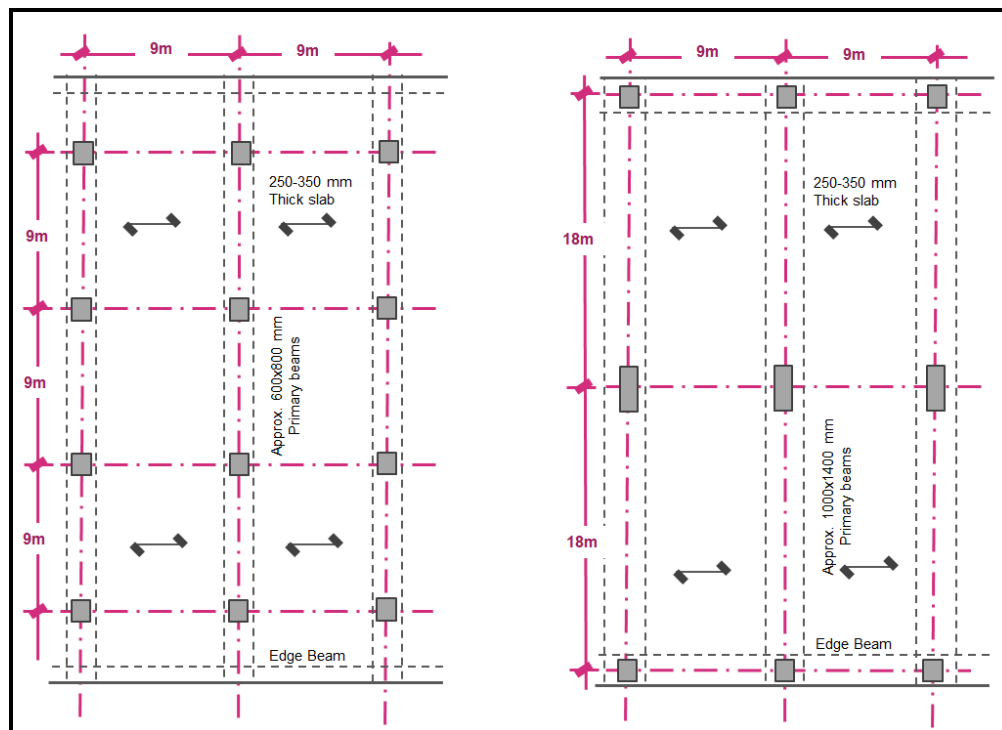


Figura II.81 Marco del piso para opciones de 9 x 9 m y 9 x 18 m.

La emisión que es más importante eliminar de las áreas de estacionamiento por razones de salud e inocuidad es el monóxido de carbón. Debido a que es prácticamente imposible de extraer localmente, la medida usada es la ventilación por dilución en conjunto con unidades de sensor/alarma para monóxido de carbón. El nivel de ventilación debe estar determinado de manera que el nivel de monóxido de carbono en las áreas de estacionamiento no rebase los niveles mencionados en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. El nivel inicial de flujo de aire es de aproximadamente 3.7 l/s/m<sup>2</sup>, así como la provisión adecuada de ventilación natural con un mínimo de 50% de apertura de área libre, ambas por recomendaciones de ASHRAE 62.1-2010.

En donde en cumplimiento con el código pertinente se determine que las áreas de estacionamiento deban estar sobre nivel de suelo, se deberá emplear una ventilación natural. Para todas las áreas subterráneas y para aquellas áreas sobre nivel del suelo donde la ventilación natural no pueda utilizarse, se utilizará ventilación mecánica a través de un sistema de empuje/jale o sólo empuje. Todos los ventiladores, tanto los de extracción como los de ventilación, serán adecuados para efectos de control de humo. Ambas redes de conductos de ventilación y extracción deberán estar distribuidas a través de las áreas de estacionamiento para permitir un movimiento de aire suficiente para evitar la acumulación de monóxido de carbono.

#### Redundancia

La ventilación mecánica debe estar diseñada de tal manera que haya redundancia para permitir el mantenimiento. Los controles deberán ser de tal manera que cada ventilador pueda ser controlado por separado y aislado eléctrica y mecánicamente durante su mantenimiento y reparación.

#### II.3.1.10.3 Hangares

Se diseñarán varios tipos de hangares de acuerdo al requerimiento de longitud y espacio libre sin columnas. Las longitudes típicas varían entre 50 y 150 m dependiendo del número, tipo y orientación de las aeronaves que se vayan a almacenar. Además de los espacios de trabajo, los hangares también pueden requerir instalaciones para la administración que estarán ubicadas junto a la estructura del hangar principal.

La estación de transferencia de energía recibirá agua fría y caliente de la Planta Central de Servicios, ésta será llevada hasta la terminal por medio de bombas terciarias.

Tabla II.20 Flujos y temperaturas de suministro y retorno.

Flujos y temperaturas	Especificación
Flujo de agua fría	155 l/s
Temperatura del agua de enfriador	7°C
Temperatura del agua de retorno	14°C

– Hangares de carga/militares

Los hangares de carga estarán compuestos por varios elementos funcionales principales: áreas de almacenamiento, áreas de operaciones, áreas de apoyo, cuartos de servicios y de almacenamiento de equipos.

Se introducirá aire fresco al espacio por un sistema de ventilación general que utilizan métodos de extracción mecánicos como ventilación natural. El enfriamiento, cuando se requiera, se proveerá por medio de una unidad de serpentín y ventilador local de dos ductos.

– Hangar de mantenimiento

El hangar de mantenimiento estará atendido por unidades de control de aire de volumen variable, localizadas en el cuarto adyacente a la planta para limitar su intrusión en el espacio de operación. Los ductos de alto nivel correrán en dirección longitudinal al hangar y suministrarán a los difusores de alto nivel. La red de conductos de retorno estará formada a un nivel bajo para asegurar que el espacio del hangar sea completamente mixto. La calefacción en el hangar, si se requiere, se realizará por calefacción a nivel de piso por agua caliente.

Las áreas de pintura necesitarán un sistema especial de extracción, ventilación y filtración para actividades como arenado y cabinas de pintura. Así mismo, se requerirá en las áreas de taller para actividades como arenado, soldadura, recolección de gases, entre otras.

Los espacios auxiliares (como oficinas, sanitarios, salas de descanso) recibirán aire tratado de ventilación provisto por una unidad de control de aire de volumen variable localizada en los cuartos adyacentes a la planta. La red de ductos de suministro y retorno superior se conectará a los espacios auxiliares por medio de zonas de distribución de servicios verticales. El aire extraído de los sanitarios se conectará a la azotea y se expulsará a la atmósfera. La refrigeración de cuartos, donde se requiera, se logrará por medio de unidades de serpentines de ventilación locales. En la azotea del hangar se instalará un sistema de aire acondicionado a través de expansión directa, este sistema será ajustado manualmente desde el interior del hangar a un flujo de aire de 12 cambios por hora.

– Hangar presidencial

Se utilizarán sistemas similares a los descritos en las secciones anteriores en el hangar presidencial. Se requerirán medidas adicionales de seguridad en los puntos de entrada al hangar, por lo tanto, se instalarán barras de seguridad en los ductos más grandes de la red que entran al hangar desde el equipo de la azotea para prevenir la posibilidad de entrada de intrusos. Además, se coordinarán sensores en el diseño de seguridad y se instalarán en el equipo asociado con el hangar para alertar al personal de la existencia de cualquier gas de bioterrorismo.

#### II.3.1.10.4 Planta Central de Servicios

La Planta Central de Servicios proveerá agua fría y caliente para calefacción, según sea necesario, para las siguientes instalaciones:

- ⊕ Terminales del aeropuerto
- ⊕ Torre de control de tráfico aéreo
- ⊕ Hangares
- ⊕ Sala de información
- ⊕ Edificios de apoyo

La capacidad de agua fría es de aproximadamente 16,000 ton y será generada por los enfriadores eléctricos. La capacidad del sistema de agua caliente para calefacción es de aproximadamente 37,800 kW y será generado por el calor residual proporcionado por un sistema de cogeneración. Todos los componentes principales estarán provistos de una alimentación de emergencia y tendrán redundancia N + 1.

– Diseño de la Planta Central de Servicios

La Planta Central de Servicios y el patio de servicios se diseñarán con un área de aproximadamente 30,000 m<sup>2</sup>, de la cual 10,000 m<sup>2</sup> estarán dedicados a la base de la Planta. La Planta Central de Servicios estará compuesta de un nivel de piso, un nivel de entrepiso y un nivel de azotea con el equipo distribuido de la siguiente manera:

Nivel de piso:

- ⊕ Enfriadores por agua fría
- ⊕ Bombas primaria y secundaria para agua fría
- ⊕ Bombas de agua condensada
- ⊕ Generadores de vapor de recuperación de calor
- ⊕ Generadores de turbina
- ⊕ Turbinas de vapor de calor residual
- ⊕ Equipo auxiliar del sistema de condensación y vapor
- ⊕ Equipo auxiliar para protección contra incendios, agua fría doméstica y agua fría
- ⊕ Sistemas de conducción de gas y de combustible diesel
- ⊕ Conmutador de alta y media tensión
- ⊕ Taller, almacenamiento

Nivel de entrepiso:

- ⊕ Cuarto de control, sanitarios, regaderas, cocina, almacenamiento

Nivel de azotea:

- ⊕ Torres de enfriamiento
- ⊕ Filtro de aire tipo banco para combustión
- ⊕ Tubos de escape de los generadores de vapor de recuperación de calor

Patio de servicios:

- ⊕ Área de tanques de almacenamiento de agua doméstica de refrigeración
- ⊕ Área de tanques de almacenamiento para agua de protección contraincendios
- ⊕ Torres de enfriamiento
- ⊕ Área de tanques de almacenamiento de agua potable
- ⊕ Tanques de almacenamiento de combustible diesel
- ⊕ Tanques de almacenamiento de gas propano licuado

– Sistema de agua fría

La base de diseño para el sistema de agua fría se compone de bombas que operarán con una bomba primaria de volumen constante y una secundaria de volumen variable para asegurar la operación sólida. Todas las bombas incluirán variadores de frecuencia para facilitar el equilibrio y la nivelación de cargas de los enfriadores.

Para las cargas calculadas de la base de diseño, el sistema de agua fría distribuirá aproximadamente 7°C en el suministro y 14°C en el retorno para las unidades de manejo de aire, unidades de serpentín y ventilador del Proyecto.

Se utilizarán torres de enfriamiento de flujo cruzado para el rechazo de calor con las tuberías de la torre de enfriamiento dispuestas debajo de una plataforma estructural sobre la azotea de la Planta Central de Servicios, con espacio y aceras para dar servicio y tener acceso a las válvulas y dispositivos de control.

El sistema de condensador de agua operará a 8°C y la selección de las torres considerará el diseño del termómetro húmedo para el clima seco de la Ciudad de México. Como una medida para la eficiencia de la electricidad, las torres serán capaces de operar con flujo bajo, condiciones de flujo reducido o por debajo del 50% del flujo de diseño y de mantener el filtro completamente húmedo para mitigar su contaminación. Cada circuito del condensador de agua del enfriador/celda de la torre de enfriamiento tendrá una bomba de horizontal de cámara partida para tomar el agua del pozo de la torre, llevarla al colector de tubos, donde cada enfriador la deriva para que circule a través del haz tubular del recuperador de calor del condensador del enfriador, y de regreso a la parte superior de la torre de enfriamiento.

Los ventiladores de la torre de enfriamiento se alimentarán a través de variadores de velocidad ubicados dentro de un espacio acondicionado para su durabilidad y rendimiento.

Las bombas de agua del condensador de la turbina vertical de velocidad constante se ubicarán dentro de la Planta Central de Servicios en el pozo subterráneo. La cuenca del condensador estará diseñada para soportar las cargas más pesadas de equipo y el peso previsto que se rodará sobre las tapas. Las unidades de filtración de arena del agua del condensador se localizarán dentro de la Planta Central de Servicios. La selección y operación de filtros también minimizarán el retrolavado y la purga para la conservación de agua.

La configuración del sistema de bombeo del sistema de agua fría será de volumen constante primario/volumen variable secundario. Las bombas primarias serán del tamaño apropiado para tomar agua de la tubería principal de retorno, a través del filtro y luego por el haz tubular del recuperador de calor del evaporador del enfriador para pasar a la tubería principal de suministro. Cada bomba primaria será del tamaño apropiado para soportar un excedente del 5 al 10% respecto a los requerimientos de diseño para desbordar el enfriador en operación antes de dar inicio al siguiente enfriador.

Las bombas de distribución secundarias tendrán el tamaño apropiado con base en las tasas totales de flujo del aeropuerto. Se dispondrán bombas adicionales para las cargas que se esperan en las fases futuras del aeropuerto.

El sistema de agua fría constará de los siguientes componentes:

- ⊕ Torres de enfriamiento: CT-1,2,3,4,5 con el tamaño apropiado, cada una, para un flujo de agua de 568 l/s del condensador
- ⊕ Enfriadores por agua: CH-1, 2, 3, 4,5 con el tamaño apropiado para 4,000 ton (14,060 kW) de enfriamiento usando refrigerante R-134A
- ⊕ Bombas primarias: PCHWP-1,2,3,4,5 con un tamaño apropiado para 606 l/s y un cabezal de 150 kPa, cada una
- ⊕ Bombas secundarias: SCHWP-1,2,3,4,5 con un tamaño apropiado para 606 l/s y un cabezal de 450 kPa, cada una
- ⊕ Bombas de agua del condensador: CWP-1,2,3,4,5 con un tamaño apropiado para 757 l/s y un cabezal de 225 kPa, cada una

La presión hidráulica total en las bombas se indica para el dimensionamiento general. Las características reales de funcionamiento se verificarán.

#### – Sistema de agua caliente para calefacción

El sistema de agua caliente para calefacción, se genera principalmente de calor residual provisto por el sistema de cogeneración, con calderas acutubulares flexibles de reserva para los remanentes de la carga de calentamiento y la redundancia. La máxima carga supuesta de calefacción en invierno (Fase 2023) es de 37,830 kW.

El sistema distribuirá 82°C en el suministro y 60°C en el retorno para las unidades de manejo de aire y los serpentines terminales de recalentamiento. El sistema de agua caliente para calefacción constará de los siguientes componentes:

- ⊕ Bombas de alimentación de caldera: BFP-1,2,3 con un tamaño apropiado para 4.5 l/s y un cabezal de 1,375 kPa, cada una
- ⊕ Recuperadores de calor
- ⊕ Bombas de volumen variable



– Sistema de cogeneración

El sistema de cogeneración utilizará dos combustibles, gas natural y diesel en una mezcla de 40:60. Los siguientes componentes serán utilizados en el sistema:

- ⊕ Turbinas de combustión: CTG-1,2 con el tamaño apropiado para 7,965 kW de potencia de salida y una tasa de calor de 10,505 kJ/kW-hr cada una
- ⊕ Generador de vapor para la recuperación de calor: HRSG-1,2 de tamaño apropiado para mover 16,420 kg/hr cada uno
- ⊕ Compresor de gas: GC-1,2 de tamaño apropiado para 72 m<sup>3</sup>/min de capacidad, cada uno
- ⊕ Desaireador: DA-1 con tamaño apropiado para una capacidad de 11,600 kg/hr
- ⊕ Tanque atmosférico de almacenamiento horizontal: CST-1

El sistema de cogeneración será de alta presión, con un suministro de gas de combustión de mínimo 220 psig. Las turbinas de combustión tendrán serpentines de enfriamiento del aire entrante para que éstas puedan mantener su operación con la salida pico durante condiciones ambientales de aire caliente. Los serpentines de enfriamiento están diseñados para utilizar la planta de agua fría como líquido de rechazo de calor. La turbina de aire de combustión contará también con un filtro de aire de tipo barrera para evitar que entre la suciedad y los escombros a la turbina, éste filtro será de tipo auto limpiante y pulsante, y utilizará aire comprimido.

Un desaireador común soportará la capacidad generadora combinada de agua caliente de calefacción de los generadores de vapor y de las calderas de reserva. Los generadores de vapor y las calderas de reserva estarán almacenados en un espacio contiguo cerrado y separado de otros espacios de acuerdo con el código relativo.

El sistema de cogeneración proveerá el soporte para todas las cargas de la energía de emergencia, el sistema SCADA (Monitoreo de Cargas y Sistema de Control), asegurará que solamente las cargas críticas sean soportadas por la planta de cogeneración, en caso de que la energía eléctrica esté fuera de línea.

– Distribución de tuberías

Los túneles de servicios estarán ventilados por extractores a un extremo de cada sección y por rejillas al otro extremo para permitir la entrada de aire de aporte. La siguiente figura muestra la sección y la dimensión del túnel de servicios propuestos con la designación de espacio para la distribución de todas las disciplinas que entran/salen de la Planta Central de Servicios.

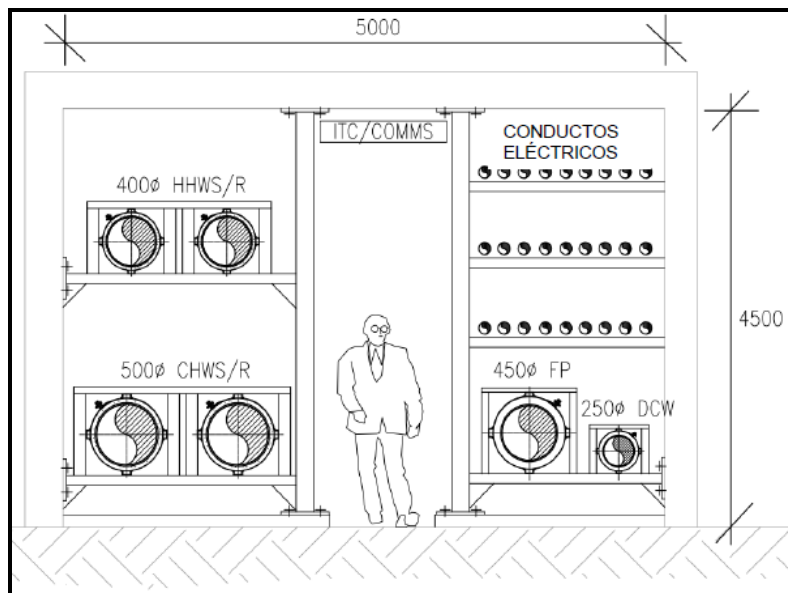


Figura II.82 Sección del túnel de servicios.

En los remanentes del Proyecto, se podrá distribuir una red de tuberías de calefacción, ventilación y aire acondicionado a través de los túneles de servicio.

– Redundancia

La Planta Central de Servicios está diseñada para la Fase 2018 del Proyecto, no se espera que las cargas planeadas se excedan sino hasta la Fase de 2023, como se muestra a continuación.

Tabla II.21 Cargas planeadas para la Planta Central de Servicios.

Edificio	2018		2023	
	kW	Toneladas de refrigerante	kW	Toneladas de refrigerante
Terminal	37,446	10,647	39,620	11,265
Apoyo	2,740	717	3,618	947
Mantenimiento	847	222	5,258	1,376
Carga	5,423	1,419	5,423	1,419
Torre de control	1,405	368	1,405	368
Aprovisionamiento	2,497	653	4,133	918

Por lo anterior, se necesitará diseñar y construir otra Planta Central de Servicios para soportar cargas futuras.

– Sistema de Control del Edificio

El diseño de calefacción, ventilación y aire acondicionado incluirá un Sistema de Control del Edificio digital y completamente funcional, capaz de mantener la temperatura y cumplir con los requerimientos de humedad relativa. El sistema será capaz de iniciar, detener, modular, monitorear y medir el uso de energía de todo el equipo, emitirá alertas de emergencia y de condiciones de mantenimiento, tendrá acceso remoto a internet y acceso a una función de llamado automático para alarmas críticas.

II.3.1.10.5 Servicios públicos

Los servicios públicos se distribuirán generalmente alrededor del sitio de la Planta Central de Servicios. El alcance de la ingeniería civil incluye todos los nuevos servicios hasta el punto de conexión en la envolvente del edificio. Los sistemas de servicios públicos que se requerirán comprenden:

- ⊕ Agua potable y contra incendios
- ⊕ Agua reciclada para usos de riego y no potables dentro de los edificios, separados por al menos 3 m horizontalmente de los servicios de agua potable, suministrados por la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)
- ⊕ Eléctrica, el alcance de la ingeniería civil incluye los conductos por los que pasarán los cables y cualquier bóveda del subsuelo asociada
- ⊕ Comunicaciones
- ⊕ Alcantarillado sanitario (gravedad y sistemas de bombeo), descarga de la PTAR en el sitio
- ⊕ Sistemas de agua caliente y fría
- ⊕ Gas natural
- ⊕ Combustible de reactores

Estos sistemas generalmente se instalarán bajo tierra en zanjas. El uso de túneles de servicio se limitará a llevar servicios bajo las pistas de aterrizaje y calles de rodaje, ya que estas estructuras tendrán que ser diseñadas para el rango esperado de asentamientos en todo el sitio. Los servicios públicos se dimensionarán conforme a las exigencias previstas para los edificios y otras instalaciones a las que den servicio.

Los materiales adecuados para los servicios públicos se identifican en la siguiente tabla.

Tabla II.22 Materiales de tubería de los servicios públicos.

Servicio público	Materiales de tubería adecuados	Comentarios
Agua potable	HDPE o DIP	No usar DIP cuando haya suelos corrosivos
Agua contra incendios	HDPE o DIP	No usar DIP cuando haya suelos corrosivos
Conductos eléctricos y Tecnologías de la Información y Comunicación (ductos)	PVC	Rango de tamaño de conductos generalmente de 200 mm a 50 mm
Alcantarillado sanitario	PVC (hasta 150 mm de	Se prefiere HDPE, pero PVC es aceptable para los

Servicio público	Materiales de tubería adecuados	Comentarios
	diámetro), HDPE, RCP	laterales. Se prefiere HDPE sobre RCP
Agua fría y caliente	Acero Schedule 40	Tuberías pre aisladas preferentemente
Gas natural	HDPE	
Combustible para reactores	Acero Schedule 40	Consultar las especificaciones del combustible del Proyecto

HDPE: Polietileno de alta densidad  
 PVC: Cloruro de vinilo

DIP: Tubería dúctil de acero  
 RCP: Tubería de concreto reforzado

Los servicios públicos de las vías de acceso se distribuirán generalmente debajo de la cuadrícula urbana que forma la red vial externa. Las calles proporcionan corredores para colocar los servicios públicos en el subsuelo y se recomiendan los corredores de servicios públicos comunes para facilitar un mejor acceso para su mantenimiento. No se prevé que se requieran túneles para llevar servicios públicos, ya que los ductos de servicios públicos secos y sistemas presurizados pueden mantenerse a poca profundidad para minimizar las profundidades de excavación de las zanjas. Las anchuras del corredor variarán dependiendo del tamaño de las redes de servicios individuales, pero los corredores viales primarios deben ser utilizados para distribuir los servicios públicos más grandes siempre que sea posible ya que estos requerirán corredores más grandes. Las profundidades mínimas para los servicios y las separaciones horizontales deberán proporcionarse de acuerdo a los requisitos del código local. Se prevé que los siguientes servicios se distribuirán por el subsuelo en corredores alineados con la red vial externa:

- ⊕ La red primaria del Sistema de Alcantarillado Pluvial, con los principales sistemas alineada con las Vías Verdes al sur del sitio principal del aeropuerto.
- ⊕ Las redes locales del Sistema de Alcantarillado Pluvial que descargarán hacia la red primaria (un porcentaje será reutilizado en las instalaciones del Proyecto). Estas estarán alineadas con las vías de acceso externas y las tuberías se ubicarán debajo de la vía de acceso o de la biozanja (ver siguiente figura) incorporadas adyacente a las aceras.

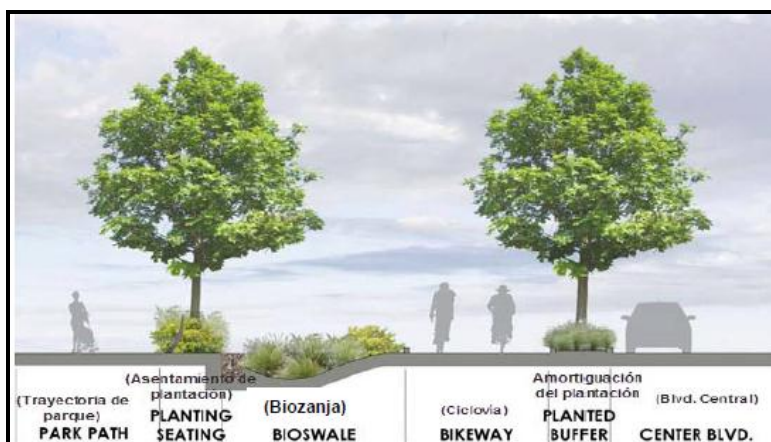


Figura II.83 Ejemplo de paisaje urbano con biozanja integrada.

- ⊕ Redes locales de alcantarillado sanitario alineadas con las vialidades externas para descargar aguas residuales desde el sitio del desarrollo a las tuberías principales dentro de las calles del Bulevar Principal, la Carretera A / B y la Calzada Arbolada. Donde la profundidad de los sistemas de gravedad se acerque a los 5 m, deben proporcionarse estaciones de bombeo para levantar los flujos hacia las tuberías primarias del sistema SS de gravedad. La descarga final se hará en la nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
- ⊕ Suministros eléctricos de alto voltaje y bajo voltaje dentro de los bancos de conductos eléctricos subterráneos construidos debajo de la red de calles. Los dos alimentadores eléctricos primarios que abastecen a la Planta Central de Servicios) del aeropuerto se obtendrán de subestaciones nuevas ubicadas al este y al norte del nuevo aeropuerto. Es probable que la zona de Aerotrópolis requiera su(s) propio(s) alimentador (es) y subestación(es) asociada(s), desarrollados por etapas con sus corredores de expansión y de alto voltaje y, en general, deben estar alineados con el Bulevar Principal, la Calzada Arbolada y la Carretera A / B para distribuir esta energía.
- ⊕ Se requerirá de distribución de agua potable en todas las calles con laterales de servicio a todos los edificios. El suministro de agua principal para el desarrollo del aeropuerto probablemente sea procedente de aguas subterráneas y no se ha identificado el sitio exacto de una instalación de extracción.
- ⊕ Los bancos de ductos eléctricos subterráneos de telecomunicaciones serán distribuidos dentro de la red de calles externas y los principales corredores viales portarán los conductos eléctricos subterráneos más grandes.

- ⊕ El gas natural se distribuirá como se requiera dentro de los corredores viales.

– Servicios previos al vuelo

Los servicios previos al vuelo incluirán espacios de refrigeración industrial/comercial y cuartos congeladores que serán suministrados desde una unidad de control de aire con enfriamiento DX (Expansión Directa). El calor generado por la unidad DX se regresará a la Planta Central de Servicios o a los enfriadores por aire. Las cocinas comerciales estarán suministradas por una unidad de control de aire de volumen variable localizado en un cuarto adyacente a la planta.

#### II.3.1.10.6 Sistema de abastecimiento de combustible

La terminal Fase 1, plataformas, zonas de aterrizaje y el área de estacionamiento de las aeronaves, contarán con un sistema de abastecimiento de combustible. Se requerirá de dos tuberías de combustible de 600 mm (24 in) que saldrán de las instalaciones de combustible hacia la tubería de combustible de la plataforma y los puestos de la terminal.

Cada 600 mm la línea de conducción se interconectará con otra válvula de aislamiento en una bóveda bajo tierra, aunque la línea de conducción estará interconectada, cuando una válvula sea cerrada normalmente mantendrá su independencia de otra. Las líneas de conducción de combustible correrán a tamaño completo en los lados longitudinales opuestos de la terminal para al finalizar formar un sistema de tuberías en bucle.

El diseño del sistema de abastecimiento de combustible no pasará por debajo de las pistas y sus calles de rodaje paralelas.

Las instalaciones de combustible consistirán en los siguientes componentes:

- ⊕ Hasta doce tanques de almacenamiento de combustible (turbosina) con 66,600 barriles cada uno (hasta 799,200 barriles) compatibles con API 650 en el año 2062
- ⊕ Sistema de control de inventario
- ⊕ Sistema de controladores lógicos programables (Sistema PLC) para la instrumentación y el control de la instalación de almacenamiento y de las válvulas de las bóvedas de válvulas de aislamiento
- ⊕ Sistemas de protección catódica por corriente impresa para fondos de tanque y tubería subterránea
- ⊕ Sistema de emergencia de cierre de combustible (EFSO, por sus siglas en inglés)
- ⊕ Estación abastecedora doble de carga inferior, teniendo cada uno una tasa de carga de 600 gpm (38 l/s)
- ⊕ Sistema de contención de derrames de tanque de turbosina
- ⊕ Seis estaciones de descarga de camión repartidor de combustible para reactores sobre el camino con almohadillas de contención de derrames y un separador de aceite-agua
- ⊕ Filtros micrónicos de recepción de combustible de 750 gpm (47 l/s) y filtros separadores de 600 gpm (38 l/s)
- ⊕ Medidores receptores de combustible de desplazamiento positivo
- ⊕ Ductos de suministro de combustible de PEMEX con sus respectivos pre filtros micrónicos y tratadores de arcilla, medidores de turbina o ultrasónico
- ⊕ Tubería de llenado del tanque
- ⊕ Tubería de succión del tanque
- ⊕ Ventilación del depósito de combustible para reactores API 650 con apaga llamas
- ⊕ Estación de bombeo de abastecimiento de combustible con bombas centrífugas horizontales API 610 y filtros separadores, una almohadilla de contención de derrames y separador aceite-agua
- ⊕ Válvulas de control de recirculación del sistema de abastecimiento de combustible
- ⊕ Sistema de tuberías de recirculación de la estación de bombeo
- ⊕ Un sistema de transferencia tanque a tanque, de recirculación y vaciado de turbosina de 600 gpm (38 l/s) con pre-filtro micrónico y filtro de arcilla de 600 gpm (38 l/s)
- ⊕ Protectores de cárter de tanque de almacenamiento de turbosina, uno por tanque
- ⊕ Un edificio de operaciones completo con laboratorio de pruebas de combustible
- ⊕ Un administrador del sistema de abastecimiento, un medidor de repostado de aeronaves y una instalación de calibración de control de presión
- ⊕ Una instalación de mantenimiento de vehículos de combustible
- ⊕ Sistema de medición automático del tanque
- ⊕ Un área de almacenamiento de 8 posiciones para la descarga de los camiones de entrega de combustible para reactores

- ⊕ Un área de almacenamiento de 32 posiciones para la descarga de los camiones de entrega de combustible para reactores fuera de la reja de seguridad de la instalación
- ⊕ 22 puestos de estacionamiento de automóviles para el personal del sistema de abastecimiento de combustible
- ⊕ Tanque de recuperación de turbosina
- ⊕ Un protector de cárter para cada tanque de turbosina

Los tanques de combustible se diseñaran y examinarán siguiendo las normas API 650 y API 653. La relación espacial del sistema de abastecimiento de combustible en relación con el edificio de la terminal se ajustará a las normas NFPA 407 y NFPA 415.

El diseño de las instalaciones de combustible se ajustará a las normas NFPA 30, NFPA 30A, IE 1540 y demás normas aplicables.

Las normas de medición de combustible serán el Manual de normas de medición de petróleo, capítulos 2, 3, 4 y 5, así como la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCFI-2011.

#### – Tuberías de combustible

Las tuberías estarán por encima del suelo para eliminar el asentamiento diferencial entre los tanques de almacenamiento y las tuberías, con esto facilitarán el acceso para el mantenimiento de los sistemas. Todas las tuberías de combustible serán de acero con un grado mínimo de A53B. En la transición a las tuberías subterráneas en el perímetro, para la distribución de combustible en aeródromo, se utilizarán juntas articuladas para permitir el movimiento entre tubería que va sobre el suelo y la subterránea.

La tubería del sistema de abastecimiento de combustible se diseñará conforme la norma ANSI B31.3. Las bridas de tubería serán de clase ANSI 150 (150 psig) (ISO / DIN 10 [10 bar]). La presión máxima permitida en estado constante no excederá de 285 psig (20 bar) y la mínima del sistema en salida será de 75 psig (5.2 bar).

#### – Bombas del sistema de abastecimiento de combustible

Las bombas del sistema de abastecimiento de combustible serán bombas centrífugas horizontales de 1,500 gpm (95 l/s) de conformidad con la API 610. La eficiencia mínima de las bombas será de 75%. Las bombas de la estación de descarga de camiones de combustible serán de 600 gpm (38 l/s) centrífugas auto-aspirantes.

#### – Sistema de re-abastecimiento de carga inferior

Se colocará una estación doble de re-abastecimiento de carga inferior cerca de la bóveda de la válvula de aislamiento B y en cada uno de las dos ubicaciones de 4 puestos de estacionamiento. Cada estación dispondrá de 600 gpm (38 l/s) de capacidad y tendrá los siguientes componentes:

- ⊕ Una contención de derrames y su respectivo separador de aceite-agua
- ⊕ Un carro de servicio para abastecimiento de combustible de 600 gpm (38 l/s) con medidor compensado por temperatura e impresora de notas, acoplador de hidrante con control de presión con llave de bayoneta, válvula de control de presión, filtro/separador, mangueras para combustible, sistema presurizado de control operado con aire con sistema *deadman* de aire.
- ⊕ Un hidrante de combustible de 150 mm por 100 mm en una toma (o pit) para abastecimiento de combustible
- ⊕ Estación de cierre de emergencia de combustible
- ⊕ Extintores portátiles
- ⊕ Mínimo dos estaciones de cierre de emergencia de combustible

#### – Bóvedas de la válvula de aislamiento

Las bóvedas de válvulas de aislamiento se proporcionan para aislar secciones de la tubería del sistema de abastecimiento de combustible y en los sistemas de re-abastecimiento de carga inferior. Cada bóveda tendrá doble bloqueo y válvulas de aislamiento tipo purga, como las fabricadas por Cameron (sello doble), Western Valve (válvula Danex), o equivalentes aprobados. Cada válvula tendrá un operador de motor eléctrico para operación manual a distancia u operación automática durante un cierre de combustible de emergencia.

– Tanques de almacenamiento de combustible

Los tanques de almacenamiento de combustible serán diseñados y construidos como tanques de acero verticales que se ajusten a API 650. La inspección final y la aceptación de cada construcción la realizará un inspector API 653 certificado. Los tanques de combustible serán de pared fija y techo flotante, asimismo cubrirán las distancias de separación.

Cada tanque tendrá las siguientes características:

- ⊕ Armazón de acero
- ⊕ Techo cónico con costura débil de pared al techo
- ⊕ Columnas de soporte del techo cónico
- ⊕ Escotilla en el techo para el ingreso de personal al tanque
- ⊕ Escotilla de calibración montada en el techo, medidor de nivel y equipo de alarma de nivel, ventilación en la azotea, barandilla en el perímetro con la placa rodapié y luces de advertencia, según corresponda a la ubicación en el aeropuerto, y accesorios para techo diversos para el indicador de posición de succión flotante y cables de pruebas de función
- ⊕ Piso cónico inferior del tanque
- ⊕ El armazón del tanque tendrá una escalera helicoidal externa a la azotea y terminará en una plataforma al nivel del techo. La escalera tendrá un pasamano de seguridad
- ⊕ La pared externa del tanque tendrá las siguientes boquillas y características de acceso:
  - Dos compuertas con bisagras de 1 m de diámetro localizadas diametralmente opuestas entre sí e instaladas en el eje de la dirección predominante del viento
  - Un registro de acceso al tanque con bisagras y forma de lápida de 1 m de ancho
  - Una boquilla de aspiración de la bomba dimensionada para una velocidad de flujo máxima de 5 ft/s (0.0254 m/s)
  - Una boquilla de llenado del tanque dimensionada para una velocidad de llenado máxima de 6 ft/s (0.0305 m/s)
  - Un difusor de llenado del tanque instalado para descargar aproximadamente el paralelo al armazón del tanque y hacia abajo al piso del tanque para reducir la velocidad de flujo a 3.3 ft/s (1 m/s), máximo
  - Una boquilla de extracción de agua para una válvula doble de extracción de agua por Ocecco, Shand y Jurs, o equivalentes aprobados
  - Dos boquillas de 200 mm para el vaciado del tanque, transferencia de combustible del tanque a tanque y para la recirculación del combustible del tanque. Una de ellas será para la succión de la bomba de extracción y la otra será para la transferencia de combustible o para devolverlo al tanque
  - Dos conexiones con bridas externas / internas de 50 mm para eliminar mezclas de combustible/agua del sumidero del tanque y devolver el combustible al tanque después de ser procesado por un sistema protector de cárter. El sistema protector del sumidero será modelo Gammon Technical Products 616B o equivalente
  - Múltiples boquillas de brida instaladas a diferentes elevaciones en el armazón del tanque para determinar la temperatura del combustible en los distintos niveles de compensación (corrección) de temperatura del volumen de combustible en relación con la temperatura de medición volumétrica estándar
  - Montajes para una tabla que indique la posición de succión flotante y el sistema de cable
  - Orificios para cámaras de generación/aplicación de espuma AFFF
  - Escudetes adjuntos a los pernos de anclaje para terremoto en todo el perímetro del armazón.
  - Terminal(es) de cables eléctricos
  - Conexiones eléctricas de protección catódica

El timbre del tanque (parte de la planta de acero que se extiende fuera del armazón del tanque) tendrá material de sellado instalado entre el timbre y la pared del anillo. Se instalará una falda elastomérica del armazón del tanque a la cara vertical de la pared del anillo del tanque para evitar que el agua se escape más allá del sello del timbre y entre en el espacio bajo el piso del tanque.

La boquilla de extracción de agua tendrá reductor de tubería de 3 in por 1 in dentro del tanque para un tubo de extracción de 1" de la pared del tanque de sumidero y terminará una pulgada arriba del piso del sumidero. La tubería se conectará a una boquilla

montada en la parte interior de la pared del tanque, la tubería de extracción de agua será de acero inoxidable para eliminar cualquier recubrimiento y repintado.

Se instalará un revestimiento de membrana de contención secundaria y un sistema de protección catódica bajo el fondo de cada tanque para evitar que los derrames se liberen hacia el medio ambiente y para evitar la corrosión de la parte inferior del piso del tanque.

Se instalarán tuberías perforadas para la detección de fugas a través del muro circular del tanque y entre el piso de acero del tanque y el revestimiento de membrana para detectar las fugas del tanque de almacenamiento de turbosina. De igual forma se instalarán dispositivos internos de succión (es) flotante a la boquilla interna de succión del tanque. Asimismo se instalarán uno o más dispositivos paralelos entre sí para alcanzar una velocidad de flujo máxima de succión de 5 ft/s (1.52 m/s), estos dispositivos de succión flotante se extenderán casi hasta el centro del tanque y tendrán una junta articulada en el extremo de la pared del tanque, una boquilla volteada hacia abajo con placa anti-vortex montada sobre el extremo libre del brazo de succión flotante.

Se instalará un sistema de flotación en el brazo de succión para proporcionar la flotabilidad requerida para el extremo(s) libre(s) del dispositivo de succión, de tal manera que flote sobre el combustible en el tanque. Una cadena de rotación de restricción montada al piso del tanque y al brazo de succión flotante para limitar el recorrido de rotación a 30 grados sobre la horizontal. Se instalarán soportes para el dispositivo de succión flotante en el piso del tanque para apoyar la succión cuando el nivel de combustible en el tanque esté demasiado bajo para que el dispositivo flote. Los soportes para la tubería deben instalarse a buena altura para proporcionar una distancia de 300 mm entre la parte inferior de la placa antivortex del dispositivo de succión flotante y el piso del tanque.

– Tanques de almacenamiento de residuos de combustible y de combustible recuperado (tanques de recuperación del producto)

Se proporcionarán tanques horizontales para almacenar temporalmente los residuos de combustible y recuperar combustible reutilizable en tanques separados.

- ⊕ El tanque será de doble pared, resistente al impacto y al fuego y construido y probado de acuerdo con UL 2085.
- ⊕ El tamaño del tanque se determinará durante el diseño del Proyecto. El tamaño mínimo será de 500 galones (1,900 litros) netos.
- ⊕ Los tanques tendrán dos compuertas, un respiradero normal y otro de emergencia, una de llenado del tanque, una bomba sumergible montada en el tanque, un indicador de nivel del tanque de succión flotante con cable de prueba de carga, una bomba manual de extracción de agua, cubierta de tanques, escotilla de calibración del tanque, una alarma de alto nivel y una válvula de cierre interno diseñada para aplicaciones de llenado a presión.

– Sistema de contención del tanque de almacenamiento API 650

Todos los tanques de almacenamiento de combustible en las instalaciones de combustible estarán provistos de un sistema de contención de derrames diseñado y construido de acuerdo con la norma NFPA 30 y los códigos y normas locales.

Los tanques de almacenamiento de combustible de reactores API 650 tendrán un sistema de contención que consiste en paredes de contención de concreto de aproximadamente 1.83 m de alto como máximo, un piso de concreto con recubrimiento de membrana elastomérica debajo del piso. El sistema de contención estará diseñado considerando el asentamiento del área de contención y el asentamiento diferencial entre las cimentaciones de tanque con soporte de pilotes y el sistema de contención con piso y membrana. Cada área contenida tendrá una entrada para válvulas de drenaje pluvial conectadas al sistema de residuos industriales de las instalaciones de combustible.

El sistema de revestimiento elastomérico consistirá en un forro de tela protectora por debajo y por encima de la membrana elastomérica para protegerla del desgaste y de perforaciones causadas por el suelo y la grava. El revestimiento elastomérico se sujetará al muro circular del tanque con sellos elastoméricos, listones de acero inoxidable, pernos epoxi para anclaje, arandelas y tuercas.

El área de contención del dique tendrá diques de tierra intermedios de 0.915 m, como lo exige la NFPA 30, para minimizar los derrames al transportar de un tanque a otro por razones relacionadas con el fuego.

Cada área de diques tendrá un pozo de sumidero con una válvula de cierre normal en la entrada de la tubería de drenaje asociada. El tubo de drenaje será conectado al sistema de drenaje pluvial. La válvula de descarga del colector de fango se abrirá solamente si no hay ninguna indicación visible de hidrocarburos en la superficie del agua pluvial contenida. Si se detectan hidrocarburos, la condición será corregida antes de que se suelte el agua contenida al colector de aguas pluviales.

Las áreas de contención con diques, o las áreas remotas de captación estarán protegidas con sistemas fijos de protección contra incendios a base espuma, de acuerdo con la Norma NFPA 11 sobre espumas de expansión baja (edición 2001).

– Sistema de contención del tanque de almacenamiento UL 2085

El sistema de contención del tanque de almacenamiento de combustible horizontal UL285, es un tanque de doble pared resistente al fuego y a impactos. La pared exterior del tanque califica como un sistema de contención para la parte interna del mismo, el cual contiene la turbosina recuperada. El tanque se colocará sobre una losa de concreto que tenga muros de contención de concretos con una membrana debajo del piso del concreto y unida a los muros de contención, se colocará un material textil de protección y arena debajo y encima de la membrana para protegerla de cualquier perforación.

La losa será de un solo colado de concreto reforzado con acero. Se sellará la unión de la losa a los muros de contención con un sellador elastomérico resistente a turbosina y con juntas *Waterstop* coladas en la losa de concreto y en los muros de contención. El espacio encima de las juntas coladas en el sitio se llenará con un sellador resistente a la turbosina diseñado para esta aplicación.

El sistema de contención tendrá un tubo de drenaje y una válvula externa instalada. La válvula de drenaje deberá mantenerse cerrada y sólo se abrirá para drenar el agua y pequeñas cantidades de combustible hacia el sistema de tubería de drenaje.

Para grandes cantidades de turbosina en la contención de derrames, la turbosina se extraerá mediante un camión vaciador que se utiliza para sacar turbosina y agua de los pits de hidrantes y de las bóvedas de válvulas.

El sistema de contención se diseñará en cumplimiento con la NFPA 30 y con códigos y normas locales.

– Sistema de calibración del tanque de combustible

Los tanques de almacenamiento de combustible API 650 estarán provistos de un tanque de radar de onda guiada con sistema de medición con la capacidad de medir el nivel de agua en la parte inferior del tanque. El sistema de medición de tanques se comunicará con la sala de control de las instalaciones de combustible en el edificio de operaciones y reportará el nivel de combustible y los niveles de agua en régimen de tiempo real. La precisión deseada del sistema de medición de tanques es de 1 mm de nivel de combustible.

– Sistema de alarma y control del nivel del tanque

Se dispondrá de un sistema de alarma de nivel tipo radar, para controlar lo siguiente:

- ⊕ Alarma de nivel alto del llenado del tanque
- ⊕ Alarma de alto nivel- llenado del tanque alto y cierre del relleno de la válvula
- ⊕ Alarma de bajo nivel de combustible del tanque cierre de bomba de combustible

El equipo de alarma de nivel será diseñado para el control de nivel y el servicio de alarma y tendrá una precisión de 5 mm o menos. El sistema se comunicará con la sala de control de las instalaciones de combustible en el edificio de operaciones y reportar las condiciones de alarma sobre una base de tiempo real.

– Sistema de protección catódica

Toda la tubería subterránea será protegida contra la corrosión galvánica por medio un sistema de protección catódica de corriente aplicada. La protección catódica se ha diseñado para tener una vida útil de 30 años.



– Sistema de instrumentación y control

El sistema de abastecimiento de hidrantes de combustible contará con un sistema de instrumentación y control, el cual contiene lo siguiente:

- ⊕ Transmisores de presión con pantallas:
  - En la conexión de los ductos de Pemex al equipo receptor aguas arriba de la válvula de cierre de Pemex
  - En todas las descargas de bomba
  - En toda la tubería de succión de bombas
  - En todos los filtros micrónicos, tratadores de arcilla y filtros separadores (de tipo diferencial)
  - En los probadores de medidores (meter provers)
  - En todos los medidores de flujo
- ⊕ Transmisores de temperatura con pantallas locales:
  - En todos los medidores para compensación de temperatura de las lecturas del medidor
  - En múltiples niveles verticales de cada tanque de almacenamiento API 650 para tener compensación de temperatura del sistema de medición de nivel.
  - En los medidores de probadores
  - En los sistemas de inyección de aditivos
- ⊕ Transmisores de conducción:
  - En el punto de conexión a los ductos de Pemex
  - En cada estación de descarga de camiones
  - -En cada sistema de inyección de aditivos para la inyección de Statis 450, si se requiere.
- ⊕ Transmisores de densidad:
  - En cada medidor de flujo
  - En cada sistema de inyección de aditivos
  - En cada sistema de descarga de camiones
- ⊕ Medidores de flujo (todos deberán estar certificados para transferencia de custodia):
  - En la conexión a los ductos de PEMEX -ultrasónicos o tipo Coriolis
  - En cada estación de descarga de camiones- Del tipo de desplazamiento positivo con transmisores electrónicos o tipo turbina.
  - En cada ensamblaje de equipo de filtración para monitorear la tasa de flujo y para ajustar la válvula de control de flujo del filtro separador - tipo placa con orificios con transmisor y pantalla local.
  - En cada descarga de la bomba- tipo placa con orificios con transmisor y pantalla local para monitorear las tasas de flujo de la bomba y para secuenciamiento de la bomba en el sistema de control.
  - En cada tubería de estación de carga inferior de cada estación de carga de autotanques (estaciones de doble propósito) - desplazamiento positivo con transmisor electrónico.
- ⊕ Transmisores de nivel:
  - En cada tanque API 650 tipo radar con onda guiada:
    - nivel bajo bajo - Específico para el tanque
    - nivel bajo - Específico para el tanque
    - nivel alto - 90% lleno
    - nivel alto alto - 95% lleno
  - En cada tanque que no sea API 650 - Magnetoestrictivo o tipo radar:
    - nivel bajo bajo - Específico para el tanque
    - nivel bajo - Específico para el tanque
    - nivel alto - 90% lleno
    - nivel alto alto - 95% lleno
- ⊕ Transmisores de alarma de nivel:
  - En cada tanque API 650 - tipo radar con onda
  - En tanques que no sean API 650 - tipo capacitivo o magnetoestrictivo

El sistema de control tendrá una sala central de control con el PLC relacionado, computadoras e interfases HMI para el monitoreo y control de las instalaciones de almacenamiento de combustible y el sistema de abastecimiento de hidrantes de combustible. El sistema de control deberá monitorear y controlar lo siguiente:

- ⊕ Todas las válvulas operadas con motor - estatus, abierto, cerrado, falla,

- ⊕ Todos los sensores y las alarmas de nivel de tanque
- ⊕ Todos los transmisores de temperatura
- ⊕ Todos los transmisores de presión
- ⊕ Todos los medidores de flujo
- ⊕ Todos los transmisores de conducción
- ⊕ Todos los transmisores densitómetros
- ⊕ La condición de supervisión de cada cable de los sistemas de instrumentación

– Pozos del sistema de abastecimiento de combustible

Los pozos del sistema de abastecimiento de combustible y bóvedas de la válvula serán de un mínimo de 33.3 m (100 ft) desde el edificio de la terminal o cualquier otro edificio siempre que sea posible y no estarán a menos de 50 pies de cualquier edificio.

Los pozos abastecimiento de combustible proporcionarán a las aeronaves de la siguiente manera:

- ⊕ Se proporcionará un pozo del sistema de abastecimiento de combustible en un ala derecha para el grupo 3 y para los aviones más pequeños
- ⊕ Se proporcionará un pozo de abastecimiento, para el ala derecha y uno para el ala izquierda para el grupo de aviones 3, 4 y 5

– Drenajes de bajo nivel y ventilaciones de alto nivel

El sistema de abastecimiento de combustible será instalado con pendientes descendentes y ascendentes verticales para crear niveles bajos para recoger el agua que está presente en el combustible y para crear niveles altos para recoger el aire para su posterior eliminación de agua y de aire del sistema de tubería. La pendiente mínima será de 0.5% hacia arriba o hacia abajo.

Cada punto bajo estará provisto de un pozo de drenaje de bajo nivel para la eliminación periódica del agua y para el drenaje del combustible principal para fines de modificación de mantenimiento, reparación o tuberías.

Cada nivel alto tendrá ventilación en pozos para la eliminación periódica del aire en la red eléctrica de combustible y de aire en el combustible principal durante la eliminación de combustible a partir de la red eléctrica con el drenaje de bajo nivel.

La tubería de drenaje de bajo nivel tendrá un tubo ascendente a la superficie y una tapa de tubo que forme un bolsillo de recolección en la parte inferior de la tubería principal de combustible y directamente bajo el tubo ascendente, una tubería de drenaje de 50 mm se inserta en el tubo de subida y se extiende hasta dentro de 25 mm de la parte inferior de la tapa del tubo de drenaje. El tubo de drenaje tendrá un dispositivo de centrado en el tubo de subida. La tubería de drenaje se extenderá a través de una brida ciega en la parte superior de la tubería ascendente y termina en una válvula de bola y acoplamiento de conexión rápida. Se instalará una válvula de ventilación utilizando un anillo de drenaje debajo de la brida ciega.

– Eliminador de sobrecargas

Los cambios en la velocidad de flujo del combustible pueden provocar golpes de presión dentro del sistema de tuberías, el efecto es más grave entre más lejos de la estación de bombeo del sistema de abastecimiento de combustible ocurra el golpe de presión. Para evitar lo anterior, se realizará lo siguiente:

- ⊕ Se revisará el sistema abastecimiento de combustible para golpes de presión excesivos, utilizando uno de los programas especializados disponibles para este propósito
- ⊕ Se instalarán supresores de sobretensiones tipo vejiga por encima del suelo, para reducir los golpes depresión a menos de 20 bar
- ⊕ Los eliminadores de sobrecargas tendrán válvulas de aislamiento instaladas en su brida de entrada para fines de mantenimiento como reemplazo periódico de la cámara de aire

– Conexión a tierra del sistema de abastecimiento de combustible

Válvulas hidrantes, conexiones de ventilación de alto nivel, conexiones de drenaje de bajo nivel y todas las tuberías con conexiones para equipos móviles, estarán eléctricamente aislados de sus tuberías principales de combustibles por medio de kits

de aislamiento de brida y conectados bajo tierra a una varilla de tierra adyacente a su asociado pozo de servicio de tierra o bóveda. Cada varilla de conexión a tierra se extenderá a la superficie y terminará en una esfera y copa de conexión a tierra con cubierta.

– Sistema de cierre de combustible de emergencia (EFSO)

El sistema de cierre de combustible de emergencia de las instalaciones de almacenamiento estará separado pero interconectado con el sistema de abastecimiento de combustible de aviación.

Se instalará una estación de cierre de combustible de emergencia en cada compuerta de contactos de aeronaves y en cada plataforma de estacionamiento, asimismo se instalarán estaciones en la recepción de tubos de combustible de PEMEX, en la estación de descarga de camiones de combustible, en la estación de bombeo y en toda la zona de los tanques de almacenamiento de combustible

Los componentes del sistema de cierre de combustible emergencia serán los componentes del sistema de alarma contra incendios, incluyendo lo siguiente:

- ⊕ Panel de control EFSO con contactos auxiliares secos y marcadores automático de varias líneas
- ⊕ La estación de accionamiento del sistema de cierre de combustible emergencia clasificada para exteriores con cubierta resistente a la intemperie y botón de bloqueo que permanecerán en la posición accionada hasta que sea desbloqueado con la llave para reiniciar
- ⊕ Estación de cierre de combustible emergencia clasificada para exteriores de luz estroboscópica y bocina
- ⊕ Un módulo de identidad para identificar qué la estación de cierre de combustible emergencia ha sido activada
- ⊕ Alambre y cables del sistema de alarma contra incendios
- ⊕ Módulo de comunicación para interconectar el sistema cierre de combustible emergencia a un sistema PLC que cerrará las válvulas de aislamiento del sistema de abastecimiento de combustible para aislar la compuerta en las proximidades de la estación de la activación
- ⊕ Diversos componentes adicionales específicos del fabricante necesarios para el sistema

La activación de la estación del sistema de cierre de combustible de emergencia hará que ocurra lo siguiente:

- ⊕ Activará la bocina y la luz estroboscópica de la estación de cierre de combustible emergencia
- ⊕ Envía una señal codificada única para el panel de alarma
- ⊕ Los contactos secos cambiarán de posición (abierto o cerrado) para cambiar un enlace de cableado al controlador del motor de la estación de bombeo asociada para detener el flujo de combustible
- ⊕ Módulo de comunicación del sistema de cierre de combustible emergencia conectado con el sistema PLC del sistema de abastecimiento de combustible señalará que las válvulas de aislamiento se cerrarán para aislar la sección afectada del principal sistema de abastecimiento de combustible
- ⊕ Marcador automático del panel de control del sistema de cierre de combustible emergencia deberá llamar a la estación de bomberos, policía, director de operaciones y personal del aeropuerto capacitado
- ⊕ El sistema PLC del sistema de cierre de combustible, hará que las válvulas de aislamiento en las bóvedas de las válvulas de aislamiento adyacentes se cierren
- ⊕ Mantendrá encendido el sistema de iluminación, el sistema de instrumentación y todas las válvulas operadas con motor eléctrico, el sistema de comunicación y todos los sistemas de seguridad y protección

– Sistema de bombeo, suministro y transferencia de combustible

Los sistemas de bombeo de combustible cumplirán con el Código Internacional contra incendios, el Código de líquidos inflamables y combustibles (NFPA 30, edición 2012), la norma 407 sobre Abastecimiento de combustible en aeronaves (edición 2012), la Norma 415 para Edificios Terminales de Aeropuertos, drenaje de rapas para Servicio de Combustible, y pasillos de embarque (edición 2008) y otros códigos o normas aplicables.

Los sistemas de suministro de combustible requerirán contención secundaria, se interconectarán con el sistema de combustible al activarse la alarma de la terminal. Asimismo para el área de transferencia requerirá contención secundaria que este protegida con sistemas de protección contra incendios a base espuma de acuerdo con la norma NFPA 11.

– Pruebas

A los tanques de almacenamiento de combustible, una vez que se haya finalizado la construcción de cada uno de ellos, se realizará una inspección final mediante las siguientes pruebas.

- ⊕ Pruebas de verificación
  - Verificación de cumplimiento de especificaciones
  - Verificación de las condiciones de instalación
  - Verificación de la correcta instalación
  - Historial del equipo
  - Información del fabricante
  - Especificaciones de diseño del equipo
  - Información de la orden de compra
  - Especificaciones del equipo en planta
  - Información de mantenimiento
  - Lista de insumos que utiliza el equipo o para su mantenimiento
  - Especificaciones de sistema de apoyo crítico
  - Características de los sistemas de control y monitoreo
  - Calibración
  - Mantenimiento preventivo
  - Listado de repuestos
  - Descripción del equipo auxiliar
  - Planos de instalación
  - Calibración de instrumentos
  - Desarrollo de la documentación involucrada
  - Descripción del equipo y su capacidad de trabajo
- ⊕ Pruebas de integridad mecánica
  - Aseguramiento de la calidad de equipos.
  - Inspección y pruebas.
  - Procedimientos de mantenimiento.
  - Capacitación en mantenimiento.
  - Control de calidad de materiales de mantenimiento y partes de repuesto.
  - Ingeniería de confiabilidad.
  - Reparaciones y modificaciones.
  - Auditorías.
- ⊕ Pruebas No Destructivas (PND)
  - Inspección Visual
  - Pruebas Hidrostáticas
  - Líquidos Penetrantes
  - Pruebas Magnéticas, principalmente Partículas Magnéticas
  - Ultrasonido
  - Pruebas Radiográficas
  - Pruebas Electromagnéticas, principalmente Corrientes Eddy
  - Pruebas de Fuga
  - Emisión Acústica
  - Pruebas Infrarrojas

La siguiente figura muestra la configuración de la granja de combustible, misma que se pueden observar en el Anexo VIII.2.2.

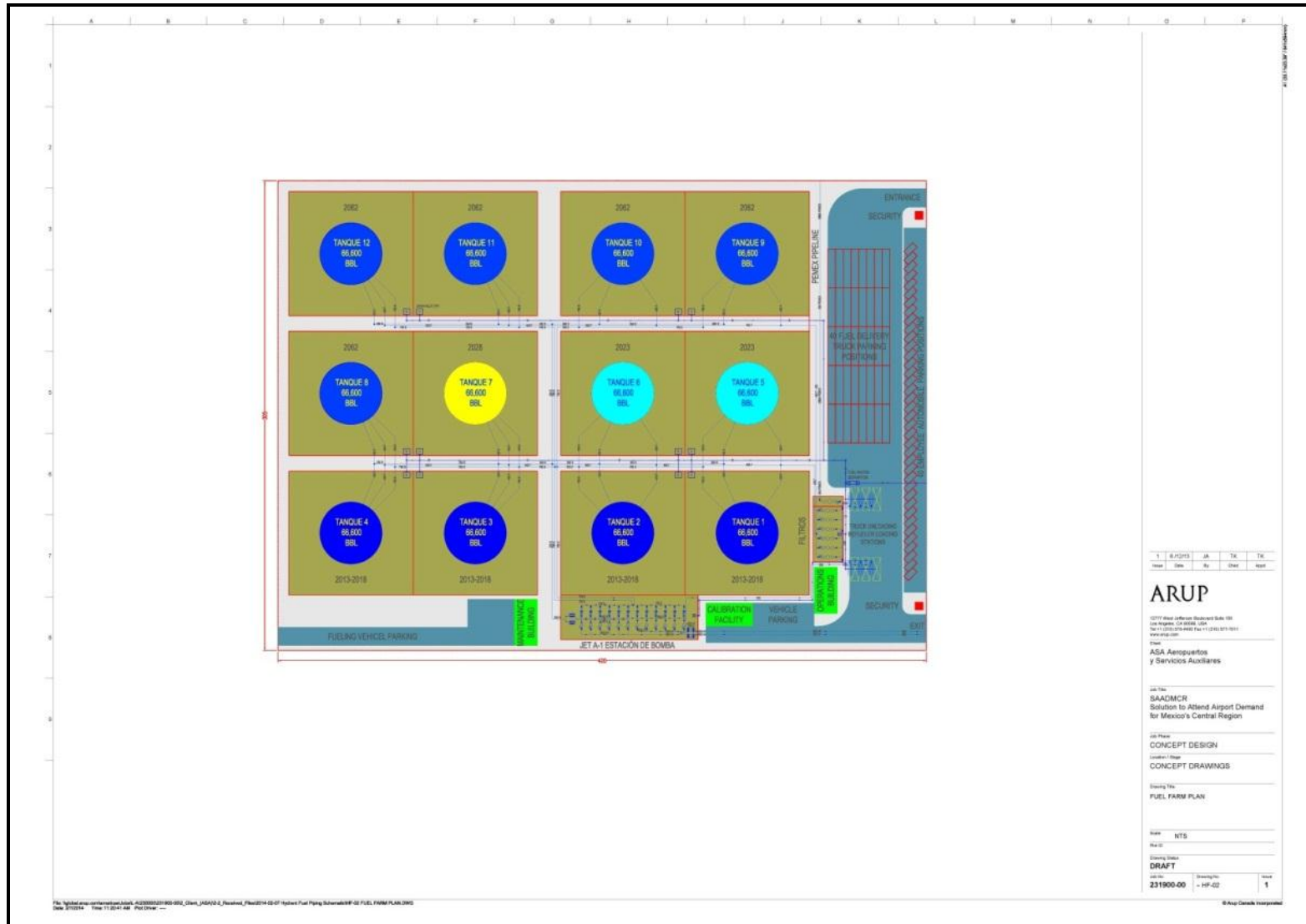


Figura II.84 Plano de la granja de combustible.

### II.3.1.10.7 Servicio de suministro eléctrico y comunicación

El suministro eléctrico para el Proyecto comprenderá de dos alimentadores de 20 MVA a 23 kV de cada una de las propuestas de dos subestaciones receptoras (230 kV a 23 kV) para la Fase 1 en el año 2028, proporcionando doble redundancia. Este servicio será suministrado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Además un porcentaje de la electricidad requerida será obtenida de la celda 4 del relleno sanitario del oriente de la ciudad y de una generación con base en paneles solares, dentro y fuera del aeropuerto, estos proyectos no se evalúan en esta Manifestación de Impacto Ambiental.

Los alimentadores de 23 kV de las subestaciones receptoras tendrán cada uno una capacidad de 20 MVA, y podrán correr bajo tierra en un banco de instalaciones de concreto revestido de las principales celdas de distribución de 23 kV ubicadas dentro de la Planta Central de Servicios. Como mínimo, una caja de derivación eléctrica (prefabricada de la construcción de concreto) se proporcionará cada 165 m (500 ft) de la carrera de alimentación y en cada lugar donde la desviación total del conducto eléctrico subterráneo ascienda a 180 grados (horizontal o vertical).

#### – Confiabilidad de la energía

La confiabilidad de la energía es un objetivo clave del diseño de los sistemas de energía eléctrica para el nuevo aeropuerto. Con el fin de garantizar una alta capacidad de recuperación de energía, se tendrán dos subestaciones receptoras, cada una suministrada a partir de dos estaciones de transmisión diferentes. De cada una de las subestaciones receptoras se tendrán alimentadores de 23 kV que suministren energía a los principales conmutadores de distribución 23 kV ubicados dentro de la Planta Central de Servicios. Una configuración de intercambio de circuito primario del interruptor permitirá la rápida restauración de la potencia en caso de fallo de uno de los alimentadores de servicios públicos primarios.

La confiabilidad del servicio eléctrico es crucial para la operación y la seguridad del aeropuerto. A pesar que la combinación de las fuentes de energía de servicio y la cogeneración local es bastante confiable, para mitigar el riesgo potencial de fallas de distribución, las ayudas a la navegación estarán respaldadas por un generador local a diesel para soportar las cargas críticas.

Cuando haya pérdida de las alimentaciones de servicio, respaldará las cargas. Se proporcionará un no break para las cargas críticas a través de un sistema UPS (Suministro Ininterrumpido de Energía) redundante con una autonomía por batería de 30 minutos mínimo al suministro de energía del no break para las cargas críticas.

El sistema eléctrico de campo se diseñará para ser capaz de funcionar cuando la pista se disponga en estado de categorías II y III en donde se establecen las especificaciones técnicas para obtener la autorización para la realización de operaciones de aproximación y aterrizaje de precisión, el campo de aviación esté en condiciones de baja visibilidad para asegurar que no ocurra una interrupción de energía. Normalmente, el sistema de energía de reserva se convierte en la principal fuente de energía eléctrica y la energía comercial se revertirá al estado de fuente de energía de reserva.

#### – Sistema eléctrico de distribución normal

Con el fin de soportar la carga normal de la demanda eléctrica del sitio al finalizarse la Fase 1 en 2018, se requerirán dos alimentadores de 20 MVA de 23 kV desde cada una de las subestaciones receptoras (SR-01 y SR-02), para dar un total de cuatro alimentadores para proporcionar doble redundancia

Se recomienda dejar suficiente espacio adyacente a las subestaciones proporcionadas en esta Fase 1 (2018) para transformadores adicionales de servicios y dispositivos de distribución de 23 kV para tener la capacidad que se requerirá por el crecimiento de la carga en 2062. Los cálculos preliminares indican que la carga se incrementará de manera significativa para el 2062. Los transformadores se ubicarán en el SR-01 y SR-02 con el fin de soportar el crecimiento futuro esperado en el sitio para el 2062. Los alimentadores de 23 kV de las subestaciones receptoras tendrán cada uno una capacidad de 20 MVA, y correrán bajo tierra en un banco de ductos con revestimiento de concreto dentro de las principales celdas de distribución de 23kV ubicadas dentro de la Planta Central de Servicios. Como mínimo se deberá proporcionar una caja eléctrica de paso por cada 500 m de la corrida del alimentador.

El sistema de distribución eléctrica incluye secciones de distribución de contenidos en los interruptores generales de servicio eléctrico, subestaciones unitarias, transformadores de reducción, alimentadores, interruptores de distribución, centros de control de motores y tableros de alumbrado y de energía. Los buses neutrales de todo el panel de distribución del equipo mecánico

serán dimensionados en 200% de las valoraciones de distribuidor de fase para permitir el impacto de calentamiento de las corrientes armónicas.

El sistema de distribución de energía eléctrica de emergencia estará apoyado por los generadores diesel locales de 480V.

Los generadores estarán conectados a los tableros de control de distribución de emergencia a través de los interruptores de transferencia automáticos locales.

#### – Sistema eléctrico de distribución esencial

Se requiere de un sistema eléctrico de distribución esencial para todo el sitio. Estas cargas se pueden clasificar como de emergencia o de reserva. El sistema de distribución de energía eléctrica de emergencia estará conectado a los tableros de control de distribución de emergencia a través de interruptores de transferencia automática locales. Las cargas de reserva contarán con el respaldo de la planta de cogeneración de la Planta Central de Servicios. Esto se logra mediante la utilización de los sistemas SCADA (Adquisición de Datos y Control Supervisor, por sus siglas en inglés) de dispositivos de distribución de baja tensión y media tensión (23 kV). El sistema SCADA abrirá y cerrará los disyuntores apropiados para asegurar que sólo las cargas críticas sean respaldadas por la planta de cogeneración en el caso de un fallo total de servicios.

Se deberá tomar en cuenta el respaldo que se debe dar a cargas eléctricas del Aeropuerto con plantas de cogeneración locales dentro de las instalaciones de la Planta Central de Servicios. La planta de cogeneración normalmente respalda la carga del sitio del aeropuerto, y las fuentes de electricidad del servicio público se mantendrán en espera activa. Las plantas de cogeneración se conectarán en paralelo con las fuentes del servicio público, y se sincronizarán normalmente con la red eléctrica. La planta de cogeneración tendrá por lo menos un generador redundante. La planta de cogeneración funcionará a una carga de base de 30 MW en el año 2018. La planta exportará energía a la red durante las operaciones de baja demanda del aeropuerto, y la importará cuando varias unidades de cogeneración hayan fallado, o la carga de demanda aeropuerto supere los 30 MW.

Se proporcionará la generación fotovoltaica de todo el sitio. Se calcula que se podrá generar una potencia de hasta 10 MW utilizando el sistema fotovoltaico en el aeropuerto para 2062. Para 2018 está establecido un objetivo de generación fotovoltaica de 5 MW. Los generadores fotovoltaicos variarán entre los 100 a 500 kW, y se conectarán a la distribución local de 480V a través de inversores compatibles a la red. Los generadores fotovoltaicos operarán en paralelo y no en isla en caso de falla total de energía.

#### Hangares, servicios previos al vuelo y estacionamiento

La distribución de energía a los edificios se abastecerá desde la subestación que se ubica en el cuarto eléctrico principal dentro de su edificio correspondiente. Los paneles de distribución ubicados en todo el edificio en los cuartos eléctricos serán abastecidos de la subestación del edificio, según se requiera, estos se instalarán para alimentar las cargas de áreas específicas, incluyendo las cargas del edificio, del estacionamiento de aeronaves y de las pistas.

#### Zonas de estacionamiento para empleados

Se instalarán transformadores de 75 KVA a 150 KVA e interruptores de transferencia y un panel de distribución para las cargas mecánicas y de iluminación en la ubicación del cuarto eléctrico para las áreas cubiertas de estacionamiento. Se proporcionarán transformadores de 75 KVA a 150 KVA e interruptores de transferencia para las cargas de iluminación de las áreas de estacionamiento al aire libre.

#### Sistema contra incendios

Se proporcionará un generador de emergencia a diesel de 416 V para proveer energía a las bombas contra incendios por medio de un interruptor de transferencia automática de 4160 V. La subestación de 4160 V proveerá la energía normal del interruptor de transferencia automática. Se proporcionará un conmutador de emergencia a 4160 V para distribuir la energía a las bombas contra fuego.

### Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR)

La distribución de energía para la PTAR será suministrada desde las subestaciones ubicadas en la sala eléctrica de edificio auxiliar principal de la PTAR. Los paneles de distribución ubicados en toda la planta serán alimentados desde la subestación de la PTAR según sea necesario. La PTAR estará diseñada para manejar el gasto diario y los flujos de descarga del Proyecto y el tratamiento deberá ser conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, debido a que el agua proveniente de la PTAR será reutilizada en el área de sanitarios, en la torre de enfriamiento y en el riego por aspersión, la capacidad de tratamiento será de 11,830 m<sup>3</sup>/día.

### Instalaciones de combustible

Se colocará una subestación de 23 kV-480/277V de doble barra dentro de una caja prefabricada para intemperie, autónoma y completamente ventilada. Se instalará un dispositivo de distribución de MV y LV, tableros de paneles de distribución, transformadores secos para potencia de 120-208V dentro de la caja.

Los transformadores de la subestación serán transformadores en aceite tipo pedestal para exteriores. Esta subestación se alimentará por dos alimentadores de 23 kV con cableado subterráneo en bancos de ductos separados que estén conectados al dispositivo principal de distribución ubicado en la Planta Central de Servicios.

Las instalaciones de combustible contarán con iluminación conectada a tableros de control de la caja de la subestación mencionada previamente.

### Planta Central de Servicios

Las cargas de emergencia de la Planta Central de Servicios se cumplirán por medio de un generador de diesel con un tamaño del 25% de la carga de demanda para el edificio (sin contar las cargas de planta del enfriador) más la carga de la bomba contra incendios. El generador suministrará energía a 480 V a un panel de distribución en el cuarto de energía eléctrica a través de un Interruptor de transferencia automática.

#### – Distribución de 400 Hz

Se instalará un sistema de distribución de 400 Hz, 480V de Fase 3 para proveer energía a cada uno de los hangares y espacios de estacionamiento de aeronaves. El convertidor se montará tan cerca de los puntos de conexión de aeronaves como sea posible. Los convertidores serán cada uno de 90 kVA o 180 kVA, por lo que se proporcionará una energía de 480V, 60 Hz de tres Fases al convertidor.

La distribución de energía para la Planta Central de Servicios se proveerá por medio de un conmutador local de 23 kV (CUP-MV-02) situado en el cuarto del conmutador MV principal. El conmutador de doble barra (CUP-MV-02) será suministrado por dos series de alimentadores subterráneos CUP-MV-01.

#### – Protección contra rayos

Los edificios que requieren un sistema de protección contra rayos completos consistirán en terminales aéreas de rayos en la azotea y conexiones reductoras incorporados a la estructura del edificio. Una red de terminales aéreas se colocará en la azotea del edificio según los requisitos de NFPA 780. Los conductores y la conexión a tierra estarán ubicados cada 30 m (100 ft) aproximadamente, alrededor del perímetro del edificio. Se usarán columnas de acero para construcción en vez de conductores de conexión a tierra cuando sea posible.

#### – Conductos eléctricos subterráneos

Los conductos eléctricos subterráneos de las subestaciones receptoras de la Planta Central de Servicios tendrán un mínimo de 12 (125 mm/5 in) conductos de PVC de concreto-revestido, para la configuración de 2018, 4 conductos más para la configuración de 2062, y el suministro de 4 conductos de repuesto.



Los conductos eléctricos subterráneos serán instalados en zanjas, con una profundidad mínima de cubierta a la parte superior del recubrimiento de concreto de 0.75 m (1 m preferido debajo de los caminos) los conductos eléctricos subterráneos 23 kV se instalarán con un mínimo de radios de curvatura de 11.55 m (35 in) para facilitar la tensión de los cables a través de los conductos. Se proporcionarán subestaciones locales de 23 kV-480V en los edificios para reducir la potencia de distribución de bajo voltaje.

– Conexión a tierra

En la siguiente tabla se resumen las características de conexión a tierra de los componentes.

Tabla II.23 Características de la conexión a tierra de los componentes.

Componentes	Características de la conexión a tierra
Hangares	Estarán provistos de receptáculos de conexión a tierra en el piso para proteger la aeronave de la electricidad estática mientras que se encuentren en almacenamiento o mantenimiento.
Subestaciones	Se proveerá un sistema de electrodos de conexión a tierra y/o rejillas de conexión a tierra para asegurarse de que la resistencia de tierra no exceda los 2 ohms.
Planta Central de Servicios	Se instalarán barras de conexión a tierra en todos los cuartos eléctricos de 23 kV y 480V, se conectará el bucle de tierra de las subestaciones a cada una de las barras de conexión a tierra, también conectará la barra de tierra del conmutador a las barras de puesta a tierra de los cuartos locales.
Hangares de carga, mantenimiento, presidencial y militares	Se proporcionará un conmutador con terminación en ambos extremos con un voltaje medio de 23 kV (MV) para los edificios auxiliares. Se conectarán dos series de alimentadores de entrada en conductos eléctricos subterráneos para alimentar a las subestaciones de barra simple de 23 kV-480/277V localizadas en los edificios adicionales de trabajo.
Servicios previos al vuelo	Se proporcionará por dos alimentadores independientes de 23 kV provenientes de los alimentadores de las vías de acceso y del estacionamiento o del conmutador MV, el que esté más cerca.
Zonas de estacionamiento	El suministro eléctrico se realizará por dos alimentadores independientes provenientes de los alimentadores de entrada de los hangares.
Banda Transportadora	Se proveerá una planta de energía de tracción, dos subestaciones de doble barra de 23 kV y 1.5 MVA, una en el edificio de mantenimiento de banda transportadora y otra en el procesador del edificio alimentados con dos alimentadores independientes de 23 kV provenientes de la Planta Central de Servicios.
Terminal de pasajeros	Se proporcionarán barras de conexión a tierra en todos los cuartos eléctricos de 23 kV y 480V. Se conectará el bucle de tierra de las subestaciones a cada una de las barras de conexión a tierra. Se conectará la barra de tierra del conmutador a las barras de puesta a tierra de los cuartos locales.

– Componentes de equipos eléctricos

En la siguiente tabla se enlistan los equipos eléctricos necesarios para los componentes del Proyecto.

Tabla II.24 Características de los equipos eléctricos de los componentes.

Componente	Características de los equipos eléctricos
Pistas y calle de rodaje	⊕ Subestaciones al aire libre cd 23 kV/480 V, con transformadores montados en plataforma y panel de distribución 480 V en el recinto de NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) 3R
	⊕ Generadores emergencia de diésel. Los generadores de emergencia de diésel deben ser de un mínimo de tres (3) x 1000KW, 480V, trifásico, de 4 cables con tanque de combustible de diésel para funcionar un mínimo de 24 horas de manera autónoma con carga total.
	⊕ UPS (Suministro de energía continuo) de estática redundante doble con autonomía de batería de 30 minutos
	⊕ Cables de 5 kV para la iluminación de las calles de rodaje y pistas de aterrizaje desde las bóvedas de reguladores de corriendo hasta los transformadores de aislamiento
	⊕ Reguladores de corriente, 30 unidades x 50 kW para iluminación de calles de rodaje, pistas de aterrizaje y señalización.
Vías de acceso	⊕ Cables clasificados como 600 V
	⊕ Subestación exterior 23kV/480V, 150kVA con transformador tipo pedestal de 150kVA y tablero de distribución de 480V en gabinete NEMA 3R.
	⊕ Tableros de relays de control de iluminación.
Planta de Tratamiento de Agua Residual	⊕ Subestaciones de 23 kV/480 V con transformadores 1 MVA
	⊕ Tablero de 480 V
	⊕ Paneles de 277/480V y paneles de 120/208 V

Componente	Características de los equipos eléctricos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Transformadores de tipo secos de 480 V/120-208 V</li> <li>⊕ Inversores de la batería con los paquetes de batería de la PTAR</li> <li>⊕ Interconexión de sistemas 480V SCADA para la PTAR</li> <li>⊕ Cables nominales de 600 V</li> <li>⊕ Paneles de relés de control de iluminación</li> </ul>
Sistemas de Manejo de Aguas Pluviales	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Subestaciones de 23 kV/4,160 V con 2 transformadores de 2 MVA para el sistema de bombeo de agua pluvial</li> <li>⊕ Tablero de 4,160 V para el sistema de bombeo de aguas pluviales</li> <li>⊕ Cables de potencia de 5 kV para el sistema de bombeo de agua pluvial</li> </ul>
Plataformas	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Pasarelas de embarque de pasajeros: 10 kVA</li> <li>⊕ Unidad de alimentación de tierra (GPU): para el código C – 90 KVA, código D/E-180 KVA y código F dos 180 kVA</li> <li>⊕ 100 KVA aire pre acondicionado</li> <li>⊕ Iluminación de la torre mástil alta</li> </ul>
Medios de navegación	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Subestación exterior de 23 KV/480 V, con transformador montado en base de concreto y tablero de control de 480 V en la cubierta NEMA 3R</li> <li>⊕ Generadores de diesel de emergencia</li> <li>⊕ Redundantes dual UPS estáticos con la autonomía de la batería de 30 minutos</li> <li>⊕ Cable de 600 V</li> </ul>
Torre de Control y Centro de Control de Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Subestación de barra doble de 23 KV/480 V</li> <li>⊕ Tablero de conmutador de 480 V</li> <li>⊕ Tablero de control de 277/480 V y de 120/208 V</li> <li>⊕ Transformadores secos de 480 V/120-208 V</li> <li>⊕ Generadores diesel de emergencia</li> <li>⊕ Interruptores de transferencia automática (ATS) para transferir energía al generador de energía</li> <li>⊕ UPS estáticas con 30 minutos de batería autónoma</li> <li>⊕ Cableados de edificio nominal de 600 V</li> </ul>
Edificios de Apoyo	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Transformadores de subestación de 23 kV/480 V</li> <li>⊕ Conmutador de 480 V</li> <li>⊕ Tablero de control de 277/480 V y de 120/208 V</li> <li>⊕ Transformadores secos de 480 V/120-208 V</li> <li>⊕ Inversores de baterías con paquetes de baterías</li> <li>⊕ Interconexión de sistema SCADA de 480 V</li> <li>⊕ Cableados de edificio nominal de 600 V</li> <li>⊕ Paneles de relé de control de iluminación</li> </ul>
Hangares, servicios previos al vuelo, estacionamiento y banda transportadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Transformadores de subestación de 23 kV/480V, (1MVA a 2 MVA) y de 23 kV/4160V para bombas grandes</li> <li>⊕ Conmutador de emergencia para bombas contra incendios de 4,160V</li> <li>⊕ Conmutador de 480 V</li> <li>⊕ Tableros de 480 V</li> <li>⊕ Tableros de control de 277/480V y de 120/208V</li> <li>⊕ Transformadores de tipo seco de 480V/120-208V</li> <li>⊕ Generadores de emergencia a diesel de 4160V para las bombas contraincendios</li> <li>⊕ Interruptores de transferencia automática (ATS) de 4160V para la transferencia de energía al generador</li> <li>⊕ Inversores de baterías con cartuchos de baterías</li> <li>⊕ Interconexión del sistema SCADA de 480V</li> <li>⊕ Cables para edificio clasificados de 600V y 5 kV</li> <li>⊕ Paneles de relé para control de iluminación</li> </ul>
Planta Central de Servicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Conmutador GIS(Conmutador con aislamiento de gas) de 23 kV y 200 amp calificado para la distribución eléctrica de todo el aeropuerto</li> <li>⊕ Conmutador GIS de 23 kV y 1200 amp calificado para la distribución eléctrica de la planta</li> <li>⊕ Transformadores de subestación de 23 kV/480V, 2/2.67 MVA</li> <li>⊕ Conmutador de 480 V y 4000 amp</li> <li>⊕ Tableros de 480 V (capacidad de 800 amperios a 2000 amperios)</li> <li>⊕ Tableros de control de 277/480V (225 amps, 400 amps)</li> <li>⊕ Transformadores de tipo seco de 480V/120-208V, (con capacidad de 45KVA a 112.5 KVA)</li> </ul>

Componente	Características de los equipos eléctricos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Tableros de control de 120/208V (con capacidad de 225 amps, 400 amps)</li> <li>⊕ Generadores a diesel de emergencia / reserva</li> <li>⊕ Interruptores de transferencia automática (ATS) para la transferencia de energía al generador</li> <li>⊕ Sistema SCADA de 23 kV y de 480V</li> <li>⊕ Estaciones de monitoreo y control de energía</li> <li>⊕ Transformadores elevadores de planta cogeneradora de 4,160-23 kV</li> <li>⊕ Cables de 25 kV</li> <li>⊕ Cables para edificio clasificados de 600V</li> <li>⊕ Conductos de barras de 4000 amp, 480V</li> <li>⊕ Paneles de relé para control de iluminación</li> <li>⊕ Sistema de UPS estático para las estaciones de monitoreo y control de energía</li> </ul>
Caminos y paredes perimetrales	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Subestación barra simple 23 kV/480 V, 150 kVA</li> <li>⊕ Transformador montado en base de concreto 23 kV a 480/277 V trifásico</li> <li>⊕ Tablero de control 480 V en la cubierta NEMA 3R</li> <li>⊕ Cables 600 V</li> </ul>
Sala de Información	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Conmutador 208 V</li> <li>⊕ Tableros de control 120/208 V</li> <li>⊕ Cables para edificio clasificados 600 V</li> <li>⊕ Paneles Relé</li> </ul>
Cuartos de Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Conmutador de 208 V</li> <li>⊕ Tableros de control de 120/208 V</li> <li>⊕ Entradas de 480 V, salidas de 120/208 V - ups estática con batería con autonomía de 30 minutos</li> </ul>
Cuartos de Tecnología de la Información	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Un tablero de control de 120/208 V "a" alimentado del sistema ups local con una batería de 30 minutos de autonomía</li> <li>⊕ Un tablero de control de 120/208 V "b" de un panel de control en espera</li> </ul>
Terminal de pasajeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Interruptor GIS de 23 kV para la distribución eléctrica en el edificio terminal de procesamiento</li> <li>⊕ Interruptor GIS 23 kV para la distribución eléctrica del edificio terminal satélite</li> <li>⊕ 2 transformadores de subestación para los edificios de la terminal de 23 kV/480 V</li> <li>⊕ Interruptor(es) de doble terminal de 480 V, 3000 amp</li> <li>⊕ Distribuidores eléctricos de 480 V (capacidad de 800 amps a 2000 amps)</li> <li>⊕ Paneles eléctricos de 277/480 V (225 amps, 400 amps)</li> <li>⊕ Transformadores de tipo seco de 480 V/120-208 V (capacidad de 45 kVA a 112.5 kVA)</li> <li>⊕ Paneles eléctricos de 120/208 V (capacidad de 225 amps, 400 amps)</li> <li>⊕ Sistema UPS para comunicación y cuartos tecnología de información</li> <li>⊕ Generadores diesel de emergencia, un generador por dos subestaciones normales de distribución</li> <li>⊕ Interruptores de transferencia automática</li> <li>⊕ 23 kV SCADA sistema de interconexión</li> <li>⊕ 480 V SCADA sistema de interconexión</li> <li>⊕ Cable para el edificio de 600 V y 25 kV</li> <li>⊕ Paneles reguladores del control de electricidad 23 kV/480 V montados en plataforma de concreto en los transformadores exteriores con paneles eléctricos de 480 V y paneles reguladores del control de electricidad, (capacidad de 75 kVA a 150 kVA) para estacionamiento y áreas de accesos</li> </ul>
Instalaciones de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Subestación de 23kV-480/277V de doble barra dentro de una caja prefabricada para intemperie, alimentada por dos alimentadores de 23 kV con cableado subterráneo en bancos de ductos separados</li> <li>⊕ Transformadores tipo subestaciones de 23 kV/48 V</li> <li>⊕ Dispositivo de distribución (switchgear) de 480V</li> <li>⊕ Tableros de distribución (switchboard) de 480 V</li> <li>⊕ Tableros de control de 277/480 V</li> <li>⊕ Transformadores de tipo seco de 480 v/120-208 V</li> <li>⊕ Tableros de control de 120/208 V</li> <li>⊕ Generadores diésel de emergencia</li> <li>⊕ Interruptores de transferencia automática (ATS) para transferir potencia al generador</li> <li>⊕ Sistema SCADA de 480 V</li> <li>⊕ Estaciones de Monitoreo de energía y de control</li> </ul>

Componente	Características de los equipos eléctricos
	⊕ Cables clasificación 600V
	⊕ Paneles de relay de control de iluminación

– Estimación de la carga eléctrica

En 2023 se estima que la carga de la demanda eléctrica será de 39,500 kVA. Después de la Fase final en 2062 la demanda de carga eléctrica habrá aumentado a aproximadamente 72,400 kVA.

En la siguiente tabla se describe la estimación de carga eléctrica de los competes del Proyecto.

Tabla II.25 Estimación de la carga eléctrica de los componentes.

Componente	Estimación de la carga eléctrica
Pistas y calle de rodaje	El servicio preliminar de carga conectada se estima en 500 kVA por pista. Con el fin de cumplir con la carga eléctrica de las calles de rodaje, una superficie de 140,000 m <sup>2</sup> no será superado por cada subestación de 150 kVA.
Vías de acceso	Con la finalidad de satisfacer la carga eléctrica de las vías externas, una superficie de 140,000 m <sup>2</sup> no será excedida por cada subestación de 150 kVA.
Planta de Tratamiento de Agua Residual	Las estimaciones de carga para el sistema de bombeo de la PTAR son de 550 kW.
Sistemas de Manejo de Aguas Pluviales	Sistema de bombeo de aguas pluviales es de 3.3 MW
Torre de Control y Centro de Control de Operaciones	La carga conectada al servicio preliminar está estimada a 1,100 kVA. Se ha permitido una asignación de 100 kVA para el equipo instalado por SENEAM (Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano).
Edificios de Apoyo	Para edificios de rescate y de bomberos, la carga conectada al servicio está estimada de 250 kVA.
Hangares, servicios previos al vuelo, estacionamiento y banda transportadora	⊕ Hangares de carga – 2,200 kVA ⊕ Hangares de mantenimiento – 4,600 kVA ⊕ Hangar de militar - 750 kVA ⊕ Hangar presidencial – 750 kVA ⊕ Cocina de vuelo – 1,700 kVA

### II.3.1.10.8 Iluminación

Los objetivos centrales para el diseño de la iluminación son para crear un paisaje urbano con buena luz que crea un ambiente seguro y atractivo. El sistema de iluminación será de eficiencia energética, sin brillos, y fácil de mantener.

Para el sistema de Iluminación se considera el IESNA LZ3 y LZ4, además la zona es considerada de media y alta actividad con altos niveles, períodos de tráfico simultáneo y el uso peatonal.

– Iluminación de la Torres de Control

Todo el ventanaje deberá ser mitigado para emplear geometrías que no causen deslumbramientos perturbadores o reflejos adversos a la Torre de Control de Tráfico Aéreo, o a los pilotos. Incluyendo lo siguiente:

- ⊕ Vidrio en ángulo en la sala de control visual, Cabina de Control para la mitigación del reflejo
- ⊕ Dispositivos de control solar interior transparentes y desplegados
- ⊕ Toldo exterior (marquesinas) por encima del vidrio, que no interfieran de ninguna manera con las líneas fundamentales de la vista
- ⊕ Los cristales deben ser anti-reflectantes adecuados para estos lugares

Las luces de obstrucción deberán ser proporcionadas para todas las torres de acuerdo con las Leyes Federales de la Autoridad de Aviación Circular de Asesoramiento AC70/7460-1, Obstrucción Marcado, Iluminación y el Reglamento Federal de Aviación (FAR) parte 77.

Para oficinas abiertas y cerradas, los niveles de iluminación estarán por encima de 300 lux, con una buena uniformidad vertical y horizontal. Alternativamente se considerará un nivel ambiental de iluminación de fondo de 150 lux, complementado con iluminación de 300 lux mínimo sobre la superficie de trabajo. La iluminación de emergencia se incluirá a lo largo de las rutas de salida de emergencia.

Tabla II.26 Niveles de iluminación en instalaciones de la Torre de Control.

Sala	Promedio del Diseño (Lux)	Tipo de Accesorio Recomendado	Requisitos del Circuito de Iluminación de Emergencia
Oficina	300-500	Fluorescente / LED	Como el código lo requiera
Secretario	300-500	Fluorescente / LED	Como el código lo requiera
Conferencia	300	Fluorescente / LED	Como el código lo requiera
Almacén	300	Fluorescente Industrial	Como el código lo requiera
Equipo Mecánico	300-500	Fluorescente Industrial	100% de accesorios
Motor Generador	300-400	Fluorescente Industrial	50% de accesorios w/ luz de batería
Equipo de Comunicación	500	Fluorescente Empotrado o Industrial	50% de accesorios
Equipo de Radar/ARTS	500-700	Fluorescente Empotrado o Industrial	50% de accesorios
Interruptor de voz/Telco	500-700	Fluorescente Empotrado o Industrial	50% de accesorios
Descanso	300-500	Fluorescente Empotrado o Industrial	Un accesorio
Vestidor	300	Fluorescente Empotrado o Industrial	Un accesorio
Baños	200	Incandescente o Fluorescente	Un accesorio
Seguimiento del Nivel del Cable de Acceso al Montaje de la Consola	100	Incandescente o Fluorescente Industrial	50% de accesorios
Escalera y Vestíbulos	200	Incandescente o Fluorescente	100% de accesorios en energía esencial y 100% de accesorios de batería operada reserva para la salida mientras E/G arranque muy bien
Pasillos	100	Fluorescente Empotrado	33% de accesorios, como el código lo requiera

Se proporcionarán accesorios de iluminación en la carretera en postes o integrados en la arquitectura de todo el montaje requerido. Para las salidas de las instalaciones y la iluminación peatonal se utilizarán fuentes de iluminación con efecto de luz de larga duración de más de 10,000 horas, incluyendo Halogenuros Metálicos y los LED.

– Iluminación de Plataformas

La iluminación apropiada de las superficies firmes sirve para producir al menos 50 lux, se utilizaran lámparas de re-encendido en cuarzo y balastos se proporcionan para permitir que los accesorios HID de emergencia utilizados para la iluminación de la plataforma continúen sin interrupción durante la transición de fuente normal a de emergencia. Las luminarias de emergencia interiores que utilizan fuentes HID también tendrán un re-encendido de cuarzo o Arco de ahorro donde se requiere.

Habrá un controlador de iluminación informático centralizado con capacidad para el monitoreo de energía y capacidades de carga de vertimiento. Todos los artefactos de iluminación como lámparas y controles de mando deben de poder ser cambiados, (reguladores, controladores LED, transformadores) sin el retiro de la arquitectura (techo o elementos de caleta).

La iluminación de emergencia será proporcionada por tableros de iluminación de emergencia que recibirán alimentación del generador local. Todos los equipos mecánicos que requieran de cargas para el motor que sobrepasen 0.75 kW incluyendo equipos de circulación de aire, bombas, elevadores, escaleras mecánicas, pasillos móviles estarán enlazados a tableros de distribución mecánicos especiales.

– Iluminación de pistas y calles de rodaje

Se contará con los siguientes sistemas de iluminación de pistas de aterrizaje y calles de rodaje para el desarrollo del Proyecto:

- ⊕ Luz de aproximación de alta intensidad
- ⊕ Luz de aproximación complementaria

- ⊕ Indicador de trayectoria de aproximación de precisión
- ⊕ Umbral/fin de la pista
- ⊕ Luces de borde de la pista
- ⊕ Iluminación de eje de la pista
- ⊕ Iluminación de toma de contacto de pistas de aterrizaje
- ⊕ Iluminación de calle de salida rápida
- ⊕ Iluminación de las calles de rodaje
- ⊕ Barras roscadas
- ⊕ Señalización de Aeródromo

Se incluirá la iluminación con tecnología LED donde sea apropiado.

#### Luces suplementarias de aproximación

Las luces suplementarias de aproximación necesarias para las operaciones de categoría III se componen de

- a) Dos luces blancas adicionales en cada lado de la línea central de la luz formando pasadores a lo largo de los 300 m interiores de la línea central de enfoque, las luces en cada pasador espaciadas a 1.2 m.
- b) Una barreta de 4 luces rojas separadas con una distancia de 1.5 m de cada lado de la línea central de cada barreta sobre la parte interna de 270 m del sistema de luces de aproximación El indicador lateral de las barretas debe ser igual al de la iluminación de la zona de punto de contacto.

#### Sistema de indicador de trayectoria de aproximación de precisión

El sistema de indicador de trayectoria de aproximación de precisión consistirá en una barra de ala de 4 multi-lámparas de transición aguda (o una sola lámpara emparejada) de unidades igualmente espaciadas. El sistema se encuentra en el lado izquierdo de la pista, a menos que sea físicamente imposible hacerlo.

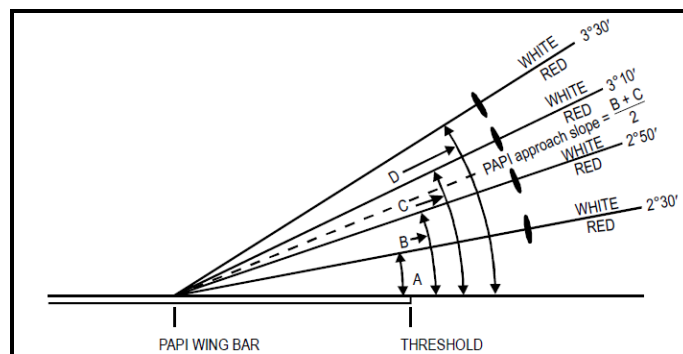


Figura II.85 Sistema de indicador de trayectoria de aproximación de precisión

#### Luces de la pista

Las luces del umbral de la pista serán de color verde, se proporcionarán para una pista equipada con luces en el borde de pista. Cuando el umbral se encuentre en el extremo de la pista, las luces de umbral estarán en una fila en ángulo recto con el eje de la pista, tan cerca al extremo de la pista como sea posible y, en cualquier caso, a no más de 3 m al exterior de la extremidad. Se colocaran luces al extremo de la pista estas deberán ser fijas unidireccionales de color rojo, las luces se colocarán en una línea en ángulo recto con el eje de la pista, tan cerca del final de la pista y en cualquier caso, a no más de 3 m al exterior del mismo.

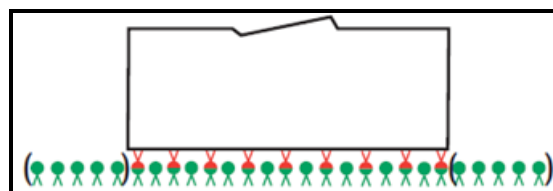


Figura II.86 Luces del umbral.

Al borde de la pista se colocarán luces fijas de color blanco variable ubicadas a lo largo de toda la longitud de la pista a una distancia de no más 3 m. Las luces del eje de la pista se emplearán a lo largo de la línea central con un espaciamiento longitudinal de aproximadamente 15 m, serán luces bi-direccionales y fijas de color blanco variable desde el umbral hasta el punto 900 m del extremo de la pista, alternando rojo y blanco variable a partir de los 900 m del extremo de la pista y rojo de 300 m al extremo de la pista.

En la siguiente figura se indica los diferentes componentes del sistema de iluminación de las calles de rodaje.

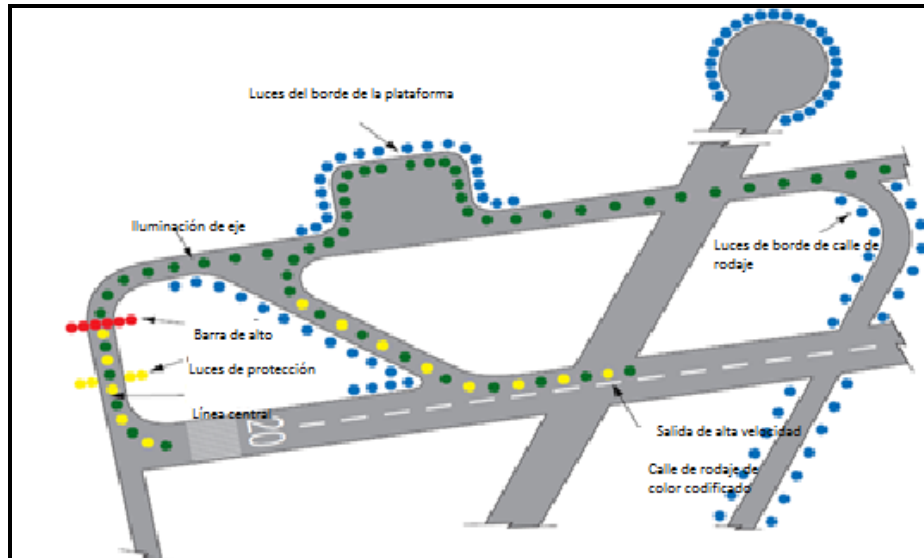


Figura II.87 Componentes del sistema de iluminación de la pista de rodaje.

Las luces indicadoras de la pista de rodaje de salida rápida serán luces fijas unidireccionales de color amarillo, alineadas de manera que sea visible para el piloto de un avión de aterrizaje en la dirección de aproximación a la pista.

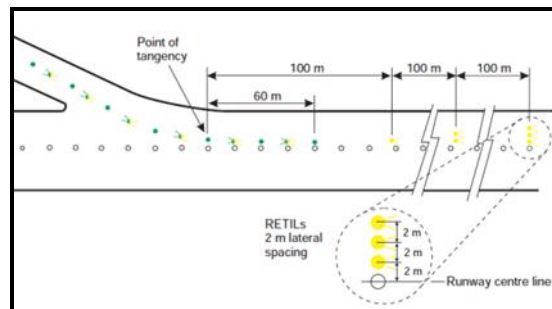


Figura II.88 Luces indicadoras de la pista de rodaje de salida rápida.

Para la línea central de la pista de rodaje las luces serán de color verde y la separación longitudinal no deberá exceder a 15 m, de tal manera que proporcione guía continua entre el eje de la pista y las paradas de aeronaves. La separación en las curvas que se han encontrado adecuadas para la pista de rodaje destinada a utilizarse en condiciones de RVR 350 m o superior son las que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla II.27 Separación de las curvas para la pista de rodaje.

Radio de la curva	Espaciamiento de Luz
Hasta 400 m	7.5 m
401 m a 899 m	15 m
900 m o más	30 m

En el borde de la pista de rodaje se contará con luces fijas de color azul y se proporcionará en los bordes de una plataforma de viraje en la pista, apartadero de espera, instalación de deshielo y anti hielo, plataforma, etc., deben tener una separación

longitudinal uniforme de no más de 60 m. Las luces de borde de la pista de rodaje en una plataforma de viraje en la pista deberán estar espaciadas a intervalos longitudinales uniformes de no más de 30 m.

El propósito de las luces de protección de la pista consiste en advertir a los pilotos y conductores de vehículos cuando están circulando en calles de rodaje y que están a punto de entrar en una pista activa. Las luces de protección de la pista consistirán en dos pares de luces amarillas como se muestra en la siguiente figura.

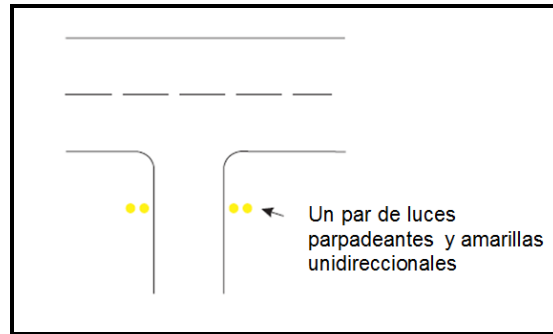


Figura II.89 Luces de protección de la pista.

Las figuras a continuación muestran los plano de iluminación, así como de marcas en pistas y calles de rodaje (Ver Anexos VIII.2.3 y VIII.2.4, respectivamente).



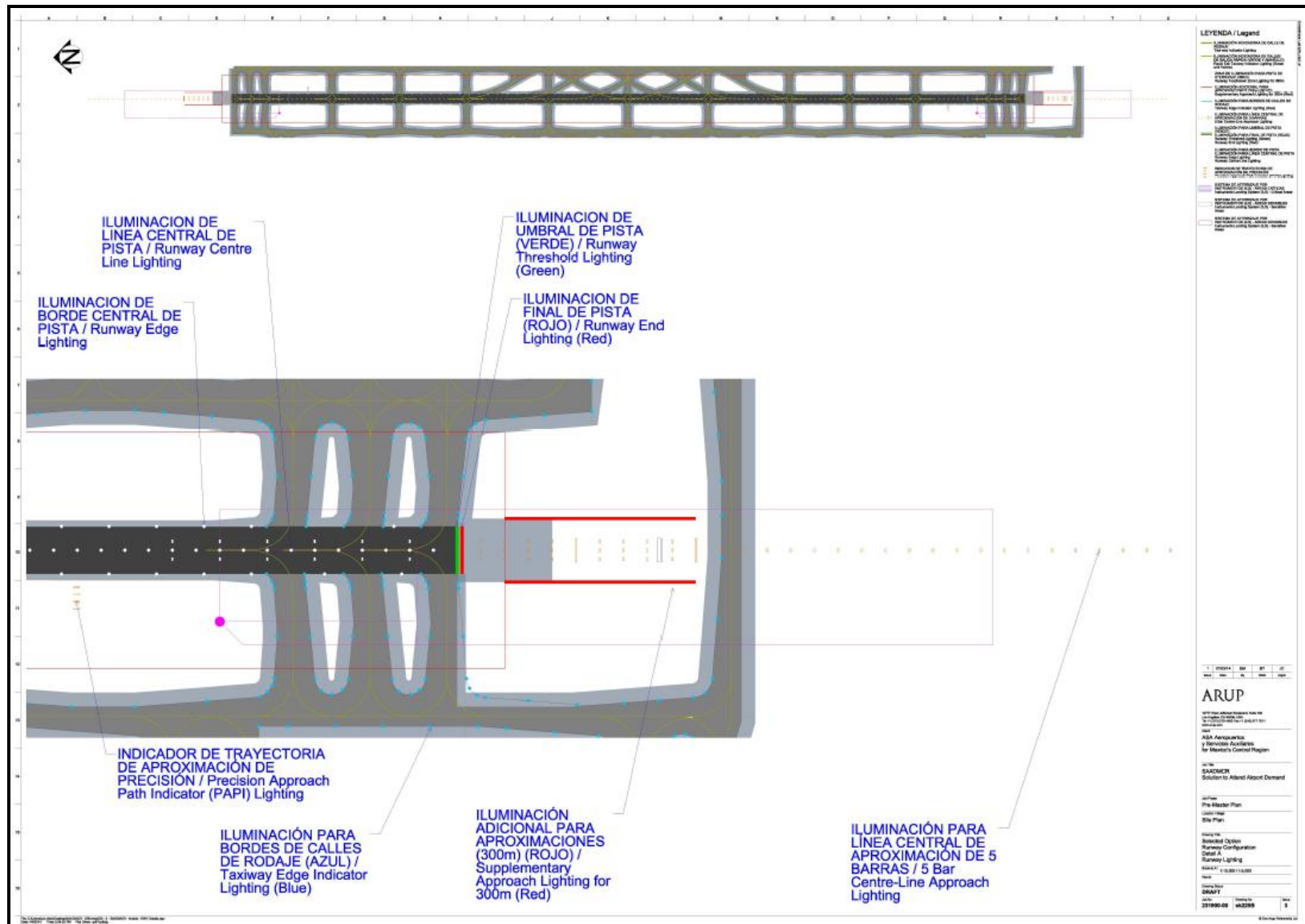


Figura II.90 Plano iluminación en pistas y calles de rodaje.

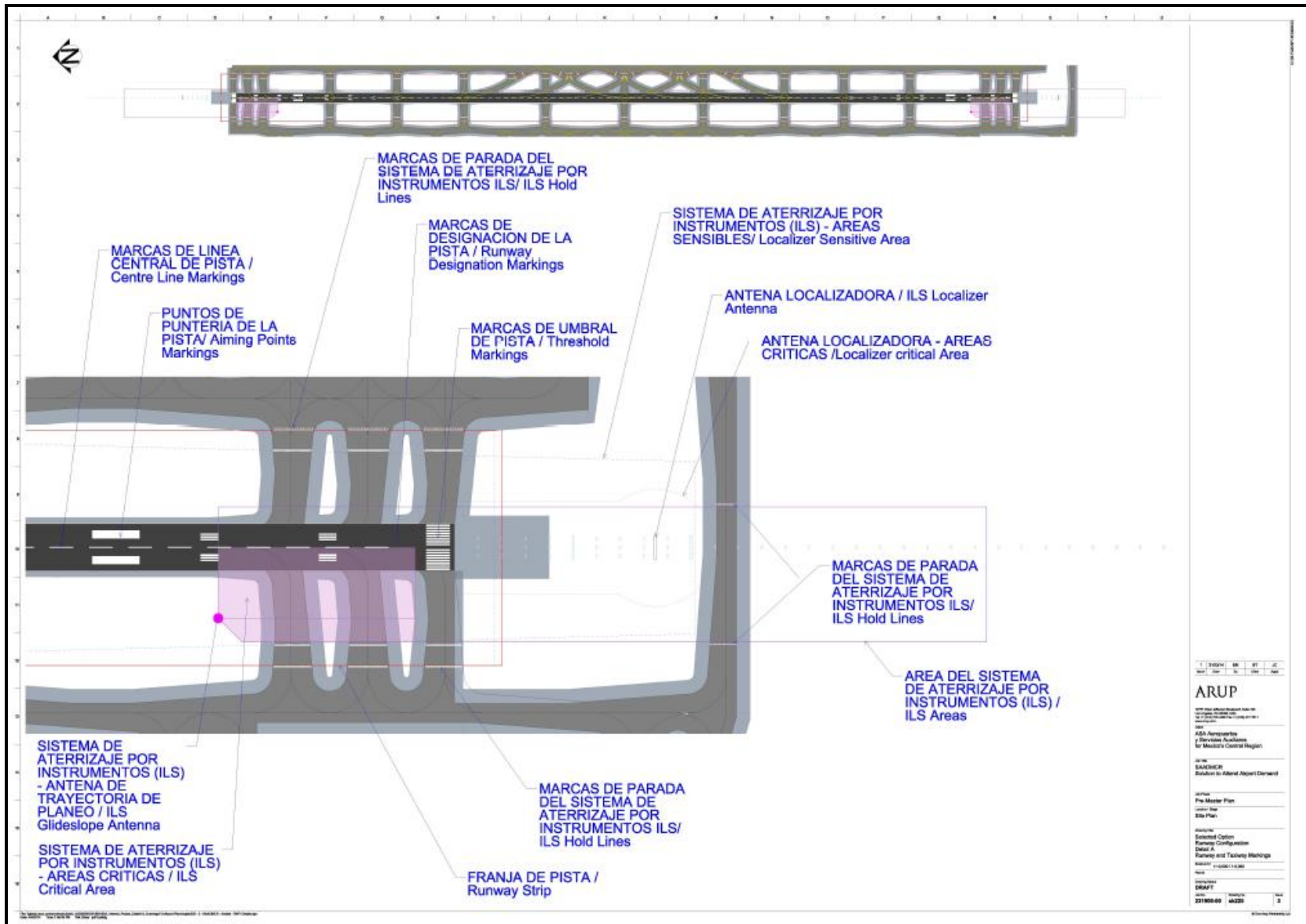


Figura II.91 Marcas en pistas y calles de rodaje

Se instalarán señales para transmitir instrucciones obligatorias, la información sobre la ubicación o de destino específico en un área de movimiento o para proporcionar información adicional. Las señales serán modelos LED con características de tamaño de símbolo, espaciado, tamaño de estilo y niveles de iluminación, que cumplan todos los requisitos de los códigos de diseño como se observa en la siguiente figura.

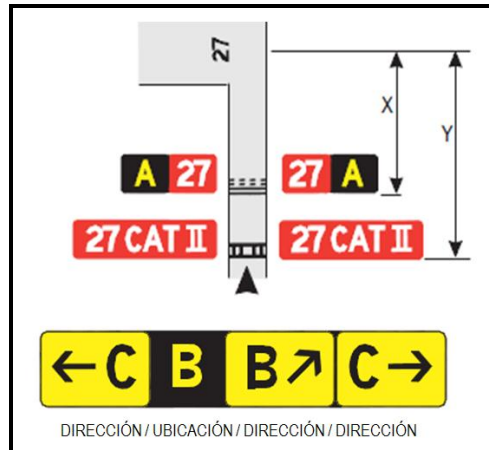


Figura II.92 Señalización de la pista de rodaje.

#### Sistema de guía visual para el acoplamiento

El Sistema de guía visual para el acoplamiento usará láser o tecnología de cámaras para el sistema de detección de aeronaves. Proporcionando información al piloto durante el procedimiento de acoplamiento final de los aviones. Se aportará una guía de rodaje de aeronaves a su posición de acoplamiento asignado que utiliza un sensor de vídeo y un sistema de procesamiento de imágenes en 3D.

La unidad de visualización piloto también indica códigos de cierre y la guía de parada durante la última fase de acoplamiento de la fila de texto proporciona información sobre la tasa de cierre en los últimos 20 m de recorrido. Cuando la posición de parada llega a las filas de texto muestra el mensaje 'STOP'. También se muestran los mensajes "DEMASIADO CORTA" y "DEMASIADO LEJOS" si el piloto estaciona el avión de forma incorrecta.

El sistema también funcionará como una red de sistema de acoplamiento o como sistema independiente de posiciones remotas.



Figura II.93 Ejemplo de sistemas visuales de guía de acoplamiento.

#### Transformadores de aislamiento de serie

Los transformadores de aislamiento de serie serán totalmente encapsulados y se realizará con dos cables primarios adecuados para la conexión al circuito externo. Serán de 1 m de longitud y de tamaño adecuado para la conexión a los cables de alimentación por medio de un kit de conexión de encogimiento de calor. Los transformadores requerirán conexión a tierra. Utilizarán un cable secundario de 1.2 m de longitud, se adaptarán a la carga los accesorios que se van a suministrar para dar el 100 % del brillo de la lámpara, las unidades estarán diseñadas para operar a una valoración máxima dentro de los límites de temperatura de -10°C a +50°C.

### Cableado en la iluminación de pistas

La instalación de iluminación del Aeródromo incluirá el cableado primario y secundario de las instalaciones de iluminación de pistas. Los cableados primarios y secundarios se enviarán de vuelta a la sala de interruptor de control de iluminación a través de técnicas de enrutamiento enterrados en ductos terrestres.

Los cables primarios se conectan a los transformadores de aislamiento por el uso de conectores de tipo de encogimiento de calor. Los cables secundarios deberán estar conectados a los transformadores de aislamiento por el uso de las unidades de enchufe moldeado y conector

Todos los nuevos cableados de la iluminación de pistas se ejecutan a través de una zanja de cableado y sistema de conducto. Los conductos se enterrarán en el suelo y el relleno se compondrá de conformidad con los requisitos de la Organización de Aviación Civil Internacional Parte 5 o normas de la Administración Federal de Aviación.

Cualquier nueva instalación de conductos de carácter general deberá cumplir con lo siguiente:

- ⊕ El material de conductos será de arcilla vitrificada con juntas auto-alineadoras y auto-selladoras patentadas
- ⊕ Diámetro nominal de los conductos de 100 mm
- ⊕ Los conductos se pueden ejecutar en línea recta siempre que sea posible
- ⊕ Funcionamiento de conducto en virtud de pistas de aterrizaje será perpendicular al eje de la pista
- ⊕ La entrada de cables en pozos será a través de los conductos de boca de campana
- ⊕ Los conductos se fijarán para drenar naturalmente hacia los extremos, mínima caída 1:200

### Sistema de control de iluminación del aeropuerto

El sistema de control de interfaz de intercambio de lámparas individuales, proporcionará las siguientes funciones de control:

- ⊕ Control y seguimiento de la pista y barra roscada
- ⊕ Guía de enrutamiento de la pista de rodaje utilizando la iluminación de línea de centro de la pista de rodaje control on/off
- ⊕ Detección incursión en la pista de rodaje, usando sensores de microondas o a través de lazos inductivos

#### – Iluminación en Áreas de oficinas/administración

Se instalará iluminación comercial utilizando fuentes de iluminación de energía lumínica de larga duración con lámparas con una vida útil de 10,000 horas, incluyendo lámparas fluorescentes, fluorescentes compactas y LEDs. El índice de Reproducción Cromática de todas las lámparas estará sobre 80. Donde haya luz natural, se utilizarán controles y sensores para luz natural, de igual forma se utilizarán sensores de ocupación. Para el plano abierto y las oficinas adjuntas, los niveles de iluminación deberán estar por arriba de los 300 lux, con una uniformidad vertical y horizontal.

Se proveerán paneles de distribución de 480 V para el estacionamiento de aeronaves y de obstáculos, para los sistemas de combustible y para las unidades de alimentación en tierra.

Para la parte posterior de los espacios de servicio la iluminación será protegida para su operación con cubiertas lenticulares, ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería de plomería o similares. Los niveles de iluminancia deberán seguir las directrices de la Sociedad de Ingeniería de Iluminación de Norteamérica basadas en datos específicos del tipo de espacio, y tendrán una buena uniformidad vertical y horizontal.

La iluminación en la sala de información se alimentará desde un panel de iluminación local en la terminal. Las cargas de emergencia se derivarán de los paneles de iluminación de emergencia respaldados por los generadores ubicados en la terminal

Para las zonas de estacionamiento se instalará protección contra brillo y se mantendrán espacios libres. El índice de reproducción cromática de todas las lámparas estará sobre 80. Se utilizarán sensores para reducir los niveles de luz uniformemente en las áreas tras 30 minutos del estado de ocupación.

La iluminación de emergencia estará lo largo de los caminos de salida de emergencia.

### – Hangares

Las luminarias de montaje alto se utilizarán para los espacios de gran volumen y se controlarán (apagarán) para cumplir con los requerimientos de luz natural. Los edificios tendrán iluminación exterior para personas a nivel peatonal y equipamiento para la iluminación vertical, incluyendo aviones y entradas. La iluminación exterior será capaz de cumplir con los requerimientos de iluminación de emergencia.

Toda la iluminación deberá ser protegida para su operación con cubiertas lenticulares o tendrá cajas protectoras en las áreas de servicio pesado / mantenimiento. Cuando haya luz natural disponible (hangares abiertos, oficinas y cuartos, como mínimo), se utilizarán controles y sensores para luz natural.

Los niveles de iluminancia seguirán las directrices de la Sociedad de Ingeniería de Iluminación de Norteamérica basadas en datos específicos del tipo de espacio, y tendrán una buena uniformidad vertical y horizontal.

La iluminación de emergencia secundaria de complemento deberá también considerarse para las instalaciones presidenciales y para las ubicaciones seguras o donde se requiera para tareas peligrosas.

### – Controles de iluminación

Habrá un controlador informático de iluminación centralizado con la capacidad de monitoreo de energía y capacidad de relevo de carga. Esto deberá utilizar DALI o un sistema direccionable digital similar para los espacios frontales, especialmente cuando haya luz natural. Este sistema de control se enlazará con el resto de los sistemas de control de iluminación para lograr una amplia conectividad de control de iluminación a lo largo del aeropuerto.

Para los espacios con luz natural cerca de ventanas y tragaluces, se utilizarán controles reguladores para obtener una respuesta lumínica suave, esta respuesta será lenta después de un período de muestreo.

Se utilizarán también sensores de ocupación/disponibilidad como lo requieren algunos códigos y estándares. Se proporcionarán sensores apropiados para los espacios, incluyendo sensores de tecnología dual para minimizar falsos. Los espacios que tienen instalaciones AV utilizarán Multi-Scene pre-set y facilitarán la interface AV.

Se requieren capacidades de programación, con un mínimo de dos niveles de interface a los protocolos de seguridad (Usuario, gestión del edificio y operaciones). Los LEDs serán monitoreados y se reportará la vida útil de las lámparas y la depreciación de la luces de señalización.

### – Clasificación IP

Se proporcionará la clasificación IP adecuada para luminarias, con base en el uso del espacio. Se utilizará la siguiente clasificación IP:

- ⊕ Dentro del área del baño o la ducha se deben instalar luces de baja tensión e IP 67
- ⊕ Por encima de los sanitarios o lavamanos de trabajo o áreas con vapor ligero o salpicaduras de agua o espacios similares - IP 44 mínimo
- ⊕ Preparación de alimentos – se deberán limpiar los lentes y protegerlos de fallas de lámparas no-pasivas /lentes resistentes a choques
- ⊕ Ubicaciones de gas explosivo - a prueba de explosiones Vestíbulos de los edificios – IP 65
- ⊕ Bajo la cubierta exterior - IP 65
- ⊕ Bolardos exteriores - IP 65 o superior
- ⊕ Poste exterior y los cabezales relacionados - IP 65 o superior
- ⊕ Luminarias (interior y exterior) - IP 67
- ⊕ Luminarias sumergidas en el agua - IP 68 o superior

Las áreas interiores no mencionadas en esta lista utilizarán las mejores prácticas

– Iluminación en vías de acceso externas

Se proporcionarán luminarias viales en postes o integradas en la arquitectura con todo el montaje requerido. Se debe permitir un mínimo de 15 lux, dando prioridad a los criterios de IESNA de niveles más altos de luz y reflexiones de velo.

Se proporcionará suficiente iluminación para tener los niveles de visibilidad (VL por sus siglas en inglés) adecuados empleando los criterios de medición del menor objetivo de visibilidad (STV por sus siglas en inglés), o métodos más avanzados aplicados por ANSI / IESNA para vialidades y calles; proporcionará tal iluminación durante las inclemencias del clima y la oscuridad para facilitar la visualización a los usuarios del aeropuerto. La siguiente tabla presenta los niveles de iluminación para las vías de acceso externas

Tabla II.28 Niveles de iluminación en vías de acceso.

Tipología	Descripción	Niveles de Iluminación
Bulevar Principal	Camino del Centro ceremonial hasta la terminal	15 Lux -H promedio Promedio / Min: 3:1
Calzada Arbolada	Acceso vial limitado desde Texcoco ubicado en la reserva de tierras/trayectoria de vuelo	11 Lux - H Promedio / Min: 3:1
Carretera A	Sitio de circulación arterial interior con autobuses de tránsito rápido	12 Lux - H Promedio / Min: 3:1
Carretera B	Sitio de circulación arterial interior sin autobuses de tránsito rápido y con estacionamiento	11 Lux - H Promedio / Min: 04:01
Calle	Bloqueo por bloqueo de las vías de acceso	8 Lux - H Promedio / Min: 04:01
Callejones	Vía de acceso compartida – Bloqueo de circulación interno	5 Lux - H Promedio / Min: 6:1
Camino Peatonal	Parque mediano de 34m bordeado con vía de acceso compartida	8 Lux - H Promedio / Min: 04:01
Circuito Exterior Mexiquense	Mejorada existente importante vía norte-sur con autobuses de tránsito rápido	15 Lux - H Promedio / Min: 3:1
Colectores	Metro	8 Lux - H Promedio / Min: 04:01
Aceras	Carril express	8 Lux - H Promedio / Min: 04:01
Aceras	Autobús	4 Lux - H Promedio / Min: 6:1

Se utilizarán fuentes de efecto de energía de larga duración de iluminación con lámpara de larga duración de más de 10,000 horas, incluyendo cerámica del haluro del metal y LED. Los artefactos de iluminación deben ser controlados por la fotocélula, y dispararse con niveles de iluminación de la luz del día alcanzando 100 lux. Los LED serán supervisados y el informe de vida de la lámpara para señalar la depreciación de la luz.

Para la iluminación de emergencia se proporcionará lo siguiente:

- ⊕ Para el circuito de iluminación de alto montaje 20% de luminarias
- ⊕ LED en la batería del inversor central
- ⊕ Para las áreas de bajo nivel proporcionar las luminarias de iluminación con paquetes de baterías

– Iluminación en el Edificio de Apoyo

Los objetivos centrales para el diseño de iluminación del edificio de apoyo son la eficiencia energética, intuitiva y fácil de mantener. Los edificios de apoyo albergarán una variedad de espacios para diferentes usos, pero serán diseñados para que los cambios en sus funciones puedan realizarse con una intervención mínima. La iluminación natural se empleará tanto como sea aceptable y adecuado para los diversos espacios, dependiendo de su ubicación, tareas visuales y función.

En un esfuerzo para optimizar la comodidad de los ocupantes y proporcionar un ambiente y vistas de calidad visual al exterior, la luz natural deberá ser analizada y diseñada con rigor. El sol y el componente de la luz natural difusa pueden ser perjudiciales si no se controlan correctamente.

Proveer iluminación de grado comercial utilizando fuentes de luz con efectos de iluminación de larga duración con vida de la lámpara de más de 10,000 horas y con lámparas fluorescentes, compactas fluorescentes y LEDs.

Habrà una computadora centralizada controladora de la iluminación con la habilidad de monitoreo de energía y capacidades de carga intensa.

#### II.3.1.10.9 Sistema de agua potable

CONAGUA será la responsable de coordinar la provisión de agua potable para el sitio. Solo se requerirá la infraestructura de la tubería que se utilizará para la distribución del agua potable en el Proyecto. Los puntos de conexión a la red de distribución de agua potable externos se coordinarán con la CONAGUA.

##### – Tubería del sistema de agua potable

Debido a las pobres condiciones del suelo en el sitio del Proyecto, asentamientos diferenciales y suelos potencialmente corrosivos y expansivos, el material que se utilizara para las tuberías de agua potable son de polietileno de alta densidad (HDPE). Se puede sustituir con tubería de hierro dúctil, en particular para los tamaños de tuberías más pequeños, si las condiciones del terreno lo permiten. Los criterios que se llevarán a cabo durante la ingeniería de diseño son los siguientes:

- ⊕ Cubierta de los tubos de mínimo 3.5 m en las zonas pavimentadas y vehiculares
- ⊕ Donde no se puedan lograr los 3.5 ft de cubierta, se requerirán cálculos de carga para determinar si las tuberías se pueden colocar en una cubierta reducida o si es necesaria una protección estructural
- ⊕ Una separación vertical mínima de 18 in se requiere para todos los cruces sobre los servicios de agua potable, y de 24 in para el servicio eléctrico
- ⊕ Los desagües serán proporcionados en los puntos bajos en los sistemas agua potable y agua contra incendios. Los puntos bajos estarán generalmente en bóvedas o cajas de válvulas
- ⊕ Todas las curvas horizontales y verticales en líneas presurizadas agua potable y agua contra incendios, se mantendrán con los bloques de empuje (bloques de empuje)

##### – Agua reciclada

El agua reciclada se define como un agua residual filtrada y posteriormente desinfectada que cumple con los requisitos de calidad del agua indicada en la normatividad existente, ésta será utilizada para inodoros interiores, urinarios, riego por aspersión, para ser utilizada como agua de trabajo en los hangares y torre de enfriamiento.

Una conexión a un sistema externo de agua reciclada puede ser considerada con el fin de proporcionar composición al agua no potable para el sitio. Si la calidad del agua en el sistema externo es suficiente para cumplir con los requisitos de la normatividad aplicable, el agua de suministro de composición puede ser añadida directamente a los tanques de almacenamiento de agua reciclada. Sin embargo, si se necesita un tratamiento adicional, el agua reciclada externa se incorporará a la entrada de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) para ser mezclada con las aguas residuales crudas.

##### Tubería del sistema de agua reciclada

Los criterios que se llevarán a cabo durante la ingeniería de diseño son los siguientes:

- ⊕ Todos los tubos serán de tubería de PVC de color pùrpura y etiquetados como "agua reciclada".
- ⊕ La separación vertical mínima para los cruces entre las tuberías agua potable y agua contra incendios las tuberías de agua potable de 12 in pero de preferencia 18 in. La separación vertical mínima de servicios públicos de electricidad es de 24 in.
- ⊕ La separación horizontal mínima de las tuberías de agua potable (agua potable y agua contra incendios) será de 10 ft donde esto sea posible.
- ⊕ La cobertura mínima será de 3.5 m bajo zonas pavimentadas y vehiculares.
- ⊕ Los materiales de fondo de tuberías y el relleno de zanjas será de tipo 5 para dar cabida a las malas condiciones del terreno del sitio.
- ⊕ Todas las líneas de agua reciclada serán probadas en presencia de un ingeniero. Todas las fugas se repararán y las tuberías defectuosas se sustituirán.

– Tanques de almacenamiento

Se requerirán tanques de almacenamiento de agua potable para proveer el suministro de agua durante el tiempo de inactividad del sistema y para equilibrar los períodos de máxima demanda. La capacidad total durante la Fase 1 será suficiente para abastecer a 1 día de uso consuntivo o 1,690 m<sup>3</sup>.

Los tanques de almacenamiento de agua reciclada serán suministrados al recibir la descarga de efluente tratado de la Planta de Tratamiento de Agua Residual en el sitio. La capacidad total durante la Fase 1, será suficiente para abastecer a 1 día de uso consuntivo de agua no potable o 3,117 m<sup>3</sup>.

Para ambos sistemas de agua potable y agua reciclada, se incluirá un mínimo de dos tanques para proporcionar redundancia y permitir la limpieza en el tiempo de inactividad. Se tendrá que agregar capacidad de almacenamiento adicional para dar cabida a las fases posteriores. Se supone que los tanques estarán por encima de la superficie, debido a las pobres condiciones del suelo. Todos los tanques deben ser colocados donde no les dé sol o se les debe poner el aislamiento debido para evitar su calentamiento o congelación.

– Suministro de agua para protección contra Incendios

El suministro de agua de protección contra incendios en todo el sitio del Proyecto será suministrado a través de dos sistemas de distribución, tuberías contraincendios principales y tuberías contra incendios principales de alto volumen. Estos sistemas serán independientes de la distribución interna en todo el sitio del Proyecto. El tanque de almacenamiento de agua será de 120 minutos de suministro.

Todos los edificios estarán provistos de una protección completa de rociadores automáticos y se proporcionará un sistema contra incendios independiente y de distribución principal de tuberías sin proyecto sanitario para servir a los hidrantes contra incendios del público, hidrantes contra incendios de la aviación, y todos los edificios de sistemas de extinción de fuego, excepto los hangares.

El suministro de agua será para los edificios de la terminal, abastecimiento del edificio, torre de control, edificio de carga, área de iluminación, edificios de oficinas, instalaciones de mantenimiento, almacenes, Planta Central de Servicios, estacionamiento, instalaciones similares, y edificios más pequeños. Seguirá el circuito de agua doméstica con bombas situadas en la Planta Central de Servicios, se tendrán mínimo dos bombas contra incendios (una de diesel y una eléctrica) para abastecer a las tuberías contraincendios en todo el sitio. La tubería subterránea será de cemento revestido fundido, tubería de hierro dúctil o tubería de plástico

II.3.1.10.10 Sistema de manejo de agua sanitaria y agua pluvial

– Sistemas de manejo de aguas sanitarias

El sistema de aguas sanitarias recogerá todas las aguas residuales de los edificios terminales, restaurantes, zonas de lavado de aeronaves, purga de la torre de enfriamiento, lavado de cocinas y baños, y zonas interiores de manipulación de residuos.

El gasto total diario al estar terminada la construcción en su totalidad se estima en 7,605 m<sup>3</sup>/día. Las desviaciones de las estimaciones de consumo de agua en el diseño final se contabilizarán en los valores de la capacidad de drenaje. Los flujos máximos se estimaron asumiendo 16 horas de funcionamiento y un factor máximo de 3. Por lo tanto, el flujo máximo total en las tuberías principales aguas abajo se estima en 400 L/s. El total de los flujos de alcantarillado diario de la Fase 1 se estima en 3.104 m<sup>3</sup>/día.

Tuberías de impulsión y de gravedad

Las tuberías del sistema de alcantarillado sanitario se establecerán en zanjas, eliminando por lo menos 3 metros en horizontal y 0.3 pies por debajo de la de la red de abastecimiento de agua. En los cruces, las tuberías principales del alcantarillado y laterales deberán estar separados de la tubería principal de agua por lo menos por 0.5 y 0.8 pies respectivamente.



Debido a que el sistema de alcantarillado sanitario es propenso a la infiltración y se colocará en suelos potencialmente corrosivos y expansivos, con problemas de anegamiento y tasas de asentamientos diferenciales elevados, se justifica el uso de materiales de polietileno de alta densidad más flexibles (HDPE). No se permite el uso de tuberías de polietileno de densidad media.

El alcantarillado por gravedad será de tubería de polietileno de alta densidad de paredes sólidas, establecidos a no menos de 0.5% de inclinación y estando diseñados para alcanzar los flujos de lavado mínimo de 0.70 m/segundo. Los flujos pico deberán ser acomodados dentro del 70% del diámetro de la tubería. El alcantarillado por gravedad no excederá una solera de 6 m de profundidad desde la superficie del suelo.

El lecho de conductos para la tubería por gravedad y la de impulsión de la red de alcantarillado será de clase 5, debido a que es probable que el relleno natural no sea de buena calidad y las condiciones del suelo sean pobres.

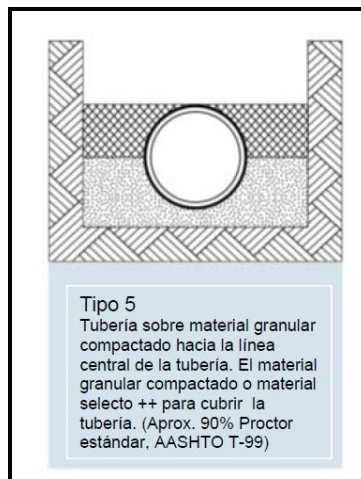


Figura II.94 Tubería tipo 5.

En la siguiente tabla se muestra los requisitos mínimos de cobertura para las tuberías de impulsión y por gravedad.

Tabla II.29 Requisitos de cobertura mínima de la gravedad y la fuerza.

Tipo de alcantarillado	Carreteras, calles de rodaje o plataforma	Espacio abierto
Conductor de entrada	1.3 m	0.7 m
Tuberías de alcantarillado	1.7 m	1 m
Tuberías de impulsión	1.3 m	1 m

Cuando los requisitos de cobertura anteriores no sean posibles, será necesario adoptar medidas de protección adicionales.

La posibilidad de flotación de la tubería debido a condiciones altas de agua subterránea se evaluarán y si es necesario se modificará el diseño de tuberías para contrarrestar esta condición. Si se requieren anclajes, se colocarán tuberías con las campanas orientadas hacia arriba y con anclajes colocados alrededor de la tubería, directamente detrás de la campana, del lado descendente.

Para tubos del sistema de alcantarillado sanitario de 12 in (300 mm) de diámetro y mayores, se proporcionarán registros de inspección aproximadamente cada 300 pies (100 m) en tramos rectos, en cada curva (o codo) y cada T, con lo cual se tenga acceso por medio de una tapa de 36 in (1 m) de diámetro

Cada final de baños, urinarios y lavamanos estará ubicado con una tubería accesible en la parte de atrás, para permitir que el equipo de mantenimiento camine detrás de los acabados y tenga acceso a las tuberías de residuos para limpiar cualquier bloqueo, esto podría ocurrir todos los días.

### Estaciones de bombeo

Se necesitará un total de 13 estaciones de bombeo (9 en la Fase 1). Las estaciones adicionales de elevación serán proporcionadas por los sistemas de alcantarillado sanitario que sirven a la zona de Aerotrópolis más allá de la Fase 1. Durante la ingeniería de diseño se evaluarán las necesidades de la estación de bombeo basado en el diseño final, y siguiendo los criterios establecidos por la gravedad y la presión de la tubería principal superior.

Se tendrán bombas trituradoras de acero inoxidable de tipo sumergible. Dos bombas de alto rendimiento se incluirán en todas las estaciones de bombeo. El panel de control incluirá una alarma y un alternador para hacer funcionar las bombas en cada ciclo.

### Unidades de pretratamiento

Para reducir la suciedad en el sistema de alcantarillado sanitario, se utilizarán trampas de grasa y aceite para todas las cocinas de los restaurantes, otras posibles fuentes de aceite, grasa y otros residuos comerciales potencialmente tóxicos. Durante la ingeniería de diseño se llevara a cabo la evaluación de los contaminantes de interés, incluidos los aceites, grasas, sustancias corrosivas o biocidas que estarán presentes en las aguas residuales de las salas de máquinas, mantenimiento de aeronaves y otras instalaciones además se incluirán dispositivos de tratamiento de agua adecuados para la eliminación de estos contaminantes.

### Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Estará diseñada para manejar los flujos diarios y máximos existentes en todo en sitio del Proyecto, el tratamiento deberá ser conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, el agua se tratará a un nivel terciario por desinfección, se mantendrá en tanques de almacenamiento para ser utilizada en el riego por aspersión, vaciado de sanitarios en interiores y el suministro de compensación para la torre de enfriamiento.

Para la Fase 1, la PTAR se diseñará para procesar el caudal de drenaje final estimado según lo determinado durante la ingeniería de diseño del Proyecto. Los cálculos preliminares, con exclusión de los flujos de la zona del aeropuerto de la Ciudad de México, se estima que el flujo de la Fase 1 será de 3,104 m<sup>3</sup>/día, la capacidad de tratamiento de la PTAR será de 11,830 m<sup>3</sup>/día para la Fase 4. El diseño será modular para que las corrientes de las Fases futuras se puedan acomodar. La capacidad adicional para flujos de la zona de Aerotrópolis tendrá cabida en las Fases correspondientes.

#### – Sistema de manejo de agua pluvial

La meta para el sistema de manejo de agua pluvial es proporcionar protección a los activos críticos, incluyendo las pistas, plataformas, edificios y otras infraestructuras contra eventos pluviales severos. También tiene la intención de eliminar la existencia de aguas estancadas durante largos períodos, con el fin de evitar la creación de un hábitat para aves de caza, que a su vez crean un peligro para los aviones.

El sistema de manejo de agua pluvial se diseñará de tal manera que los activos críticos deberán estar por encima de los niveles de inundación, como resultado de los siguientes eventos, cabe aclarar que no se llevará a cabo el almacenaje de aguas de dicho sistema.

Tabla II.30 Niveles de protección para los activos críticos.

Activo	Nivel de protección
Pistas y Calles de rodaje	El 50% del ancho central permanecerá libre de agua estancada durante un evento de 50 años
Plataformas	Encharcamiento de no más de 100 mm durante un evento de 50 años y ningún encharcamiento durante un evento de 10 años
Edificios	Elevaciones de plataforma de construcción que se establezcan por encima del nivel de inundación de 100 años
Las infraestructuras críticas (Planta Central de Servicios, almacenamiento de combustible, planta de tratamiento de aguas residuales, transformadores Eléctricos)	Elevaciones de plataforma por encima del nivel de inundación de 500 años

El sistema de drenaje de aguas pluviales estará diseñado para recolectar la escorrentía de las zonas desarrolladas, con zonas pavimentadas diseñadas para verter el agua de la superficie y en los sistemas de recolección del sistema de alcantarillado pluvial.

Las vías de acceso externas tendrán una red proporcionará la oportunidad de manejar responsablemente la escorrentía de aguas pluviales, tanto del recinto aeroportuario como del desarrollo de Aerotrópolis. La reserva de tierras propuesta de calzada arbolada (alrededor de 600 m de ancho) debajo de los trayectos de vuelo se convertirá en zonas de esparcimiento público.

La red vial externa estará diseñada para emplear los sistemas de drenaje para el escurrimiento de aguas pluviales de las superficies pavimentadas, con una capacidad mínima para un evento pico de ocurrencia una vez cada 10 años, sin sobrecargar estos sistemas. Los sistemas con tuberías o las biozanjas son medios aceptables para proporcionar drenaje para eliminar la escorrentía pluvial de las superficies pavimentadas.

#### Puntos de descarga

Se construirá un túnel de 7 m de diámetro por la CONAGUA a las afueras del límite del Proyecto del lado este con una profundidad de aproximadamente 45 m, se puede ver su ubicación en los planos anteriores. Este túnel tendrá la capacidad de transmitir de tasa de descarga máxima de 50 años del sitio, 34 m<sup>3</sup>/s, tres o cuatro puntos de conexión a lo largo del límite oeste del sitio se unirán a ejes de conexión con el túnel profundo. Si bien es factible drenar por gravedad en condiciones normales, en este túnel se necesita una alternativa y medios redundantes de drenaje en el caso de que el túnel se encuentre en mantenimiento. Por lo tanto, es necesaria una estación de bombeo en la esquina suroeste del sitio de descarga al sistema de drenaje de la superficie externa operada por CONAGUA.

El punto de descarga es indicativo y se tendrá una coordinación con CONAGUA para garantizar que el sistema externo estará diseñado para manejar los flujos y volúmenes totales asociados con el diseño.

#### Tratamiento

Un plan de gestión de la calidad del agua estará preparado para hacer frente a todos los problemas de contaminación de aguas pluviales del sitio, e incluirá un control de código fuente y el diseño del sitio conforme a las mejores prácticas de gestión (BMPs por sus siglas en inglés). Todos los dispositivos de calidad deben dimensionarse para manejar la escorrentía generada por un evento de lluvia, con 20 mm de lluvia en un período de 3 hr.

Toda la escorrentía de las superficies con tráfico de aeronaves y vehículos, incluyendo los estacionamientos, pistas, calles de rodaje, plataformas, manejo de combustible, áreas de almacenamiento de combustible y carreteras recibirán el tratamiento adecuado de separadores de aceite/arena, franjas de filtro de pasto o zanjas con vegetación, que también se pueden usar para tratar la escorrentía superficial proveniente de las pistas y calles de rodaje.

Cualquier práctica de mejora de manejo con vegetación recibirá riego adecuado durante la estación seca para mantener la vegetación sana. Las especificaciones para las prácticas de mejoras manejo incluirán los requisitos de mantenimiento adecuados para la inspección y eliminación de los sedimentos acumulados y la sustitución de cualquier daño.

La escorrentía de las instalaciones de lavado de aeronaves se descarga al alcantarillado sanitario. Todas las áreas de manejo de residuos sólidos deberán estar cubiertas para evitar la contaminación de la escorrentía

Las tomas de drenaje estarán marcados con letreros que indiquen "prohibido verter pintura y productos químicos" para evitar la contaminación de las aguas pluviales.

Las áreas de abastecimiento de combustible estarán aisladas adecuadamente y toda la escorrentía se descargará a través de un separador de aceite y agua antes de su descarga fuera del sitio.

#### Enrutamiento hidráulico

Un modelo de enrutamiento hidráulico adecuado se utilizará para dimensionar el sistema de alcantarillado pluvial. El modelo simulará el flujo, tanto superficial como en la superficie. La herramienta será capaz de evaluar con precisión los efectos de almacenamiento aguas arriba de las tasas de flujo de la tubería. Todo el transporte superficial estará diseñado para transportar

los flujos de eventos de 10 años y sin sobrecargas. Los caudales máximos de 50 años estarán contenidos dentro del sistema o permitir que se derrame hacia las áreas no críticas. Cualquier descarga de áreas no críticas drenará drenarse en un periodo de 24 horas.

### Tuberías

Se proporcionará un mínimo de 4 ft (1.2 m) para cubrir todas las tuberías del sistema alcantarillado pluvial. Si esto no es posible, y donde las tuberías del sistema de agua pluvial se encuentren por debajo de zonas de tráfico, se adoptarán medidas de protección (por ejemplo, losa de protección del concreto).

Todas las tuberías serán de un tamaño para transmitir adecuadamente el flujo de diseño y proporcionar velocidades mínimas de auto limpieza de 2 ft/seg (0.7 m/s). Las pendientes de todo el drenaje del subsuelo no podrán ser inferiores a 0.1% o 1:1000.

Para las tuberías del sistema de alcantarillado pluvial de 12 in (300 mm) de diámetro y más grandes, se proporcionarán pozos de acceso aproximadamente cada 300 ft (100 m) en tramos rectos y en cada curva (o codo) y cada T, que ofrezca acceso con una tapa de 3 in (1 m) de diámetro.

Para las tuberías de 12 in (300 mm) de diámetro o más pequeña, serán construidas cámaras de inspección o limpieza en toda curva (o codo). Los pozos de acceso se construirán en tramos rectos a aproximadamente 300 ft (100 m) de intervalo para proporcionar un acceso completo al sistema.

El lecho de las tuberías para líneas del sistema de alcantarillado pluvial será clase 5 como se ilustra en la figura de abajo, debido a que es probable que el relleno nativo no sea de buena calidad.

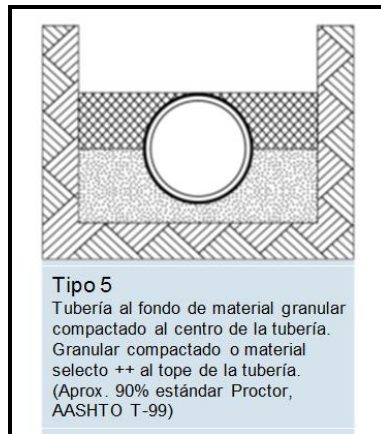


Figura II.95 Tubería tipo 5.

Las uniones de tubos segmentados se diseñarán con las mejoras para el rendimiento en condiciones sísmicas y la capacidad de asentamiento, lo que permite el movimiento, tanto transversal como longitudinal.

### Estación de bombeo

Se instalará una estación de bombeo, esta tendrá una capacidad de al menos 25 m<sup>3</sup>/s. Las bombas serán de flujo axial, tipo sumergible, eléctricas y tipo propulsor, calificadas como a prueba de explosión para su uso en lugares peligrosos. La capacidad de reserva será de al menos 1/3 de la capacidad de servicio y un mínimo de seis bombas de servicio y dos bombas de reserva de igual capacidad se incluyen en el diseño. La profundidad estimada de la solera de la tubería en la estación de bombeo es de 12 m.

### Drenaje de espacio abierto

Durante todas las Fases de desarrollo, habrá importantes áreas de suelo sin construir que requerirán de drenaje para evitar que el agua se estanque a 1 km de las pistas de aterrizaje. Todas las áreas de espacios abiertos estarán diseñadas para evitar que el agua se estanque por periodos de más de 24 hrs.

II.3.1.10.11 Acústica y megafonía

– Intrusión de ruido externo

El diseño de cobertura de los edificios determinará el nivel de ruido exterior que penetra a los espacios interiores de la terminal. Las tablas siguientes enlistan los espacios en los que se pueden presentar eventos de corta duración (promedio de menos de 30 segundos) y eventos externos en los que el ruido es continuo, dando los niveles máximos recomendados para cada uno.

Tabla II.31 Nivel de ruido máximo permisible de eventos de corta duración.

Espacio	Nivel máximo de corta duración dB (A)
Check-in en el aeropuerto	70
Habitaciones de retención	70
Sala de información	60
Circulación	70
Concesiones/Mercado	70
Reclamación de equipaje	70
Seguridad	70
Edificios de soporte en los cuales permanecen personas para los turnos completos de trabajo	90
Edificios de apoyo con ocupación transitoria	100
Oficinas	60
Salas de conferencias y de capacitación	60

Tabla II.32 Nivel de ruido continuo máximo permisible para eventos externos.

Espacio	Nivel continuo, dB (A)
Check-in en el aeropuerto	55
Habitaciones de retención	50
Sala de información	45
Circulación	50
Concesiones/Mercado	50
Reclamación de equipaje	55
Seguridad	50
Edificios de soporte en los cuales permanecen personas para los turnos completos de trabajo	75
Edificios de apoyo con ocupación transitoria	85
Oficinas	45
Salas de conferencias y de capacitación	45

– Criterios de separación de sonido

El desempeño de reducción de sonido de paredes, puertas y piso/techo convencionales se describe en términos de un criterio comúnmente conocido como Clasificación de Transmisión de Sonido. La Clasificación de Transmisión de Sonido propuesta para las paredes críticas se muestra en la siguiente tabla.

Tabla II.33 Objetivos de aislación de sonidos internos.

Separación de muros divisorios	Clasificación de Transmisión de Sonido
Oficina del cuarto mecánico y cuarto de lockers	55
Corredor y cuarto mecánico	50
Entre oficinas generales	40
Salas de conferencias y de capacitación	45
Cuarto mecánico y sala de información	No colocar adyacentes

– Criterios acústicos en espacios cerrados

Las condiciones acústicas en espacios cerrados están determinadas por la geometría de la habitación y los acabados de la misma. El parámetro utilizado para describir la acústica de algún espacio es el tiempo de reverberación que se define como el tiempo que toma a un sonido o señal en bajar en 60 dB, es decir, un tiempo de reverberación menor indica que un espacio será más silencioso.

Revestimientos fonoabsorbentes: Se requerirá, de manera general, el 50% de materiales de absorción de ruidos en todos los techos, sin importar su altura, para asegurar un ambiente acústico controlado.

Se prevé que en las zonas con techos bajos (entre 10 y 15 ft) o altos (30 ft, o más) se requerirá una cobertura del 100% del techo con acabados arquitectónicos de absorción de ruido.

Los límites de tiempo de reverberación propuestos se presentan en la siguiente tabla, la cual proporciona un porcentaje aproximado de la cobertura del techo con acabados arquitectónicos suponiendo un coeficiente de absorción de 0.75 a 500 Hz – 2000 Hz.

Tabla II.34 Criterios de tiempo de reverberación de frecuencia mediada.

Espacio interior	Altura del techo	Tiempo de reverberación de frecuencia mediada (Promedio de 500, 1,000, 2,000 Hz del espectro de banda octava)	Porcentaje mínimo de área expuesta de la absorción de ruidos en el techo (Estimado inicial)
Sala de información	8-15 ft	1.2-1.5 segundos	50-75%
Circulación	8-15 ft	1.2-1.5 segundos	50-75%
Oficinas	8-10 ft	0.4-0.6 segundos	100%
Salas de conferencia y De capacitación	8-10 ft	0.4-0.6 segundos	75% *25% del área de absorción acústica será en dos paredes y otro 25% en la azotea
Salas de descanso/ lockers	8-12 ft	0.6-0.8 segundos	100%
Cuarto principal de Comunicaciones	8-12 ft	0.4-0.6 segundos	100%
Talleres	15-20 ft	1.2-1.5 segundos	50-75%

– Diseño mecánico

Los objetivos de diseño para el ruido de fondo de los servicios del edificio se presentan en la siguiente tabla.

Tabla II.35 Criterios de ruido de diseño de servicios mecánicos.

Espacio ocupado	Criterios de ruido de diseño
Sala de información	NC 45-50
Circulación	NC 40-45
Sanitarios	NC 40-45
Oficinas	NC 35-40
Sala de conferencia	NC 35
Sala de entrenamiento	NC 35
Salas de descanso/lockers	NC 35-40
Talleres	NC 40-45
Cuarto principal de comunicaciones	NC 35-40
Cuartos mecánicos	NC 65

Durante una emergencia de incendio, en caso de que se necesite un sistema extractor de humo, el ruido de fondo no excederá NC 70.

### – Sistema de megafonía

El sistema de megafonía proporcionará mensajes de audio y video a las siguientes áreas públicas del aeropuerto, permitiendo la distribución de páginas únicas, mensajes pregrabados y música de fondo, adicionalmente se usará para notificar por voz un mensaje.

- ⊕ Áreas públicas de las terminales
- ⊕ Estructuras de estacionamiento
- ⊕ Áreas de descenso del transporte (exteriores)
- ⊕ Pasillos entre terminales
- ⊕ Puertas a nivel de pasillo

No se prevé ningún sistema de megafonía para las torres de control, centros de control de operaciones y edificios de apoyo. Los sistemas contra incendios proveerán la función de alarmas de voz.

#### II.3.1.11 Obras provisionales

Se entiende como campamentos e instalaciones temporales, las instalaciones provisionales que el Contratista utilizará para el almacenamiento de materiales, equipos, permanencia en obra, oficinas, entre otras, para la realización segura y cómoda de sus actividades.

Se instalarán campamentos, oficinas, bodegas y talleres provisionales en la zona del Proyecto en los diferentes frentes de trabajo, los cuales servirán como base tanto para el personal encargado de la dirección como de la ejecución del Proyecto, y donde se localizarán los materiales, equipos y servicios requeridos por el Contratista.

Para el tránsito y operación de los equipos de excavación, transporte de materiales, plataformas de trabajo y almacenes, deberán habilitarse caminos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta las características del proyecto y la presencia de elementos aeronáuticos en operación, esto debe realizarse previo al inicio de los trabajos propios del desarrollo de la obra.

#### II.3.2 Operación y mantenimiento

##### II.3.2.1 Operación

Las actividades de la Operación serán los aterrizajes y despegues de las aeronaves, el atraque de aeronaves para el embarque y desembarque de pasajeros, estas estarán supervisadas por los oficiales de operaciones, asimismo se llevará a cabo la documentación de pasajeros, la revisión de seguridad, el ingreso a las salas de última espera y el abordaje de pasajeros.

Los programas de operaciones se realizarán en base a los itinerarios de vuelos de las aerolíneas, los cuales serán autorizados por el Comité de Operación y Horario.

Los servicios que se presentarán en las instalaciones serán a través de la dirección o administración del aeropuerto, o por terceros que tengan contrato para proporcionarlos, entre ellos se encuentran la vigilancia, comedor de empleados, transporte de personal y servicios comerciales.

##### II.3.2.1.1 Operación de la terminal

El desarrollo de la Fase 1 de la terminal estará dimensionado para proporcionar la capacidad suficiente para dar lugar al crecimiento previsto para los primeros 5 años de operación. Ya que un importante crecimiento está previsto para este periodo, existe la oportunidad de incrementar gradualmente la capacidad de procesamiento de la terminal.

Los requerimientos definidos para la Terminal en la Fase 1 son los siguientes:

- ⊕ Planear y diseñar las instalaciones de la terminal para satisfacer la demanda del 2023.
- ⊕ Construir la infraestructura base de los edificios y sistemas de apoyo para sostener este desarrollo; y

- ⊕ Proporcionar, como mínimo, la capacidad de procesamiento del 2018 más un 10% extra en el día inaugural; además, un plan implementado para la disposición de la capacidad de procesamiento restante para el 2023, sin que esto impacte negativamente las operaciones.

Después de la Fase 1 se proyectan dos posibles opciones para la expansión futura de la terminal.

- ⊕ La expansión gradual de la terminal en la Fase 1, hacia el este y el oeste; y/o
- ⊕ El desarrollo de una segunda terminal en la zona Oeste de operaciones.

La planeación y el diseño de la terminal de la Fase 1 deben prever la futura expansión de las principales instalaciones y sistemas de construcción siempre que sea posible.

Para el diseño de la nueva terminal se desarrolló un programa de requerimientos para determinar el alcance del edificio de la terminal en términos de la infraestructura del proceso y la utilización del espacio, como parte del programa se realizaron una serie de cálculos para determinar los requerimientos mínimos necesarios para satisfacer la demanda prevista para cada uno de los años de planeación. Los requerimientos mínimos para la terminal se han organizado en las siguientes categorías:

- ⊕ Requerimientos de hora pico
- ⊕ Requerimientos posiciones
- ⊕ Requerimientos de procesamiento de pasajeros
- ⊕ Requerimientos de procesamiento de equipaje

- ⊕ Requerimientos de hora pico

El análisis de la hora pico mostró poco crecimiento en el volumen de pasajeros desde el 2013 al año de apertura 2018, lo cual se explica dadas las limitadas condiciones actuales en el AICM. Esto fue seguido por un incremento en el tráfico de pasajeros y de movimientos de aeronaves después de la apertura de la NAICM, lo cual no limita el crecimiento. El análisis mostró los siguientes incrementos entre la apertura de la NAICM en 2018 y el año 2023:

- a) El volumen diario de pasajeros aumentó en un 35-37%
- b) Aumento de Pasajeros en Hora Pico de Llegada y de salida entre un 27 a 31%
- c) El número total de vuelos diarios aumentó un 27%
- d) Los ATM (Movimientos de Tráfico Aeroportuario u Operaciones de Aeronaves) de Llegadas y salidas tuvieron aumentos de 24- 26%
- e) Los ATM (Movimientos de Tráfico Aeroportuario u Operaciones de Aeronaves) y los PHP (Pasajeros en Hora Pico), tanto para las llegadas y salidas internacionales, aumentaron un 50-60%.

- ⊕ Requerimiento posiciones

Se realizó un análisis genérico de posiciones de estacionamiento para cada uno de los días con horarios planeados. Se consideraron tres tipos de posiciones de estacionamiento de aeronaves y sus subclases en los cálculos:

- a) Posiciones de contacto

- ⊕ Con pasarela de embarque de pasajeros (PBB): Adyacente a la terminal, tiene una pasarela de embarque de pasajeros que conecta la aeronave directamente a la terminal para un fácil abordaje y desembarque de pasajeros.
- ⊕ Sin pasarela de embarque de pasajeros (PBB): Adyacente a la terminal, pero que adopta una función de salida. Puertas abatibles: Estas puertas pueden servir en vuelos de diferentes sectores. Estas puertas pueden tener una pasarela o tener función de salida.

- b) Posiciones remotas

- ⊕ Activa (Autobús): Posición situada en la plataforma fuera de la terminal. Los pasajeros tienen que ser transportados hacia y desde la terminal. Los vuelos pueden asignarse a puertas remotas activas, independientemente de su sector.
- ⊕ Inactiva: Posición ubicada en la plataforma fuera de la terminal. Se utiliza como espacio de estacionamiento para aeronaves, y no para el embarque o desembarque de pasajeros.

Se consideraron los siguientes criterios de diseño en el cálculo de los requerimientos para puertas de embarque:

- a) Tamaño de la aeronave (en el programa)
- b) Ventana de tiempo – Margen de 15 minutos entre vuelos consecutivos.



- c) Tiempo mínimo en tierra de 2.5 horas antes de ser remolcada a una posición remota.
- d) Las puertas con menor utilización, de menos de 3 servicios diarios, fueron designadas como posiciones remotas activas, por lo que requieren operaciones de transporte en autobús.
- e) Tiempos mínimos en puertas para completar el servicio, así como el embarque y desembarque, (tiempo de remolque) como se muestra a continuación.

⊕ Requerimiento de procesamiento de pasajeros

En el nuevo NAICM el gobierno tiene previsto lanzar un programa de pre-autorización migratoria para los vuelos dirigidos a los Estados Unidos. El programa de pre-autorización migratoria requiere la instalación de una Oficina de Aduanas y Protección Fronteriza de los EE.UU., y la separación de aquellos pasajeros que viajan a los Estados Unidos, aquí llamados Transfronterizos. A la llegada, los pasajeros transfronterizos seguirán estando en el mismo lugar que los pasajeros internacionales.

El diseño del NAICM estará basado en los requerimientos específicos de los cuatro sectores:

- ⊕ Nacional
- ⊕ Internacional (Otros)
- ⊕ Internacional (Sudamérica)
- ⊕ Transfronterizo

Las implicaciones de tener operaciones de pre-autorización estadounidense interrumpidas o retrasadas es algo que deberá tomarse en cuenta durante la planeación y el diseño de la terminal.

En caso de que se interrumpa o se retrase la pre-autorización migratoria estadounidense, los volúmenes actuales de tránsito transfronterizo previstos deberán agregarse a los volúmenes de tránsito internacional. Esto tendrá un impacto en las instalaciones de salidas internacionales pertinentes. Las implicaciones principales que esto tendría en la terminal serían:

- ⊕ Las instalaciones para pasajeros Transfronterizos serán diferidas;
- ⊕ Los equipos para el control de seguridad que se destinen para Transfronterizos serán movidos hacia los puntos de control Nacionales/Internacionales;
- ⊕ Ajustes a los flujos de pasajeros en el lado aire serán necesarios.
- ⊕ Proceso de transferencias
  - ⊕ **Nacional a Nacional:** No se requieren procesos específicos para conexiones Nacionales a Nacionales. Las llegadas nacionales desembarcan directamente en la zona de salidas Nacionales/Internacionales y conectan con la puerta de embarque de vuelos nacionales.
  - ⊕ **Nacional a Internacional:** No se requieren procesos específicos para conexiones Nacionales a Internacionales. Las llegadas Nacionales desembarcan directamente en la zona de salidas Nacionales/Internacionales.
  - ⊕ **Nacional a Transfronterizo:** Se requiere una revisión de seguridad de los pasajeros y del equipaje de conformidad con las normas y el protocolo de los EE.UU. Las llegadas nacionales que se conectan con los Estados Unidos deben pasar la inspección de Migración y Aduanas de los Estados Unidos antes de ingresar al área de salida Transfronteriza.
  - ⊕ **Internacional a Nacional:** Los pasajeros Internacionales y sus equipajes deberán pasar la revisión del Instituto Nacional de Migración (INM) y la Aduana México y Seguridad antes de entrar en el área de salidas Nacionales/Internacionales.
  - ⊕ **Internacional a Internacional:** Los pasajeros internacionales y su equipaje deberán pasar revisión por el Instituto Nacional de Migración (INM) y la Aduana México y Seguridad antes de entrar en el área de salidas Nacionales/Internacionales.
  - ⊕ **Internacional a Transfronterizo:** Opción 1: Los pasajeros Internacionales y su equipaje deben ser revisados por el Instituto Nacional de Migración (INM) y la inspección de la Aduana de México antes de acceder al USCBP. Antes de entrar al área USCBP, se requiere el re-escaneado de los pasajeros y su equipaje según los protocolos y estándares de los EE.UU. Los pasajeros internacionales deben entonces ser inspeccionados y validados por los servicios de Inmigración y aduanas de los EE.UU antes de entrar a la zona dedicada para salidas de vuelos transfronterizos. Opción 2: Los pasajeros en tránsito a los EE.UU no necesitan entrar en México. Existe la opción de que estos pasajeros eviten ser revisados por el Instituto Nacional de Migración (INM) y la inspección de la Aduana de México, asegurándose que éstos pasajeros permanezcan en áreas estériles durante su proceso de conexión. Se deberá asegurar en este caso que los pasajeros permanezcan en áreas estériles mientras dure su conexión con USCBP.
  - ⊕ **Transfronterizo a Nacional:** Los pasajeros transfronterizos y su equipaje deberán pasar inspección ante el Instituto Nacional de Migración (INM), la Aduana de México y Seguridad, antes de entrar en el área de salidas Nacionales/Internacionales.

- ⊕ **Transfronterizo a Internacional:** Los pasajeros transfronterizos y su equipaje deberán pasar inspección ante el Instituto Nacional de Migración (INM), la Aduana de México y Seguridad, antes de entrar al área de salidas Nacionales/Internacionales.
- ⊕ **Transfronterizo a Transfronterizo:** La demanda de conexiones entre llegadas y salidas Transfronterizas no está prevista y, por lo tanto, no se requiere una disposición específica para este flujo de conexión.

### II.3.2.2 Mantenimiento

Los sistemas, equipos e instalaciones serán sujetos a programas de mantenimientos anuales, llevados a cabo por personal externo a través de contratos. Se revisarán diariamente las pistas, rodajes, plataformas y subestaciones eléctricas, para saber el grado de conservación y los requerimientos de las ayudas visuales y sistema de alumbrado del aeropuerto, lo anterior para saber que reparaciones realizar para garantizar la seguridad de las operaciones aéreas.

Las instalaciones de mantenimiento del aeropuerto en esta sección incluyen el cargamento, mantenimiento de la aeronave, mantenimiento del aeropuerto, mantenimiento del equipo de servicios en tierra (EST), catering de vuelo, combustible de aviación, aviación general (GA, por sus siglas en inglés), Planta Central de Servicios y la planta de tratamiento de aguas residuales.

Cada una de estas instalaciones será descrita en cuanto a las disposiciones actuales en el actual AICM, al programa de requisitos para su desarrollo en la Solución para Atender la Demanda de Aviación en la Región Central de México (NAICM), a los lineamientos e hipótesis usados en la planeación de los nuevos diseños y a sus fases de construcción. Nótese que la finalidad de los requisitos del programa es que se usen como una guía y que estén sujetos a modificaciones para adaptarse a las condiciones específicas del sitio y a las configuraciones del diseño.

#### II.3.2.2.1 Mantenimiento de transporte automatizado de personas

Se requiere un área de instalaciones para el mantenimiento y la limpieza de los vehículos del transporte automatizado de personas, las instalaciones de mantenimiento incluirán talleres, almacén de partes y oficinas administrativas, estas áreas también podrían incluir capacidad para almacenamiento de vehículos. Las instalaciones de mantenimiento estarán ubicadas al extremo sur del área de apoyo de la zona de operaciones Norte.

#### II.3.2.2.2 Mantenimiento de Aeronaves

La tabla a continuación resume el programa de requerimientos para el periodo 2018-2062, e identifica la superficie dimensionada necesaria para los hangares, así como las áreas del lado tierra y la plataforma. Las áreas para el hangar se han calculado utilizando una tolerancia de 0.35 m<sup>2</sup> por ATM, basado en el punto de referencia, además de las áreas de la plataforma y el lado aire relacionadas. Los requerimientos del sitio y la plataforma para un área de puesta a punto del motor y un polígono para la compensación de compases magnéticos se han registrado por separado.

Cabe señalar que el área total de 418,209 m<sup>2</sup> (41.8 ha) calculada para el 2018 es menor que el área existente. Esto se debe a que las áreas de plataforma existentes parecen estar sobredimensionadas con el fin de albergar aviones adicionales en espera para mantenimiento.

Tabla II.36 Programa de la zona de mantenimiento de Aeronaves.

		Existente	2018	2023	2028	2062
Datos y Suposiciones Clave de Pronóstico	Movimientos anuales de aeronaves		359,704	455,010	520,723	894,563
	m <sup>2</sup> de hangar por movimiento		0.35	0.35	0.35	0.35
Mantenimiento A/C	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )	560,751	430,752	526,654	592,777	968,954
	Edificios (m <sup>2</sup> )	116,460	125,896	159,253	182,253	313,097
	Lado tierra (m <sup>2</sup> )	27,510	110,159	139,347	159,471	273,960
	Plataforma (m <sup>2</sup> )	416,781	157,968	191,325	214,324	345,169
Hangares de	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )	560,751	361,952	457,854	523,977	900,154

		Existente	2018	2023	2028	2062
mantenimiento	Edificios (m <sup>2</sup> )	116,460	125,896	159,253	182,253	313,097
	Lado tierra(m <sup>2</sup> )	27,510	110,159	139,347	159,471	273,960
	Plataforma (m <sup>2</sup> )	416,781	125,896	159,253	182,253	313,097
Área de Calibración de Brújula	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )	NA	40,000	40,000	40,000	40,000
	Plataforma (m <sup>2</sup> )	NA	17,671	17,671	17,671	17,671
Área de Puesta a punto del Motor	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )	NA	28,800	28,800	28,800	28,800
	Plataforma (m <sup>2</sup> )	NA	14,400	14,400	14,400	14,400

Se consideran dos áreas para el desarrollo de las instalaciones de mantenimiento de aeronaves; la primera en la zona de operaciones Oeste, y la segunda en la zona de operaciones Este.

Los requerimientos principales para el área de mantenimiento de aeronaves incluirán:

- ⊕ Uno o varios edificios destinados a hangares, con una profundidad de 90 m a 100 m, más una tolerancia de 130 m a 140 m a su parte trasera. Se estima que la altura máxima del edificio será de hasta 30 m. Estas dimensiones están sujetas a ajustes para adaptarse a los requerimientos operativos específicos y para cumplir con los criterios de TCA de la línea de vista.
- ⊕ Una plataforma para dar servicio a una calle de acceso Código E y al estacionamiento de aeronaves Código E.
- ⊕ Un área en el lado tierra para las bahías de recepción, estacionamiento y vías internas y de circulación.

Se anticipa que el área de mantenimiento estará dividida en lotes que serán rentados y desarrollados para varias aerolíneas y otros terceros proveedores de servicios, a continuación se hace una descripción de las instalaciones de mantenimiento de aeronaves previstas para 2028 en la zona de operaciones del centro de campo Oeste.

- ⊕ Área total del sitio 59 ha, sin incluir el sistema de calles de acceso
- ⊕ El edificio lineal del hangar tendrá un ancho típico de 140 m, siendo este variable dependiendo de la extensión de talleres requeridos para los arrendatarios, y una superficie total de 182,000 m<sup>2</sup>. Su altura nominal será de 30 m
- ⊕ Una calle de acceso Código E dará servicio a la plataforma del lado aire a la que se accede desde el sistema de calles de rodaje al este de la pista 18R-36L. La plataforma del lado aire proporciona estacionamiento para hasta 12 aeronaves Código E (o más en una combinación de aeronaves Código E y C). Estas posiciones se proporcionaran de forma remota al Oeste de la calle de acceso, además de posiciones adicionales de estacionamiento fuera de las puertas del hangar.
- ⊕ El área para la puesta a punto de motores, de 120 m x 120 m se localiza al Norte de la plataforma Norte.

El diseño para el 2018, se observa en la siguiente figura, muestra la etapa inicial de desarrollo en el sitio, e incluye las siguientes disposiciones:

- ⊕ El sitio tiene acceso desde el lado tierra por la calle norte/sur al Oeste del sitio, la cual entra hacia el recinto del aeropuerto por el Norte, y tiene acceso también a la zona de carga por el sur.
- ⊕ Un área del sitio de 43 ha, excluyendo las calles de acceso de la plataforma y las posiciones remotas, y con una superficie del edificio de 126,000 m<sup>2</sup>.
- ⊕ Una plataforma con posiciones de aeronaves de hasta 10 aeronaves de Código E (o una mezcla de Código E/C), mas estacionamiento adicional en frente de las puertas del hangar.

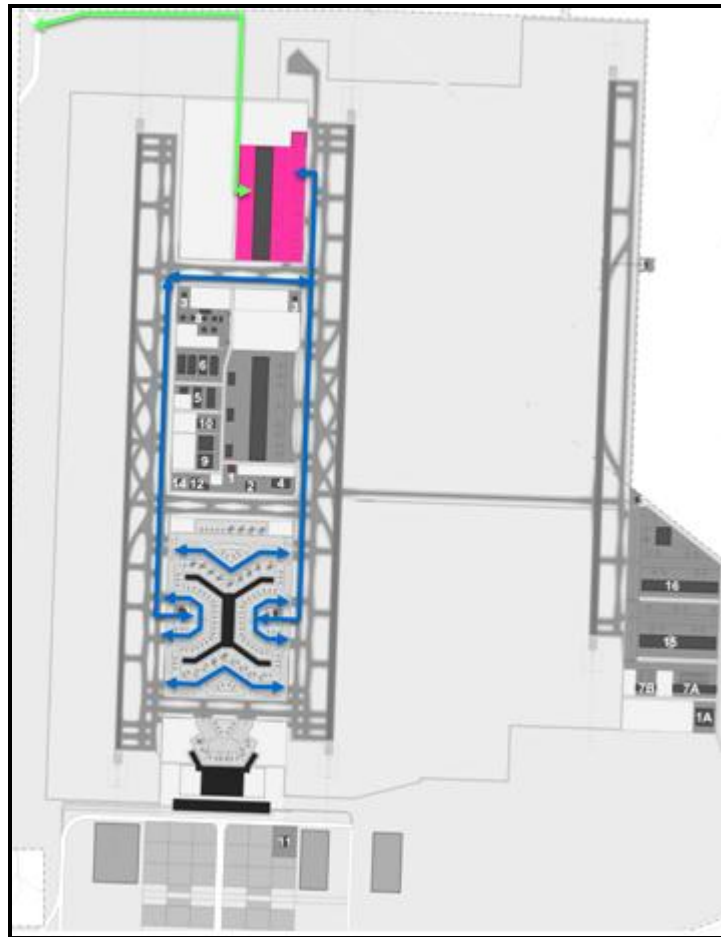


Figura II.96 Mantenimiento de aeronaves 2018.

El crecimiento del mantenimiento de aeronaves va desde el 2028 al 2062. La distribución general del lado tierra, los edificios hangar y el lado aire en el sitio es por tanto similar a la zona de operaciones Oeste, e incluye las siguientes disposiciones:

- ⊕ El hangar y los talleres tendrán un ancho de 140 m y un área total de 131,000 m<sup>2</sup>
- ⊕ El lado tierra tiene una profundidad de 170 m
- ⊕ Una calle de acceso Código E dará servicio a la plataforma del lado aire a la que se accede desde una calle de rodaje Código E al este de la pista 18L-36R. La longitud de la plataforma será suficiente para un máximo de 10 aeronaves Código E (o más en una combinación de aeronaves Código E y C), además de espacio adicional de estacionamiento fuera de las puertas del hangar.

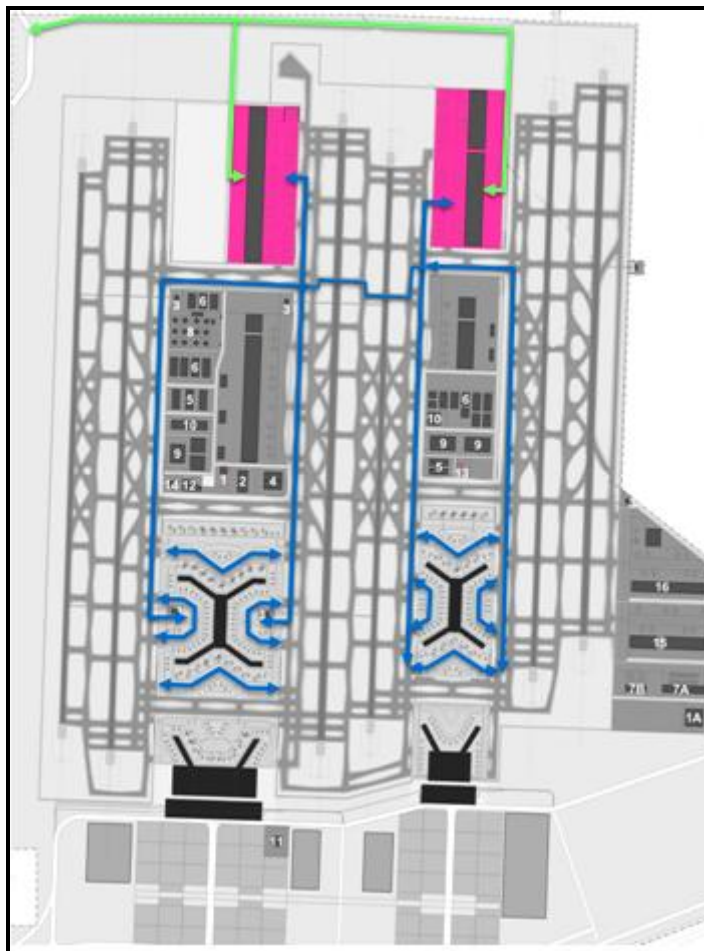


Figura II.97 Mantenimiento de aeronaves 2062.

### II.3.2.2.3 Zona de Operaciones y Mantenimiento del Aeropuerto

El mantenimiento aéreo incluirá un centro de servicios para vehículos, mantenimiento de instalaciones de edificios, recolección de residuos, almacenes centrales, administración central y un centro de jardinería. La Tabla a continuación resume el programa de requerimientos para el período 2018-2062. El área necesaria y los requerimientos del lugar, así como el desglose de las requerimientos de las instalaciones individuales, se basan en una tolerancia de 1,000 m<sup>2</sup> por cada millón de pasajeros por año (MPPA), y en el punto de referencia de instalaciones similares en los principales aeropuertos.

Tabla II.37 Zona de mantenimiento del Aeropuerto.

		Existente	2018	2023	2028	2062
Datos y Suposiciones Clave de Pronóstico	MPPA	NA	36.65	48.63	57.47	119.05
	M <sup>2</sup> de construcción total por MPPA		1,000	1,000	1,000	1,000
Soporte del Aeropuerto	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )	NA	91,613	121,570	143,679	297,616
	Diseño del Edificio (m <sup>2</sup> )	NA	36,645	48,628	57,472	119,046
	Área del lado tierra (m <sup>2</sup> )	NA	36,645	48,628	57,472	119,046
	Área del lado aire (m <sup>2</sup> )	NA	18,323	24,314	28,736	59,523
Detalles del tipo de edificio	Mantenimiento del lado aire (m <sup>2</sup> )	NA	9,161	12,157	14,368	29,762

	Existente	2018	2023	2028	2062
Centro de Servicios de Vehículos (m <sup>2</sup> )	NA	7,329	9,726	11,494	23,809
Mantenimiento de Instalaciones (m <sup>2</sup> )	NA	10,077	13,373	15,805	32,738
Recolección de Residuos (m <sup>2</sup> )	NA	2,748	3,647	4,310	8,928
Almacenes centrales (m <sup>2</sup> )	NA	3,665	4,863	5,747	11,905
Centro de Jardinería (m <sup>2</sup> )	NA	1,832	2,431	2,874	5,952
Administración Central. (m <sup>2</sup> )	NA	1,832	2,431	2,874	5,952
Diseño total del edificio (m <sup>2</sup> )	NA	36,645	48,628	57,472	119,046

Los requisitos del edificio de mantenimiento de las instalaciones del aeropuerto son similares a aquellos descritos para el Mantenimiento del Aeródromo, con talleres capaces de alojar a todas las actividades de mantenimiento de las instalaciones, como las mecánicas, eléctricas (edificios, calles, etc.), de plomería, de climatización (HVAC, por sus siglas en inglés), de carpintería, de soldadura y de señalizaciones (en edificios y vialidades). Asimismo, se necesitará de una zona de administración y de almacenamiento.

Este edificio alojará al personal de administración, pero su uso principal será industrial, conformándose de bahías y talleres de mantenimiento. Se asume que estas bahías medirán 10 m x 20 m y se proporcionarán con el fin de alojar el mantenimiento y depósito de señalizaciones del aeródromo, ayudas a la navegación, sistemas de iluminación y EST ligero de la compañía del aeropuerto, y se le instalarán elevadores hidráulicos, fosos de acceso y puentes-grúa.

Se proporcionarán cabinas para la pintura y cuartos de limpieza con chorro de arena para pintar y pelar objetos pequeños, como las señalizaciones del aeródromo, así como materiales, partes y componentes, equipo y almacenamiento de material peligroso y líquidos inflamables. Las zonas de prueba tendrán 10 m de altura y se proveerán fuera de las bahías de mantenimiento junto con un corredor interno de circulación que proporcione interconectividad y el movimiento interno de las partes.

El edificio industrial para el mantenimiento de los vehículos proporcionará los trituradores, cabinas de lavado, taller de hojalatería y pintura y cuartos de limpieza con chorro de arena necesarios, junto con las bahías de mantenimiento requeridas.

Las cabinas de lavado, cuartos de limpieza con chorro de arena y las cabinas de pintura serán de aproximadamente 20 m x 20 m y serán capaces de alojar la mayor parte del equipo de mantenimiento del aeropuerto y a los vehículos, incluyendo los vehículos de transporte del personal y los camiones de transporte. Asimismo, se necesitará de una zona de administración y de almacenamiento.

Para el desarrollo de las instalaciones de mantenimiento del aeropuerto; la primera en la zona de operaciones Oeste, y la segunda en la zona de operaciones Este. Los principales requerimientos para las instalaciones de mantenimiento del aeropuerto incluirán lo siguiente:

- ⊕ Acceso para el lado tierra y el lado aire que permita entrega directa de materiales y mercancías desde el exterior, así como conexiones seguras a todas las áreas e instalaciones del aeropuerto.
- ⊕ Fases óptimas para las instalaciones individuales a lo largo del período de planeación extendido hasta el 2062 que minimicen los requerimientos del futuro desarrollo.

Los diseños de planeación del sitio (indicados con un # 6) y etapas para los años de planeación se describen a continuación:

- ⊕ El diseño para el 2018 en la zona de operaciones Oeste es un plan representativo del sitio en esta etapa de desarrollo del Proyecto y estará sujeto a un ajuste tras los debates sobre los requerimientos detallados con los arrendatarios y operadores de las instalaciones.
- ⊕ Se ha previsto la expansión del diseño del 2028 hacia el norte, en caso de ser necesario, previo al desarrollo de la zona de operaciones Este.

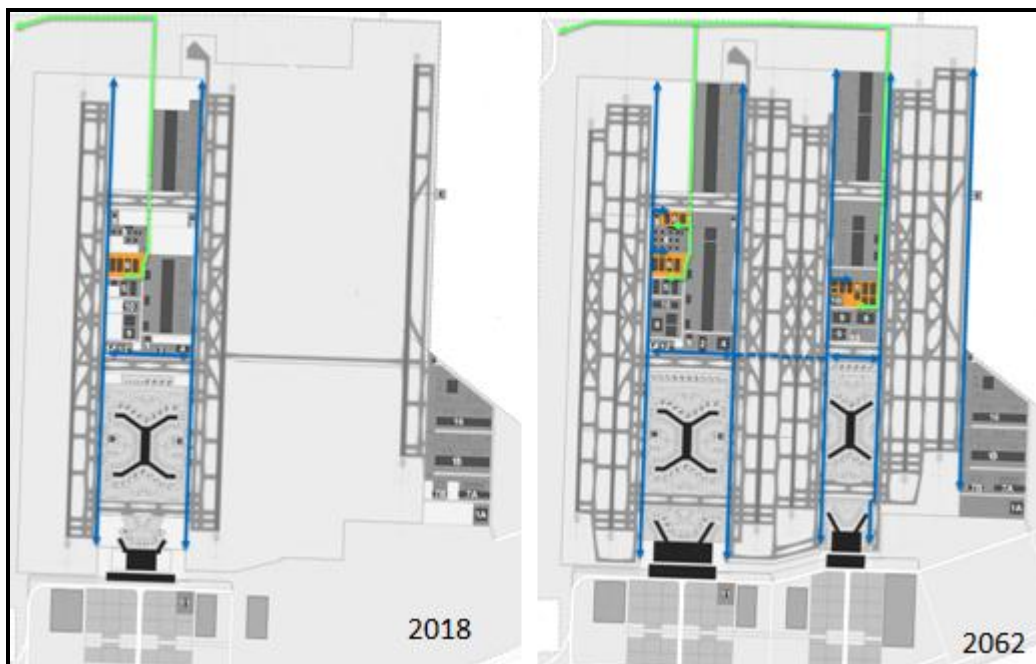


Figura II.98 Edificios de mantenimiento.

Los requerimientos de mantenimiento se presentan en la siguiente tabla para los equipos de servicio en tierra tendrán en cuenta el tamaño de la flota total necesaria para servir a las aeronaves de pasajeros y de carga que utilizan el aeropuerto, así como su mantenimiento, lavado, carga de combustible y los requerimientos de estacionamiento. La tabla indica el número de virajes de aeronaves en horas pico por código de aeronave durante los años de planificación a partir del cual se calculan las necesidades totales de la flota - teniendo en cuenta un factor de utilización. Se considera que el 10% de los vehículos estará en proceso o en espera de mantenimiento en cualquier momento.

Tabla II.38 Programa de mantenimiento de equipos de servicio en tierra.

		Existente	2018	2023	2028	2062
<b>Gestiones de Tráfico Aéreo por Persona + Carga</b>	Código C		77	96	108	161
	Código D		5	5	5	4
	Código E		13	14	15	24
	Código F		0	2	2	4
<b>Mantenimiento de equipos de servicio en tierra</b>	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )	NA	51512	62291	68055	104122
	Edificios (m <sup>2</sup> )		20605	24916	27222	41649
	Zona de aeropuerto (m <sup>2</sup> )		20605	24916	27222	41649
	Zona de embarque (m <sup>2</sup> )		10302	12458	13611	20824
	Plataforma (Estacionamiento) (m <sup>2</sup> )		114472	138424	151234	231382

Para el desarrollo de las instalaciones de mantenimiento de equipos se definen dos áreas la primera en la zona de operaciones Oeste, y la segunda en la zona de operaciones Este. Los requerimientos de planificación para las instalaciones de mantenimiento de los equipos de servicio den tierra incluirán:

- ⊕ Acceso para el lado tierra y el lado aire que permita entrega directa de materiales y mercancías desde el exterior, así como conexiones seguras a todas las áreas de plataforma del aeropuerto donde se estacionará el Equipo de Servicio en Tierra.
- ⊕ Fases óptimas para las instalaciones individuales a lo largo del periodo extendido de planeación hasta el 2062, que minimicen los requerimientos para el desarrollo futuro.
- ⊕ Se deberá confirmar del número necesario de empresas proveedoras de servicios en tierra, lo que repercutirá en el diseño y el número de edificios que se proporcionarán.

Los planos de diseño (indicados con # 5) y las etapas de los años de planificación se describen a continuación:

- ⊕ Los sitios son generalmente rectángulos simples y cumplen con precisión los requerimientos de áreas mencionadas anteriormente.
- ⊕ El diseño para 2018 en la zona de operaciones Oeste es representativo y estará sujeto a un ajuste tras los debates sobre los requerimientos detallados con los arrendatarios y operadores de las instalaciones. El espacio está reservado para la expansión, antes del desarrollo de las instalaciones en la zona de operaciones el campo Este.
- ⊕ El diseño para el 2062 en la zona de operaciones Este incluye dos edificios en rectángulos simples con adecuado acceso para el lado tierra y conexión directa con la terminal satélite oeste a través de un túnel bajo las pistas de cruce las calles de rodaje.

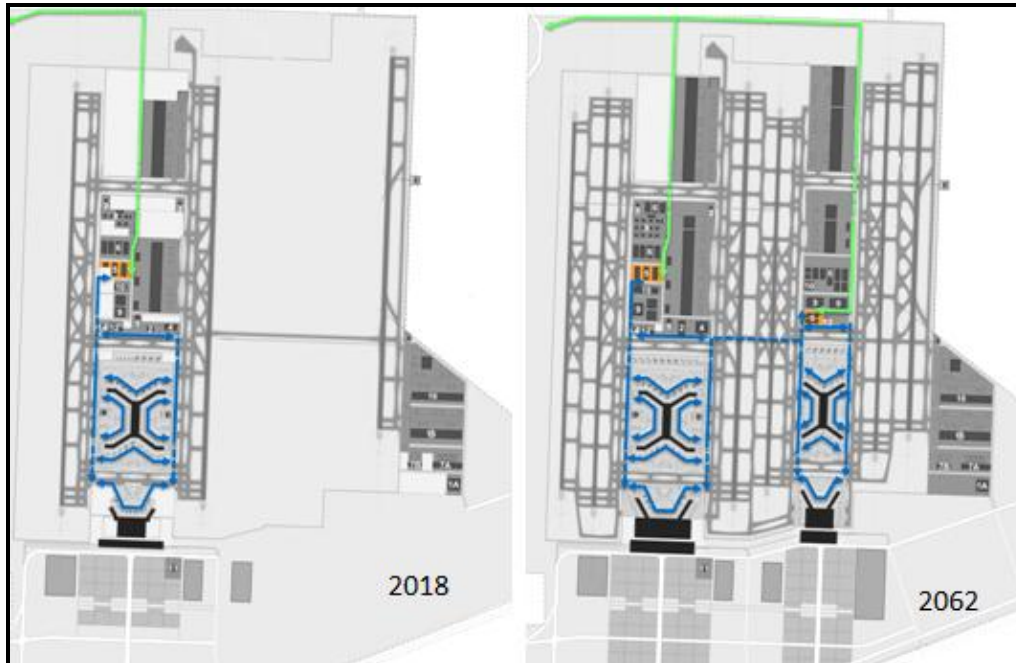


Figura II.99 Equipamiento para servicio en tierra.

#### II.3.2.2.4 Servicio de comida en vuelos

A continuación se resume los requerimientos del servicio de comidas en vuelos para las etapas de planificación. El tamaño de los edificios se ha dimensionado basado en la demanda diaria para el número de comidas por aerolínea, teniendo en cuenta el tipo de aeronave y el número de asientos, el tipo de aerolínea (servicio completo o de bajo costo), y el tipo de vuelo (distancia corta o larga). Una tolerancia de área (m<sup>2</sup> por día y tipo de comida). Los requerimientos de área del lado tierra y el lado aire explican el estacionamiento y maniobrabilidad de vehículos de servicio de comida en vuelos, y también toman como referencia las principales instalaciones que ya existen.

Tabla II.39 Programa para servicio de comida en vuelo.

		Existente	2018	2023	2028	2062
Datos y Suposiciones de Clave Pronóstico	MPPA	NA	36.65	48.63	57.47	119.05
	Comidas por día		92115	130138	153714	317365
Servicio de comida en Vuelos	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )	9225	65172	92073	108753	224536
	Edificios (m <sup>2</sup> )	2600	26069	36829	43501	89814
	Lado tierra (m <sup>2</sup> )		26069	36829	43501	89814
	Lado aire (m <sup>2</sup> )		13034	18415	21751	44907



Para el desarrollo de las instalaciones de servicio de comida en vuelos se definen dos áreas la primera en la zona de operaciones Oeste, y la segunda en la zona de operaciones Este. Los requerimientos de planificación de los servicios de comidas en vuelos incluirán:

- ⊕ Acceso para el lado tierra y el lado aire que permita la entrega directa de materiales desde el exterior, así como conexiones seguras a todas las áreas de plataforma de la terminal y puertas de embarque/desembarque de la aeronave a través de las rutas más cortas.
- ⊕ Fases óptimas para las instalaciones individuales a lo largo del periodo extendido de planeación hasta 2062 que minimicen los requerimientos para el futuro desarrollo
- ⊕ Se deberá confirmar del número necesario de empresas de servicio de comidas en vuelos, lo que repercutirá en el diseño y el número de edificios que se proporcionarán.

Los diseños del sitio (indicados con # 9) y las etapas para los años de planeación se describen a continuación

- ⊕ El diseño de 2028 muestra tres grandes cocinas en la zona de operaciones Oeste, con una capacidad combinada de hasta 154,000 comidas por día. Esta disposición supone que todas las necesidades futuras de alimentos se prepararan en las cocinas en el sitio del aeropuerto.
- ⊕ Las primeras dos cocinas, cada una con una capacidad para aproximadamente 45,000 comidas al día y una superficie del edificio de 13,000 m<sup>2</sup>, son calculadas para abastecer la demanda en 2018.
- ⊕ La tercera cocina en la zona de operaciones Oeste, con una superficie de aproximadamente 18,000 m<sup>2</sup>, será construida en dos fases, para dar cabida a la demanda adicional de aproximadamente 60,000 comidas por día en 2028.
- ⊕ Dos grandes cocinas, cada una con superficie de edificios de aproximadamente 23,000 m<sup>2</sup> y una capacidad para hasta 82,000 comidas por día, se localizan en la zona de operaciones Este, para satisfacer la demanda proyectada para el periodo 2028-2062.

Cabe señalar que los tamaños de las cocinas mencionadas describen cocinas de gran tamaño y son representativas de instalaciones similares que operan actualmente en aeropuertos de primer orden tales como Dubai y Singapur. Las zonas de operación este y oeste podrán alojar múltiples cocinas más pequeñas si fuera necesario.

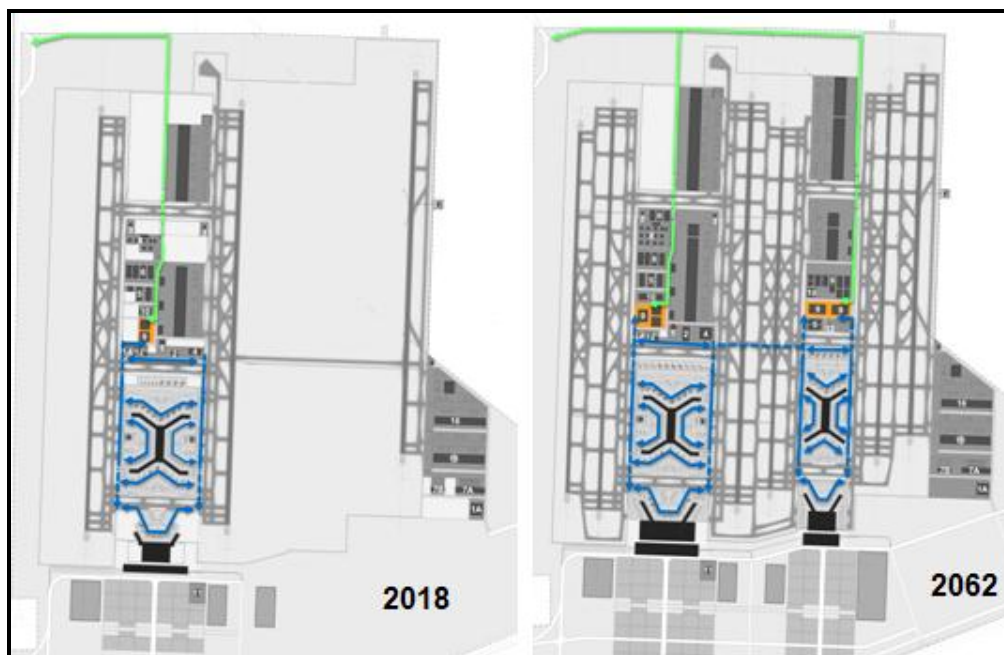


Figura II.100 Servicio de comida en vuelos.

### II.3.3 Abandono del sitio

Actualmente no se contempla la etapa de Abandono del sitio, puesto que la vida útil del Proyecto "Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México" está calculada en 100 años, considerando que las actividades de mantenimiento se realizarán de manera eficiente y efectiva para que se prolongue el uso en óptimas condiciones de operación. Al finalizar la vida útil, previa verificación de la integridad del documento se podrá solicitar ampliación de la operación y/o si se determina que es necesario abandonar se realizará a los requerimientos legales aplicables.

#### II.3.3.1 Vida útil estimada del Proyecto

La vida útil de Proyecto "Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México" que abarca el desarrollo de las etapas de Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento serán de 100 años. Para la etapa de Abandono del sitio existen consideraciones anteriormente descritas.

#### II.3.4 Requerimiento de personal

Del total de empleos que se detonarán con el Proyecto, es importante distinguir entre aquéllos que se generarán dentro del sector aeroportuario como secuencias de la operación del nuevo AICM, de aquellos que estarán relacionados con otras industrias y actividades comerciales.

- ⊕ Empleos directos: Serán generados por la operación del aeropuerto, como lo son aquellos relacionados con la operación de aerolíneas, control de tráfico aéreo, mantenimiento de aviones, manejo de equipaje, entre otros.
- ⊕ Empleos indirectos: Generados por empresas dependientes del aeropuerto pero que no intervienen directamente en la operación del mismo, es decir, aquellos que proveen servicios a la industria de transporte aéreo y usuarios del aeropuerto por ejemplo proveedores de turbinas, locales comerciales, restaurantes, bancos, hoteles entre otros.
- ⊕ Empleos inducidos: Son los empleos que darán servicios a las actividades generadas directa e indirectamente por el aeropuerto, compañías productoras de bienes y servicios, empresas minoristas, entre otras.

Durante la construcción de la primera etapa del aeropuerto se generarán alrededor de 160 mil nuevos empleos. El máximo de creación anual de nuevos empleos se alcanzara en el segundo año de construcción del Proyecto.

A continuación se presenta una estimación de los empleos generados durante la construcción de la primera etapa del Proyecto.

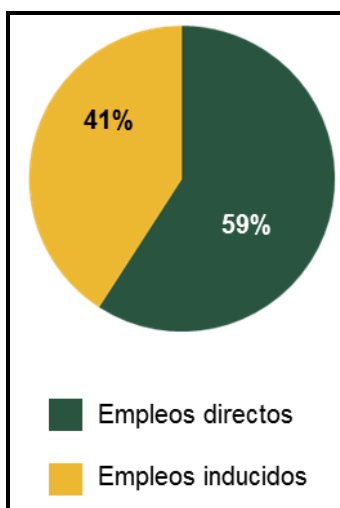


Figura II.101 Estimación de los empleos generados durante la Construcción de la primera etapa del Proyecto.

Durante la etapa de Construcción del Proyecto aproximadamente se generarán 160 mil empleos, de los cuales 95 mil serán empleos directos y 65 mil serán empleos inducidos. Para la etapa de Operación del Proyecto aproximadamente se generarán 450 mil nuevos empleos.

Durante la construcción de la primera etapa del Proyecto aproximadamente la mitad de los empleos generados corresponderán a personas residentes del Distrito Federal y la otra mitad a habitantes del Estado de México. Con la construcción y operación del

Proyecto se estima que se generara una derrama económica total de \$313 mil millones de pesos. Casi 23% de dicho impacto se capturara en los primeros cinco años del Proyecto, durante la primera etapa de construcción.

### II.3.5 Insumos

#### II.3.5.1 Sistema de abastecimiento de agua

El objetivo principal para el sistema de abastecimiento de agua es reducir la dependencia en el sistema de suministro de agua municipal externo, y al mismo tiempo mantener un suministro de agua seguro y confiable para el aeropuerto. Por lo que el agua utilizada en el Proyecto será proporcionada por las plantas de tratamiento de agua residual y un porcentaje se obtendrá de la red municipal de agua potable. Se recomienda una estrategia en el abastecimiento del agua de caso sustentable, la cual requiere que se implementen una serie de iniciativas de ahorro de agua y estrategias alternas de suministro de agua no potable. El consumo de agua estimado para el caso base y caso sustentable se proporciona en las tablas siguientes.

Tabla II.40 Consumo de agua en caso base

Consumo de Agua en el Caso Base	Fase (m <sup>3</sup> /día)	
	Fase 1 (2028)	Fase 2 (2062)
Agua Potable	2,395	5,912
Agua no potable	4,664	11,510
Riego	9,00	2,250
<b>Consumo Total</b>	<b>7,959</b>	<b>19,673</b>

Tabla II.41 Consumo de agua en el caso sustentable.

Consumo de Agua en el Caso Sustentable	Fase (m <sup>3</sup> /día)	
	Fase 1 (2028)	Fase 2 (2062)
Agua Potable	1,690	4,174
Agua no potable	3,117	7,692
Riego	563	1,406
<b>Consumo Total</b>	<b>5,370</b>	<b>13,272</b>

Los requerimientos totales del suministro de agua para la Fase 1 se han estimado en 7,959 m<sup>3</sup>/día (caso base) y 5,370 m<sup>3</sup>/día (caso sustentable). Estas cifras no incluyen el desarrollo del Aerotrópolis. Para el caso sustentable, se requieren de aproximadamente 1,690 m<sup>3</sup>/día de agua potable para la Fase 1. La demanda restante se compone de agua no potable (para usos en edificios) y riego se obtendrá de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

#### II.3.5.2 Bancos de Préstamo y Tiro

Se requerirán bancos de préstamo y tiro para la adquisición de materiales y para la disposición adecuada de residuos téreos (producto de excavaciones). Para los bancos de préstamo se deberán usar los establecidos por la SCT los cuales deberán buscarse en sitios aledaños a la zona del Proyecto que cuenten con autorizaciones correspondientes en materia ambiental.

##### ⊕ Bancos de Préstamo

Los bancos de materiales son las excavaciones a cielo abierto destinadas a extraer material útil para la construcción de diversos proyectos, por lo cual la Contratista (o Constructora) deberá adquirir los insumos requeridos de materiales de estas instalaciones, que deberán contar con las autorizaciones en materia ambiental correspondientes. Es conveniente señalar que los bancos de préstamo de materiales deberán cumplir con lo establecido en la Norma N-CTR-CAR-1-01-08/00 la cual contiene los aspectos a considerar para la explotación de bancos de materiales, por lo cual la Constructora podrá adquirir los materiales en los Bancos de Préstamos marcados en el cuadro de la siguiente figura:



Figura II.102 Localización de Bancos de Préstamo para la obtención de materiales requeridos para el Proyecto.

Los bancos señalados en la figura anterior cuentan con el siguiente material:

- 0100 Netzahualcóyotl con Aglomerado C
- 0123 San Miguel con Aglomerado C
- 0127 La Esperanza con Aglomerado C
- 0198 La Providencia con Aglomerado C
- 0200 Ixtlahuaca con Andesita
- 0022 Santa Catarina con Tezontle C
- 0097 Tlahuilco con Tezontle C
- 0104 Tepexpan con Tezontle C
- 0201 Totolcingo con Tezontle C

Asimismo existen otros bancos locales que podrán ser usados como los que a continuación se mencionan por Municipio:

⊕ Municipio de Ixtapaluca

1. Banco ejido Coatepec, explota arena, grava, tepetate y tezontle.
2. Banco ejido Zoquiapan, explota arena, grava, tepetate y tezontle.
3. Banco ejido San Francisco Acuaulla, explota arena, grava, tepetate y tezontle.

⊕ Municipio de Chimalhuacán

1. Mina "Barrera", se encuentra en la parte alta de la colonia Copalera, se explota desde 1964 y produce tepetate.

2. Mina "Huachín", ubicada en la parte alta de la Villa San Agustín Atlapulco, inició su explotación en 1973. Aporta tezontle en sus diversas modalidades.
3. Mina "La Guadalupana", que se localiza en la parte alta de San Lorenzo Chimalco, se extrae tepetate y tezontle.
4. Mina "Chimalli", se encuentra en el corte de Santa Rosa, se extraen tepetate y tezontle.

⊕ Bancos de Tiro

Para los residuos generados en actividades como el desmonte y despalme, así como todos los desperdicios propios de la construcción que son inherentes a la ejecución del Proyecto, será necesario contar con un sitio adecuado para disponer el material generado por estas actividades al cual se denomina Banco de Tiro. Este sitio deberá cumplir con algunas características físicas determinadas como quedar ubicados lejos de cuerpos de agua y en zonas que no cuenten con cobertura vegetal, además de que cuenten con las autorizaciones correspondientes en materia ambiental. La Constructora deberá gestionar la disposición final en sitios que cuenten con las características mencionadas anteriormente. Como es el caso del Bordo de Xochiaca, que se encuentra aproximadamente a 6 Km del área de la obra.

## II.4. Generación, manejo y disposición de residuos, aguas residuales, emisiones a la atmosfera y contaminación por ruido

### II.4.1 Generación de residuos

Durante la operación del NAICM se generarán una gran diversidad de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos derivado de las diferentes actividades del aeropuerto.

Para estimar la generación de residuos en las diferentes etapas del NAICM, se tomará como caso base, el actual aeropuerto de la Ciudad de México. La operación del actual AICM, produjo 8,860 tons. de residuos sólidos urbanos y de manejo especial así como 22 tons. de residuos peligrosos en 2013. Esto es en adición a lo que también generaron las áreas complementarias, tales como estación de combustibles, aduanas y oficinas.

Tomando en cuenta únicamente lo generado por la operación aeroportuaria, se tiene que en 2013, se generaron en promedio, 280 grs. de residuos sólidos por cada uno de los 31.5 millones de pasajeros atendidos y es de esperarse que un nuevo aeropuerto, considerando que realiza prácticamente el mismo tipo de operaciones, genere una cantidad similar de residuos por unidad o pasajero atendido.

Tabla II.42 Generación de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Caso Base)

Generación de residuos sólidos urbanos y manejo especial Caso Base	AICM - 2013	NAICM - 2023	NAICM - 2028	NAICM - 2062
	<i>Aeropuerto Actual</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>
Pasajeros atendidos (MM)	31.5	48.7	57.5	119
Residuos sólidos urbanos / pax (kg.)	0.28	0.28	0.28	0.28
<b>Residuos sólidos urb.y ME anuales (ton)</b>	<b>8,860</b>	<b>13,636</b>	<b>16,100</b>	<b>33,320</b>

Realizando un ejercicio similar, se puede estimar la generación de residuos peligrosos como sigue:

Tabla II.43 Generación de Residuos Peligrosos (Caso Base)

Generación de residuos peligrosos Caso Base	AICM - 2013	NAICM - 2023	NAICM - 2028	NAICM - 2062
	<i>Aeropuerto Actual</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>
Pasajeros atendidos (MM)	31.5	48.7	57.5	119
Residuos peligrosos / pax (grs.)	0.69	0.69	0.69	0.69
<b>Residuos peligrosos anuales (ton)</b>	<b>22.0</b>	<b>33.6</b>	<b>39.6</b>	<b>82.1</b>

Cabe resaltar que los números anteriores únicamente consideran la generación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial por la operación aeroportuaria y no incluyen los generados por otras áreas como estación de combustibles y/o oficinas administrativas que son integrales para el funcionamiento del aeropuerto.

Considerando como punto de partida los datos del AICM actual, se conoce que la estación de combustibles y las oficinas de ASA generan aproximadamente un 1.25% del total de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que genera el AICM y un 20.3% de la cantidad de residuos peligrosos. Cabe observar que estos últimos se generan principalmente en la estación de combustibles y mayor mente son producto de derrames y fugas por lo que la cantidad es susceptible de variar año con año.

No existen datos sobre lo generado por otras operaciones conexas como son aduanas y talleres de aeronaves pero siendo conservadores, se asume que estas áreas generan la misma cantidad de residuos que las áreas de estación de combustibles y oficinas.

Así pues, se obtiene la siguiente distribución de residuos sólidos en el aeropuerto:

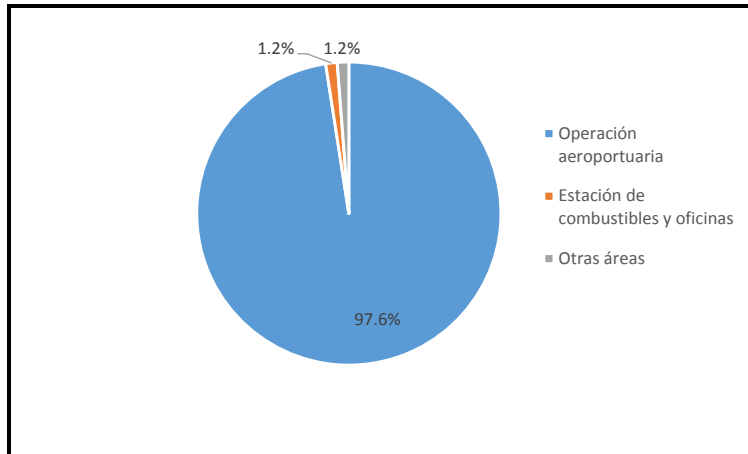


Figura II.103 Generación de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial por Área.

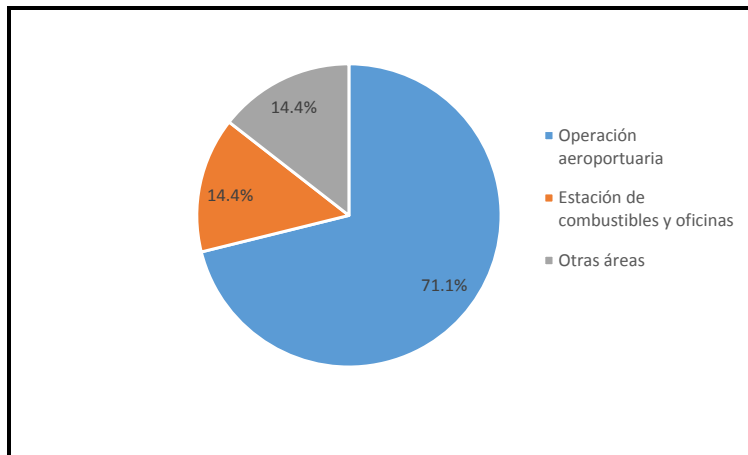


Figura II.104 Generación de Residuos Peligrosos por Área.

Proyección de la generación total de residuos en el NAICM:

Tabla II.44 Generación de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial y Residuos Peligrosos NAICM (Caso Base)

Generación de residuos sólidos urbanos y manejo especial Caso Base	AICM - 2013	NAICM - 2023	NAICM - 2028	NAICM - 2062
	Aeropuerto Actual	Nuevo Aeropuerto	Nuevo Aeropuerto	Nuevo Aeropuerto
Pasajeros atendidos (MM)	31.5	48.7	57.5	119
Residuos sólidos urbanos / pax (kg.)	0.288	0.288	0.288	0.288
<b>Residuos sólidos urbanos anuales (ton)</b>	<b>9,072</b>	<b>14,025</b>	<b>16,560</b>	<b>34,272</b>
Residuos peligrosos / pax (grs.)	0.98	0.98	0.98	0.98
<b>Residuos peligrosos anuales (ton)</b>	<b>30.9</b>	<b>47.7</b>	<b>56.3</b>	<b>116.6</b>

Ahora bien, se conoce que el actual NAICM recicla aproximadamente el 31.5% de los residuos sólidos y de manejo especial que genera por lo que podemos esperar, en un caso base, volúmenes de reciclamiento como sigue:

Tabla II.45 Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Caso Base)

Generación de residuos sólidos urbanos y manejo especial Caso Base	AICM - 2013	NAICM - 2023	NAICM - 2028	NAICM - 2062
	<i>Aeropuerto Actual</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>
Residuos sólidos urb. anuales y ME (ton)	9,072	14,025	16,560	34,272
Reciclaje (31.7% del total)	2,876	4,446	5,250	10,864

Escenarios de eficiencia.

Puede estimarse que el NAICM, por su diseño sustentable en el manejo de espacios, iluminación y eficiencia energética, estará preparado para ser más eficiente en la generación de residuos y su manejo e irá incorporando cualesquiera nuevas tecnologías para la reducción de los mismos. Por ello, se realizan estimaciones a dos niveles de eficiencia como sigue:

Escenario Sustentable A. El NAICM logra una disminución del 10% en la generación de residuos sobre el caso base en un horizonte hasta el 2062 y un aumento en el porcentaje de residuos reciclados también del 10% y;

Escenario Sustentable B. El NAICM logra una disminución del 30% en la generación de residuos sobre el caso base en un horizonte hasta el 2062 y un aumento en el porcentaje de residuos reciclados también del 30%

Como se mencionó, estas eficiencias se logran a través de los años de una manera compuesta hasta alcanzar la meta en el año 2062. Se puede considerar que ambas metas podrían ser conservadoras si se considera que la base de la que se parte es el actual AICM por lo que el modelo de estimación considera que las eficiencias prácticamente no se observarán en los primeros años aún cuando se conoce que el NAICM incorporará tecnologías modernas en aspectos de sustentabilidad. Asimismo, la tendencia de la aviación a nivel mundial es hacia la eficiencia energética de las aeronaves por lo que es de esperarse que en un futuro éstas consuman mucho menos combustible por pasajero transportado y, consecuentemente los residuos peligrosos derivados de hidrocarburos disminuyan también.

Tabla II.46 Generación y Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Escenario Sustentable A)

Generación de residuos sólidos urbanos y manejo especial Escenario Sustentable A	AICM - 2013	NAICM - 2023	NAICM - 2028	NAICM - 2062
	<i>Aeropuerto Actual</i> Datos Actuales	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>
Pasajeros atendidos (MM)	31.5	48.7	57.5	119
Residuos sólidos urbanos / pax (kg.)	0.288	0.2816	0.2785	0.2583
<b>Residuos sólidos urbanos anuales (ton)</b>	<b>9,072</b>	<b>13,718</b>	<b>16,018</b>	<b>30,744</b>
% de reciclaje	31.7	32.37	32.68	34.86
<b>Residuos sólidos urb. y ME recicl. (ton)</b>	<b>2,876</b>	<b>4,440</b>	<b>5,234</b>	<b>10,719</b>

Este escenario equivale a que el NAICM, partiendo de una línea base o tendencial, reduzca la generación de residuos por pasajero un 0.22% anual y aumente su eficiencia de reciclaje en un 0.19% anual.

Tabla II.47 Generación y Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Escenario Sustentable B)

Generación de residuos sólidos urbanos y manejo especial Escenario Sustentable A	AICM - 2013	NAICM - 2023	NAICM - 2028	NAICM - 2062
	<i>Aeropuerto Actual</i> Datos Actuales	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>
Pasajeros atendidos (MM)	31.5	48.7	57.5	119
Residuos sólidos urbanos / pax (kg.)	0.288	0.2678	0.2582	0.2018
<b>Residuos sólidos urbanos anuales (ton)</b>	<b>9,072</b>	<b>13,043</b>	<b>14,852</b>	<b>24,017</b>
% de reciclaje	31.7	33.58	34.47	41.20
<b>Residuos sólidos urb. y ME recicl. (ton)</b>	<b>2,876</b>	<b>4,380</b>	<b>5,120</b>	<b>9,896</b>

Este escenario equivale a que el NAICM, partiendo de una línea base o tendencial, reduzca la generación de residuos por pasajero un 0.72% anual y aumente su eficiencia de reciclaje en un 0.53% anual.

Consiguiendo los mismos niveles de reducción para residuos peligrosos, se estima una generación de:

Tabla II.48 Generación y Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Escenario Sustentable B)

Generación de residuos sólidos urbanos y manejo especial Escenario Sustentable A	AICM - 2013	NAICM - 2023	NAICM - 2028	NAICM - 2062
	<i>Aeropuerto Actual Datos Actuales</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>	<i>Nuevo Aeropuerto</i>
Pasajeros atendidos (MM)	31.5	48.7	57.5	119
<b>Residuos peligrosos E. Sustentable A (ton.)</b>	<b>30.9</b>	<b>46.7</b>	<b>54.5</b>	<b>104.9</b>
<b>Residuos peligrosos E. Sustentable B (ton.)</b>	<b>30.9</b>	<b>44.4</b>	<b>50.5</b>	<b>80.6</b>

#### II.4.2 Manejo de residuos

Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, el NAICM deberá contar con un Plan de Manejo de Residuos. Estos planes contarán con indicadores puntuales para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados.

El primer tipo de residuos que se generará será suelo y residuos vegetales producto del desmonte y despalme. El material vegetal desmontado se dispondrá de forma final en un sitio de disposición final autorizado, mediante su traslado a este en camiones de carga. El material de despalme que no sea horizonte orgánico y que no pueda reusarse en actividades de mejoramiento de suelo se dispondrá de la misma forma, que los residuos de desmonte. Por las dimensiones de desmonte y despalme, es previsible que la forma más eficiente para la disposición será mediante la contratación de una empresa privada para la recolección, traslado y disposición final de los residuos de manejo especial.

Los residuos sólidos urbanos que se generarán durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción serán principalmente derivados de la estancia de los trabajadores en la obra. Entre los residuos que se generarán se encuentran: papel, empaques de cartón, bolsas y envases de plástico, latas de fierro y aluminio, vidrio y residuos orgánicos. Estos residuos se almacenarán temporalmente en contenedores de 200 litros rotulados y con tapa en los patios de maquinaria y talleres, zona de comedor según su tipo y se dispondrán semanalmente en sitios de disposición final autorizados. De igual forma que los residuos de manejo especial podrá contratarse la participación de alguna empresa privada que les proporcione el manejo adecuado según la legislación vigente.

Considerando un factor de generación de residuos de 0.45 kg/persona/día, los desechos domésticos que se generarán durante la construcción del NAICM, se estiman en hasta 52,000 ton en el lapso de los casi 5 años que se tienen previstos para la construcción. Para poner lo anterior en perspectiva, el Distrito Federal genera más de 4.5 millones de toneladas anuales por lo que lo generado por la construcción del NAICM representa aproximadamente un 0.25% de lo generado en el D.F.

Posteriormente, en la etapa de operación, como se ha revisado en esta sección, la generación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial será de aproximadamente 14,000 ton anuales en 2023 incrementándose, por la intensidad de operaciones y volúmenes de pasajeros hasta 34,000 ton en el año 2062 en un escenario base y entre 13,000 y 24,000 tons. en esos mismos años bajo un escenario sustentable.

En todos los casos, el manejo de los residuos en todas las etapas del Proyecto considerará los siguientes puntos:

- ⊕ Minimizar la generación de residuos y asegurar un manejo integral de los residuos a través de todas las etapas del Proyecto desde la Preparación del Sitio, pasando por la etapa de Construcción hasta la Operación y Mantenimiento del mismo.
- ⊕ Establecer las instrucciones y requisitos para una correcta segregación, almacenamiento y eliminación de los residuos generados durante la ejecución de obras.

La gestión de residuos se realizará conforme a las leyes ambientales federales y estatales aplicables. El proceso incluye las siguientes etapas que serán seguidas por el personal correspondiente. La implementación del proceso estará periódicamente sujeta a auditorías internas por el supervisor ambiental.

- ⊕ Segregación de residuos generados por el tipo con el objetivo de reciclaje tanto como sea posible y evitando mezclar residuos no peligrosos y peligrosos
- ⊕ Embalaje, etiquetado y almacenamiento en contenedores para evitar accidentes y mantener una política de lugar de trabajo seguro
- ⊕ Entrega a gestora de residuos autorizada homologada y firma del certificado de entrega/recepción de residuos



#### ⊕ Registro de disposición del residuo

Respecto a los residuos peligrosos, durante las primeras etapas del Proyecto (Preparación del sitio y Construcción), los residuos sólidos generados provendrán del mantenimiento de la maquinaria y equipos (aceites quemados y estopas impregnadas y algunos filtros). Todos los residuos peligrosos, desde su generación, se almacenarán en tambos de 200 lt con su respectiva tapa y letrero que los identifique, se almacenarán de forma temporal en el almacén correspondiente y se entregarán a una empresa contratada que cuente con las autorizaciones correspondientes ante la SEMARNAT, la cual deberá entregar comprobantes periódicos del tratamiento y disposición final de este tipo de residuos a la constructora. Ésta por su parte, deberá darse de alta ante la delegación de la SEMARNAT, como generadora de residuos peligrosos, reportando en los periodos que se le indiquen la generación, manejo y tratamientos a los residuos.

Durante la operación, es previsible que además de lo anterior, pudieran ocurrir algunos derrames de combustible principalmente en las zonas de abastecimiento (plataformas) y en la misma estación de combustibles. Atendiendo a lo mencionado en esta sección, se puede prever una generación de hasta 47.7 tons. anuales en 2023 en un escenario base y 44 tons en un escenario sustentable. Estas cifras podrían aumentar hasta entre 80 y 105 tons. anuales en 2062.

Cabe observar que el actual AICM tiene un sistema eficiente de manejo de residuos que incluye la recolección interna, separación y procesamiento por una empresa privada y posterior recolección, reciclaje y disposición en los respectivos sitios finales tanto por la delegación Venustiano Carranza como por empresas privadas. Aprovechando esta experiencia, el NAICM, dentro de su Plan de Manejo Integral de Residuos, deberá adoptar un esquema similar y considerar apoyar a los municipios de Texcoco y Atenco con infraestructura de recolección y la habilitación de sitios de tiro de residuos sólidos urbanos apropiados. Dentro de los programas que tenga el NAICM para el desarrollo de proveedores, deberá asegurarse que los contratistas en temas de residuos tengan la capacidad y certeza contractual para llevar a cabo sus actividades de manejo de residuos adecuadamente.

El almacén temporal de residuos peligrosos, cumplirá con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y con las condiciones para almacenamiento de residuos peligrosos que establece el reglamento de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos.

Las condiciones básicas con las que contara el almacenamiento serán las siguientes:

- a) Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;
- b) Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;
- c) Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretilas de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados;
- d) Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño;
- e) Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia;
- f) Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados;
- g) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles;
- h) El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y
- i) La altura máxima de las estibas será de tres tambos en forma vertical.

Los residuos no se almacenarán por un período mayor a 6 meses a partir de su generación o identificación y no se almacenarán residuos incompatibles entre sí o con otros materiales. Se contará con una bitácora que se conservará por 5 años, dicha bitácora contendrá:

- ⊕ nombre del residuo y cantidad generada
- ⊕ características de peligrosidad

- ⊕ área o proceso donde se generó
- ⊕ fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos
- ⊕ señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén
- ⊕ nombre, denominación social y número de autorización del prestador de servicios
- ⊕ nombre del responsable técnico de la bitácora.

#### II.4.3 Generación, manejo y descarga de aguas residuales

##### II.4.3.1 Drenaje de aguas pluviales

El sistema de drenaje de las aguas pluviales (que será independiente del sistema de colección de aguas residuales del sitio) estará comprendido de una serie de sistemas de drenaje pluvial primarios que correrán de este a oeste y que recogerán los escurrimientos de las pistas, calles de rodaje, edificios y espacios abiertos (por medio de sistemas secundarios y terciarios más pequeños) y transmitirán los flujos hacia el túnel de 7 m de diámetro propuesto por la CONAGUA a lo largo del lindero occidental del terreno. Se espera que este túnel sea construido y puesto en operación antes de la finalización de la Fase 1 del NAICM en 2018. Se harán conexiones del drenaje del sitio hacia el túnel de la CONAGUA en tres lumbreras propuestas de los drenajes de concreto reforzado y en una ubicación adicional hacia la esquina suroeste del sitio. Cada uno de estos sistemas primarios consistirá de alcantarillas de cajas de drenaje de concreto reforzado (o varias tuberías de concreto reforzado) y recibirán el escurrimiento de las áreas ubicadas inmediatamente al norte y al sur a lo largo del sitio del aeropuerto. Durante la época en que el túnel de la CONAGUA está fuera de servicio, un sistema de libramiento con válvulas de compuerta facilitará la conducción de los escurrimientos al sur hacia las lagunas de la CONAGUA que serán ampliadas. Se proporcionará una estación de bombeo en esta área para bombear los flujos a la elevación requerida de descarga y facilitar el drenaje hacia abajo del sistema de NAICM si es necesario.

El sistema de drenaje de aguas pluviales del sitio será diseñado para transportar la descarga pico del año de 1:10 (25 m<sup>3</sup>/s aprox.) sin saturar el sistema de drenaje y transportar la descarga pico del año de 1:50 de 34 m<sup>3</sup>/s aproximadamente sin causar inundaciones a las instalaciones que son críticas para el funcionamiento del aeropuerto. La descarga pico del año de 1:50 de 34 m<sup>3</sup>/s será desembocada en el túnel de la CONAGUA cuando el sitio esté en construcción completa. Además, la CONAGUA proporcionará 4, 000,000 m<sup>3</sup> de almacenamiento dedicado dentro de su programa externo de obras hidráulicas para facilitar la recolección y regulación de la tormenta de 8 años de la descarga pico del año de 1:50 desde el sitio NAICM.

##### ⊕ Sistema de drenaje sanitario

Los elementos físicos del sistema de drenaje sanitario incluirán drenajes por gravedad y bombeo, estaciones de bombeo y una planta de tratamiento de aguas residuales en el lugar (PTAR) para proporcionar aguas residuales recicladas y desinfectadas terciarias al sitio. El sistema de drenaje sanitario recogerá todas las aguas residuales de los edificios de la terminal, restaurantes, zonas de lavado de aviones, la torre de enfriamiento, lavado de cocinas y baños, y zonas de manejo de residuos. Los cálculos y estimaciones de gastos en estas instalaciones influyen directamente en los flujos del sistema de drenajes sanitario. Por lo tanto, al igual que con el consumo de agua, se han estimado flujos tanto para un caso base, como para un caso sustentable. En las siguientes tablas se muestran los flujos estimados.

Tabla II.49 Flujos del drenaje sanitario en el caso base.

Flujo de Aguas Residuales en el Caso Base	Fase (m <sup>3</sup> /día)	
	Fase 1 (2028)	Fase 2 (2062)
Aguas grises	1,383	3,413
Aguas negras	3,411	8,416
<b>Flujo Total al Drenaje Sanitario</b>	<b>4,794</b>	<b>11,830</b>

Tabla II.50 Flujo del drenaje sanitario en el caso sustentable.

Flujo de Aguas Residuales en el Caso Sustentable	Fase (m <sup>3</sup> /día)	
	Fase 1 (2028)	Fase 2 (2062)
Aguas grises	976	2,409
Aguas negras	2,106	5,197
<b>Flujo Total al Drenaje Sanitario</b>	<b>3,082</b>	<b>7,605</b>

Los flujos de la Fase 1 del sistema de drenaje sanitario se han estimado en 3,082 m<sup>3</sup>/día con un flujo máximo de diseño de aproximadamente 400 l/s (esto excluye el sitio de la Aerotrópolis). Los sistemas de gravedad recogerán las aguas residuales de las instalaciones del sitio y en general transmitirán los flujos hacia el sur hasta la PTAR propuesta en la esquina sureste del terreno del aeropuerto. Donde los sistemas de gravedad se acerquen a 5 m de profundidad, se deberán instalar estaciones de bombeo intermedias para bombear el flujo a los sistemas por gravedad que se encuentren aguas abajo, reduciendo así al mínimo las profundidades de excavación de zanjas. Se requerirán aproximadamente 7 estaciones de bombeo en la Fase 1 para canalizar los flujos a la PTAR. En la Fase 1, el sistema de drenaje sanitario por gravedad y bombeo deberá ser diseñado de tal tamaño para que se puedan acomodar los flujos en la construcción completa.

Las áreas del sitio y tamaño de edificio permitidos para la PTAR durante la Fase 1 y la construcción completa se proporcionan en la siguiente tabla. Estas áreas deben ser cuidadosamente planeadas para permitir la completa funcionalidad y expansión durante el periodo de construcción del Proyecto.

Tabla II.51 Consideraciones para el sitio de la PTAR.

Fase	Área del Sitio (m <sup>2</sup> )	Tamaño del Edificio (m <sup>2</sup> )
Fase 1 (2028)	15,000	5,250
Fase 2 (2062)	40,000	14,000

Se deberán tomar medidas apropiadas para el control de olores en la PTAR de tal manera que los malos olores no sean detectables en condiciones ambientales normales a una distancia de 50 m de la PTAR. Las instalaciones sensibles, como las zonas de manipulación de alimentos deberán de estar al menos a 150 m de la PTAR. Después del tratamiento en la PTAR, el agua residual tratada o el "agua recuperada", será bombeada a un tanque de almacenamiento de agua recuperada, también ubicada junto a la Planta Central de Servicios. Este tanque deberá tener una capacidad para abastecer un día de uso de agua no potable, o 3,117 m<sup>3</sup>. Una red de agua recuperada se distribuirá alrededor del sitio, utilizando un corredor de instalaciones de servicio común (pero con separación de la red de agua potable), para suministrar a las instalaciones que tienen demandas de agua no potable. El sistema de aguas recuperadas debe consistir de una serie de una serie de circuitos de distribución con aislamiento suficiente en el sistema para permitir dar mantenimiento a los ramales de distribución y que se pueda continuar con el abastecimiento a otras instalaciones y desde otras direcciones.

#### II.4.4 Generación y control de emisiones a la atmósfera

##### II.4.4.1 Calidad del aire ambiente

###### ⊕ Enfoque general

Las emisiones de contaminantes del aire pueden provenir de una amplia variedad de actividades (emisiones fugitivas, fuentes móviles y fuentes fijas) durante las etapas de Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento, y desmantelamiento de un proyecto.

###### ⊕ Etapas de Preparación del sitio y Construcción.

Hasta el momento no se ha incorporado la modelación de las emisiones por fuentes fijas o móviles. La legislación ambiental exige sean reducidas las emisiones de efecto invernadero por la combustión de hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos. Se tiene previsto el uso y desarrollo de las siguientes actividades:

Tabla II.52 Uso y equipo que producirá emisiones.

Tipo de combustible	Actividad en la que se va a utilizar el equipo	Nombre del equipo
Diesel	Preparación del sitio-desmante	Camiones de volteo
Diesel	Preparación del sitio- despalme	Retroexcavadora
Diesel	Preparación del sitio-despalme	Lámparas de iluminación

###### ⊕ Etapa de Operación y mantenimiento

En esta etapa el NAICM tendrá como principales fuentes de emisiones a la atmósfera las fuentes móviles como son vehículos de carga, transporte de personal y aeronaves, ya que para el desarrollo de las actividades de este tipo de instalaciones no se requiere una fuente fija que utilice hidrocarburos que emitan algún de los contaminantes establecidos en la legislación ambiental

vigente, nacional o internacional (Dióxido de azufre SO<sub>2</sub>, Dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub>, Materia particulada MP10, Materia particulada sólida PM2.5, Ozono).

#### II.4.5 Generación y control de ruido

Al interior del predio donde se pretende llevar a cabo el Proyecto, no existen fuentes de emisión de ruido y los resultados de las mediciones de ruido perimetral del predio se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el NOM-081-SEMARNAT-1994 y del Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicado en el DOF: 03/Dic/2013.

### II.5. Planes y procedimientos de emergencia

#### II.5.1 Seguridad y vigilancia

La vigilancia se llevará a cabo en el Centro de Control de Operaciones, en él se vigilará el acceso al aeropuerto a través de sistemas electrónico de seguridad.

El sistema electrónico de seguridad se divide en los siguientes componentes principales:

- ⊕ Sistema de Monitoreo de Alarmas de Control de Acceso
- ⊕ Sistema de Video Vigilancia
- ⊕ Sistema Perimetral de Detección de Intrusos
- ⊕ Sistema de Inspección de Equipaje
- ⊕ Sistema de Alarma Contra Incendios

##### II.5.1.1 Sistema de Monitoreo de Alarmas de Control de Acceso

El acceso a los portales se controlará por medio del Sistema de Monitoreo de la Alarma de Control de Acceso. En todos los puntos de entrada, se utilizará un lector de tarjetas, un sistema electrónico de bloqueo (torniquetes, plumas para vehículos, puertas dobles de seguridad) y un interruptor de posición de puerta para controlar y monitorear el acceso.

El Sistema de Monitoreo de la Alarma de Control de Acceso utilizará cableado dedicado para la comunicación entre una interfaz de lector de la puerta del panel y los dispositivos finales, el lector de puerta usará la red de datos de las tecnologías de la información y comunicación para la comunicación con el servidor del sistema. Los paneles de control de acceso se encuentran dentro de los armarios de comunicación y servirán como puntos de consolidación adicionales para dispositivos de monitoreo.

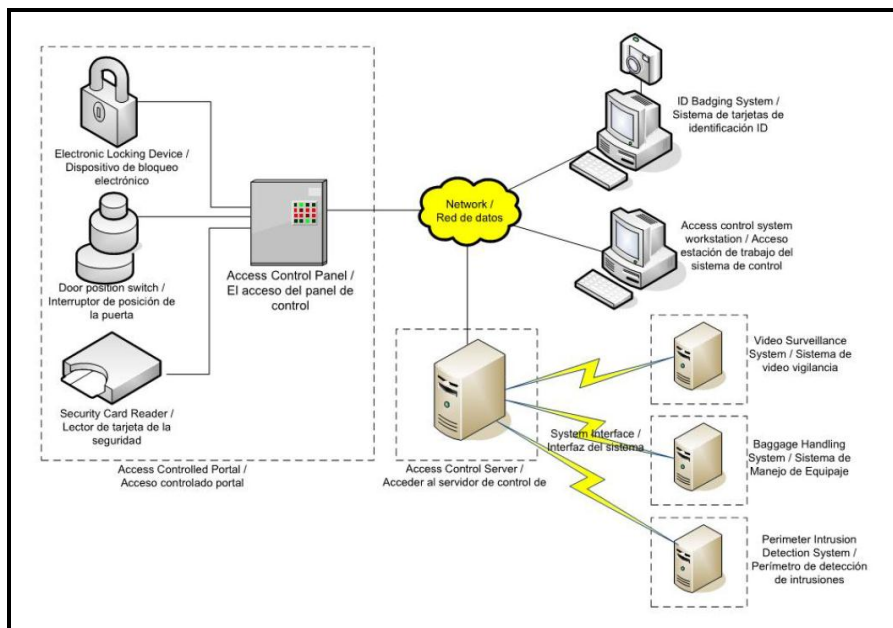


Figura II.105 Diagrama del bloqueo del Sistema de Monitoreo de la Alarma de Control de Acceso.

Las personas autorizadas que soliciten acceso al espacio presentarán la tarjeta de identificación para asuntos aeroportuarios con el lector de tarjetas, si el individuo tiene acceso al espacio, el dispositivo de bloqueo eléctrico dará y otorgará acceso al espacio. Para la aplicación de esta área, los portales pueden consistir de puertas, torniquetes y / o puertas de contención de vehículos.

#### II.5.1.2 Sistema de Video Vigilancia

El Sistema de Video Vigilancia, será un sistema digital basado en un sistema de cableado estructurado y la red de las tecnologías de la información y comunicación para el transporte de datos. Los monitores y controladores estarán conectados a un conmutador de matriz virtual a través del sistema de cableado estructurado y el sistema de transporte de datos.

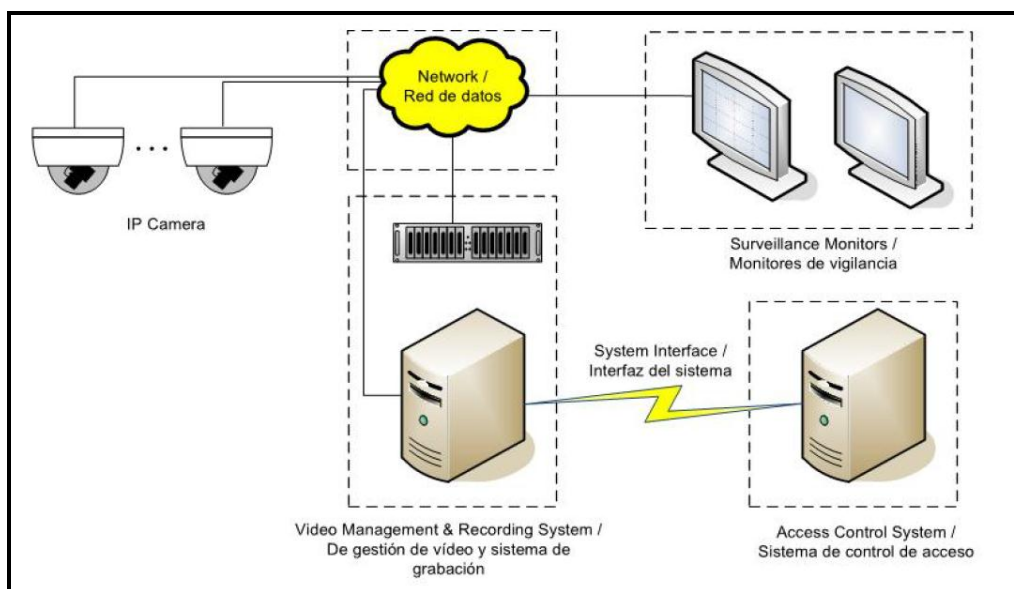


Figura II.106 Diagrama de bloques del Sistema de Video Vigilancia.

En apoyo de las operaciones aeroportuarias en las pistas de aterrizaje y calles de rodaje, la seguridad proporcionará seguimiento adicional a través de las cámaras de vigilancia.

Las cámaras estarán ubicadas en todos los puntos de entrada (en el lado seguro de la puerta) para captar a las personas que entran al espacio, de igual forma se ubicarán cámaras alrededor del perímetro de los edificios auxiliares para la vigilancia general de los alrededores del edificio. Las cámaras serán vertical-horizontal-zoom y proveerán un nivel de imagen de "detección" a "identificación" con base en la posición del zoom de la cámara. Asimismo se instalarán cámaras de vigilancia para las pistas de aterrizaje, calles de rodaje y sus alrededores.

Las cámaras colocadas en los edificios de apoyo estarán supervisadas por el Centro de Control de Tránsito Aéreo y el Centro de Control de Operaciones. El operador en cada lugar tendrá la posibilidad de ver estas cámaras con base en la necesidad operativa. Los controladores del joystick se pueden usar para controlar, seleccionar e interactuar con la cámara de vigilancia remota.

### II.5.1.3 Sistema Perimetral de Detección de Intrusos

Como parte del perímetro de los límites del aeropuerto habrá un Sistema Perimetral de Detección de Intrusión, el cual detectará cualquier persona que intente entrar al aeropuerto sin entrar por una puerta controlada y vigilada. La tecnología del sistema se seleccionará con base en la ubicación en la barrera perimetral, la construcción del perímetro y la posición general dentro de los límites del aeropuerto.

El Sistema Perimetral de Detección de Intrusos, se compone de un conjunto de sensores que serán seleccionados en base a los lugares de instalación, métodos de detección, niveles de control de la sensibilidad y la estética general. El monitoreo del sistema de seguridad en el espacio se transmitirá a través de una red de datos redundantes para asegurar las necesidades del sistema de seguridad de misión crítica de los operadores en el espacio.

### II.5.1.4 Sistema de Inspección de Equipaje

El Sistema de Inspección de Equipaje proporcionará la detección en línea de todo el equipaje registrado por los pasajeros antes de la carga en la aeronave, estará compuesto por un sistema de selección de mano de obra integrada y automatizada.

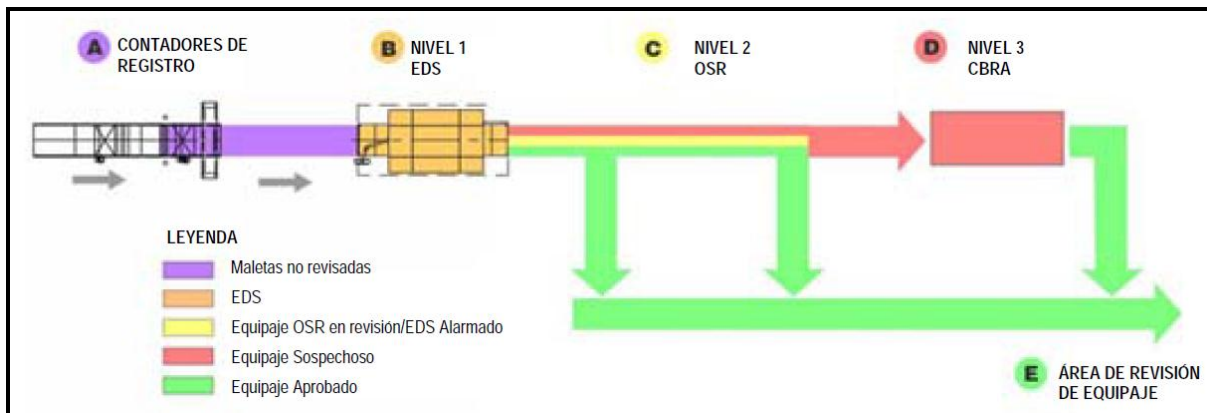


Figura II.107 Diagrama de bloques del Sistema de Inspección de Equipaje.

### II.5.2 Protección Civil y Contra Incendios

El programa general de protección civil y contra incendios se basa en el cumplimiento de los códigos internacionales de construcción, incendios y códigos relacionados, y de las normas de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios.

Las metas de diseño de protección civil y contra incendios son la seguridad de los ocupantes y del personal de emergencia, continuidad de las operaciones y la protección contra actos intencionales (siempre que sea práctico). Estos objetivos han sido desarrollados para dirigir las decisiones de diseño de la protección civil y contra incendios para el Proyecto, especialmente aquellos que implican opciones de diseño basadas en el desempeño.

Se definirán planos de protección civil y contra incendios para cada edificio en donde se indicarán las cargas de ocupantes, capacidades de salida, caminos, dimensiones de las calles, así como corredores y pasillos de salida, escaleras, y distancias de

recorrido a la salida, zonas de evacuación, zonas de concentración, paredes resistentes al fuego y humo y zona donde no haya aspersores.

El sistema de protección contra incendios protege al personal y a los equipos contra incendios, proporciona una fuente inmediata de agua contra incendios en todas las áreas del NAICM y un medio para la detección y extinción de incendios en áreas críticas. El sistema de protección contra incendios se ha diseñado para proporcionar capacidad integral de lucha contra incendios a todas las áreas de la terminal, para los riesgos de incendio en cada área. El sistema de protección contra incendios utiliza los siguientes métodos de protección:

- ⊕ Rociadores de tubería húmeda para el edificio de depósito y mantenimiento, las oficinas de la administración y la caseta de las bombas contra incendio.
- ⊕ Puestos de mangueras / conexiones siamesas localizadas en los edificios y alrededor de ellos, con largos de manguera suficientes para llegar a las áreas cercanas. Puestos de monitoreo montados sobre hidrantes.
- ⊕ Sistemas de rociadores de diluvio que se localizarán en los transformadores elevador de tensión, auxiliar y de aislamiento de los turbogeneradores, el transformador elevador de tensión del turbogenerador a vapor, el equipo de aceite lubricante, la unidad de aceite de sellos del área debajo del generador de vapor en la Planta Central de Servicios.
- ⊕ Hidrantes localizados alrededor del circuito de agua contra incendio que abarca el perímetro y el interior de la terminal.
- ⊕ Extintores contra incendio portátiles localizados en toda la terminal para combatir pequeños focos de incendio.
- ⊕ Tablero de protección contra incendios, que opera conjuntamente con los detectores de humo y calor.

### II.5.3 Servicios de rescate y extinción de incendios (SREI)

La ubicación de las instalaciones SREI cumplirá con los tiempos de respuesta mínimos en cualquier parte de las áreas de movimiento. La recomendación de la OACI es de 2 minutos para el primer vehículo con capacidad de entregar el 50% de la descarga requerida y 3 minutos para los demás vehículos, suponiendo una velocidad del vehículo de 60 km/h y la distancia máxima del recorrido de 2,000 m.

Debido a la distribución de los vehículos en el Aeródromo y para lograr los tiempo de respuesta requeridos, serán necesarias estaciones de bomberos de diferentes tamaños. Los tamaños de las bahías y las zonas indicadas en la siguiente tabla se basan en el tamaño de los vehículos contra incendios.

Tabla II.53 Programa de SREI.

Sedes	Número de Bahías	Tamaño de la Bahía (m <sup>2</sup> )	Área de la Bahía (m <sup>2</sup> )	Alojamiento (m <sup>2</sup> )	Área del edificio (m <sup>2</sup> )	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )
Sede Principal	8	120	960	960	1,920	5,760
Satélite Grande	5	120	600	600	1,200	3,600
Satélite Mediano	4	108	432	432	862	2,586
Satélite Pequeño	3	90	270	270	540	1,620

Se requiere un total de 6 estaciones SREI.

- ⊕ 2 estaciones (A y B) dan cobertura a las pistas 1 y 2, aproximadamente a un cuarto de la zona Oeste del campo Oeste
- ⊕ 2 estaciones (C y D) dan cobertura a las pistas 3 y 4 en aproximadamente un cuarto de los puntos de la zona Este del campo al Oeste
- ⊕ 2 estaciones (E y F) dan cobertura a la pista 5 y 6 a aproximadamente un cuarto de los puntos de la zona Este del sitio.

Las estaciones SREI estarán planeadas para una rápida disponibilidad y respuesta ante un incendio, a continuación se presentan cuántos vehículos se requieren para cada estación.

Tabla II.54 Vehículos de las estaciones SREI.

Estación	Tipo de Satélite	Vehículos disponibles para respuesta rápida
A	Satélite Medio	5
B	Satélite Medio	2
C	Cede	2

Estación	Tipo de Satélite	Vehículos disponibles para respuesta rápida
D	Satélite Medio	2
E	Satélite Medio	2
F	Satélite Medio	2

#### II.5.4 Alarma contra incendios en edificios

En todos los edificios del NAICM se proporcionará un sistema de alarma contra incendios totalmente adaptable. Todos los circuitos de alarma contra incendio, así como todos los dispositivos en cada instalación, estarán completamente supervisados para indicar la alarma, supervisión y solución de problemas de acuerdo con los requisitos de la norma NFPA 72. La indicación de las alarmas se debe realizar a través del control de alarma contra incendios principal y un indicador remoto en la puerta principal. Las zonas de sistemas de alarma contra incendio necesitarán estar coordinadas con zonas de control de humo y evacuación (en caso de haber sistemas de control de humo).

Se proporcionarán interruptores de flujo de agua para sistemas de rociadores automáticos, así como interruptores de alarma y detectores de humo/calor. Los detectores de humo estarán provistos de la siguiente manera:

- ⊕ En ductos, dentro de una distancia de 1.5 m (5 ft) de un atenuador de humo y sin entradas o salidas de aire en el interior.
- ⊕ En el techo, junto a los elevadores en todos los niveles.
- ⊕ En los cuartos de maquinaria de elevadores. En los fosos de los elevadores cuando estos cuenten con rociadores. Proporcionar un detector de calor adicional a una distancia máxima de 600 mm del cabezal de dicho rociador.
- ⊕ En los fosos de las escaleras eléctricas (parte inferior y parte superior).
- ⊕ En los fosos de las pasarelas móviles (bandas transportadoras de personas).
- ⊕ En puertas resistentes a fuego o compuertas clasificadas como resistentes al fuego en sistemas magnéticos de mantenimiento de apertura.
- ⊕ A una distancia máxima de 1.5 m (5 ft) en dirección horizontal desde los atenuadores de humo en aperturas de muros que no tienen ductos.
- ⊕ En cada cuarto eléctrico, de transformadores, comunicaciones o similar, así como en cuartos de máquinas.
- ⊕ Dentro de cuartos protegidos con sistemas de supresión especiales.
- ⊕ Áreas cubiertas por control de humo.

Los detectores de calor se colocarán en áreas en las que la instalación de detectores de humo no sea apropiada por existir una alta probabilidad de activaciones accidentales.

El sistema de alarma contra incendios recibirá señales de supervisión de los siguientes dispositivos:

- ⊕ Los detectores de humo en los ductos que se encuentran en una cámara de retorno y escape de aire principal de cada sistema de circulación de aire que tenga una capacidad mayor a 0.94 m<sup>3</sup>/s (2 000 cfm). Dichos detectores estarán localizados en un área accesible para reparaciones, por debajo de la última entrada al ducto.
- ⊕ Los detectores de humo localizados en cada conexión para los ductos verticales o tubos ascendentes que sirven a 2 o más pisos desde un ducto o cámara de retorno.
- ⊕ Válvulas de control automáticas para el rociador contra incendios, tubería vertical y el sistema de bomba contra incendios.
- ⊕ Interruptores de supervisión de aire para los sistemas de tuberías secas.
- ⊕ Controladores de bombas contra incendios.
- ⊕ Controladores del generador de diesel local.

Cualquier falla de la alarma contra incendios y de los circuitos de los sistemas de notificación dará como resultado problemas con la señal.

Se proporcionará una comunicación de voz supervisada localizada en las áreas internas de servicio de los edificios para facilitar la comunicación masiva. El sistema de alarma mediante voz estará zonificado para coordinarse con las áreas de la alarma contra incendios, el rociador y las zonas de salida.



El umbral auditivo excederá el sonido prevalente equivalente en el cuarto o espacio por al menos 15 dBA o excederá a cualquier nivel de sonido máximo con una duración de 60 segundos mínimo por 5 dBA, lo que sea más alto. Los niveles de sonido serán de máximo 120 dBA y mínimo 80 dBA medido a 3 m (10 ft) de los dispositivos.

Los controles para activar manualmente el sistema de alarma de voz de manera selectiva y general contarán con una ubicación acordada con el Departamento de Bomberos. El micrófono prevalecerá sobre los otros micrófonos en ubicaciones remotas y debe anular el sistema de manejo público. Cuando se activa, el sistema de alarma de voz debe reemplazar automáticamente a todos los otros sistemas de sonido que pudiera interferir con los niveles de presión del sonido que se describieron anteriormente.

La comunicación por voz cumplirá con ciertos requisitos de inteligibilidad, además de lo requerido en la NFPA 72, Sección 18.4.10.

Los dispositivos de alarma visual estarán ubicados en todas las áreas a las que puede acceder el público, así como en las áreas de uso general, incluyendo baños, pasillos y vestíbulos.

Los dispositivos de señalamiento visual estarán instalados conforme a la Norma 1971 UL y estarán sincronizados al unísono con el sistema de alarma de voz.

En la Terminal de Pasajeros y los Edificios Satélite, el sistema de anuncio público (PA por sus siglas en inglés) proporcionará los medios para la notificación en masa en los lugares públicos. El sistema PA estará supervisado por el sistema de alarma contra incendios según lo establecido en NFPA 72. Se proporcionará un micrófono PA de múltiples canales en el Centro de Mando contra Incendios para facilitar la notificación, tanto general como a zonas en específico.

#### II.5.5 Protección contra incendios en la Planta Central de Servicios

El colector contra incendios seguirá el circuito local de agua con bombas situadas en la Planta Central de Servicios, se proveerá un mínimo de dos bombas contra incendios (capacidad N + N, diesel y bombas eléctricas), para abastecer el colector contra incendios que abarca todo el sitio. Se proporcionarán suministros de agua separados para el colector en todo el sitio. El almacenamiento de agua será suministrado por las reservas locales, se requerirán que los tanques de almacenamiento de agua sean de un tamaño equivalente a 120 minutos de suministro para el colector contra incendios.

#### II.5.6 Programa de Prevención de Accidentes

El Programa de Prevención de Accidentes para el Proyecto, contempla la aplicación de las siguientes medidas:

- ⊕ Elaboración de procedimientos tales como el de Prevención, Auxilio y Recuperación
- ⊕ Integración de brigadas, entre ellas:
  - Primeros auxilios
  - Prevención de combate de incendios
  - Evaluación del inmueble
  - Búsqueda y rescate
- ⊕ Establecerá una estructura organizacional de acuerdo a la normatividad vigente, al personal y áreas existentes en la organización
- ⊕ Se identificará y evaluará los riesgos tanto internos o externos a los que se pueda ver afectada la organización
- ⊕ Contar con el equipo mínimo indispensable para la atención a cada uno de los diferentes riesgos tanto externos como internos para la atención a desastres o emergencias que puedan presentarse
- ⊕ Se establecerá un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para todas las instalaciones civiles, eléctricas, electromecánicas, hidrosanitarias, mecánicas, de comunicación y equipo de protección
- ⊕ Se considerará el manejo y/o generación de materiales y/o residuos peligrosos; y su consecuente manejo de acuerdo a la normatividad

#### II.5.7 Protección contra incendio en el área de combustible

Esta sección establece la estrategia de protección contra incendios y de seguridad para edificios dentro del alcance de los sistemas de combustible (almacenamiento, suministro y carga) del NAICM.

El área de almacenamiento y los tanques de almacenamiento de combustible cumplirán con el Código Internacional Contra Incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA 30, edición 2012) y la Norma 407 sobre Abastecimiento de Combustible en Aeronaves (edición 2012).

Se recomiendan tanques de combustible de pared fija y techo flotante, cubriendo con las distancias de separación, asimismo se requiere ventilación de emergencia para los tanques de combustible y prevención de sobrellenado.

Los tanques de combustible estarán previstos con contención anti derrames a lo largo de las áreas abiertas con diques o áreas de captación remota con el tamaño adecuado para contener el derrame más grande y el flujo de fuego.

Se recomienda que las áreas de contención con diques, o las áreas remotas de captación estén protegidas con sistemas fijos de protección contra incendios a base de espuma, de acuerdo con la Norma NFPA 11 sobre espumas de expansión baja (edición 2001).

El área entre el techo y la pared del tanque requiere detección de fuego y protección contra incendios con sistemas fijos de protección contra incendios a base de espuma, de conformidad con la Norma NFPA 11 sobre espumas de expansión baja (edición 2001).

Las áreas con diques deben ser diseñadas de manera que el agua de lluvia no interfiera con el volumen de contención, con el acceso del departamento de bomberos al equipo, o con el funcionamiento de los sistemas de protección contra incendios.

El equipo y los controles de protección contra incendios deberán estar ubicados fuera de las áreas remotas de captación, áreas con diques o aliviaderos que drenen a una zona remota de captación.

Los sistemas de bombeo de combustible deben cumplir con el Código Internacional Contra Incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA 30, edición 2012), la Norma 407 sobre Abastecimiento de Combustible en Aeronaves (edición 2012), la Norma 415 para Edificios Terminales de Aeropuertos, Drenaje de Rampas para Servicio de Combustible y Pasillos de Embarque (edición 2008) y otros códigos o normas aplicables.

Los sistemas de suministro de combustible requieren contención secundaria.

Los sistemas de suministro de combustible deben interconectarse con el sistema de alarmas contra incendios de la terminal para iniciar el cierre del sistema de combustible al activarse la alarma de la terminal.

El suministro y la transferencia de combustible a los tanques de almacenamiento se llevarán a cabo con el uso de camiones de combustible. La transferencia de combustible y áreas de transferencia de combustible deben cumplir con el Código Internacional Contra Incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA 30, edición 2012), la NFPA 30A para Instalaciones Dispensadoras de Carburantes y Garajes de Reparación (edición 2012) y otros códigos o normas aplicables.

Los tanques de combustible y componentes del sistema de combustible deben cumplir con el Código Internacional Contra Incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA 30, edición 2012), la Norma 407 sobre Abastecimiento de Combustible en Aeronaves (edición 2012), la Norma 415 para Edificios Terminales de Aeropuertos, Drenaje de Rampas para Servicio de Combustible y Pasillos de Embarque (edición 2013), y otros códigos o normas aplicables.

Al igual que en el caso de la ingeniería de diseño de los sistemas de suministro y almacenamiento de turbosina, ASA posee especificaciones de los sistemas contra incendio típicos tanto para los tanques de almacenamiento, como para los equipos de proceso y auxiliares del sistema de suministro de combustible a aeronaves, las cuales se incluyen en el Anexo VIII.2.5 de este documento.

#### II.5.8 Sistema de control

El sistema de control contempla un alto grado de disponibilidad, ya que considera conceptos de redundancia, partición o distribución de funciones, autodiagnóstico, así como la posibilidad de sustituir o reconfigurar componentes en línea. Serán redundantes aquellos componentes críticos del sistema, tales como controladores, bases de datos, interfases de comunicación, fuentes de alimentación, mediciones de variables críticas y estaciones de operación.

La instalación contempla todos los sistemas de instrumentación y control necesarios para la operación segura y automática de toda la terminal, incluyendo ingeniería, equipo, accesorios, instalación, software y programación, licencias de uso de software, pruebas, documentación y capacitación de sistema de control distribuido, control maestro y sistema de transmisión de datos.

El sistema de control distribuido incluye:

- ⊕ Estaciones de operación, estaciones de pantalla simple (o de doble pantalla) en el cuarto de control central
- ⊕ Estación de programación (pantalla, teclado, ratón, procesador, memorias, impresora)
- ⊕ Insertos con instrumentación de emergencia

El tablero del sistema de control distribuido deberá ser funcional y visto de cualquier punto y deberá incluir cabina, módulos analógicos y digitales, módulos del procesador, módulos de comunicación, estaciones de operador (que se encuentra en la sala del cuarto de control principal) y conexiones con los módulos del hardware del equipo.

Los elementos finales de control incluyen: actuadores, válvulas de control, posicionadores, reguladores auto-operados, accesorios de instalación, válvulas de seguridad y alivio.

La instrumentación local está integrada por indicadores de presión, indicadores de presión diferencial, puntos de prueba de presión, indicadores de temperatura, termopozos de prueba, columnas de nivel, indicadores de nivel tipo regleta, mirillas de flujo, rotámetros (indicadores de flujo), válvulas solenoides y controladores (reguladores) locales.

Los sistemas de control de equipos paquete cuentan con equipo y programación de medición, regulación, secuencias de arranque y paro, interfases con el operador, señalización al sistema de control distribuido.

#### II.5.9 Equipo de protección personal de emergencia

El personal de las brigadas contará para la atención de emergencias con el siguiente equipo de seguridad:

- ⊕ Cascos
- ⊕ Calzado
- ⊕ Trajes contra incendio
- ⊕ Guantes
- ⊕ Cascos de bombero
- ⊕ Monogafas
- ⊕ Arnés
- ⊕ Botas contra incendio
- ⊕ Equipo de respiración autónomo
- ⊕ Equipo de respiración inducido
- ⊕ Equipos completos de bomberos



### **CAPÍTULO III**

## **VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DEL SUELO**

## ÍNDICE

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DEL SUELO .....	III-1
III.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	III-1
III.2 Tratados Internacionales.....	III-2
III.2.1 Convenio sobre la diversidad biológica .....	III-2
III.2.2 Convenio sobre humedales: Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (RAMSAR) .....	III-3
III.2.3 Convenio de Basilea .....	III-4
III.2.4 Convenio de Rotterdam .....	III-4
III.2.5 Convenio de Estocolmo .....	III-5
III.2.6 Protocolo de Kyoto .....	III-5
III.2.7 Protocolo de Montreal.....	III-7
III.2.8 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.....	III-7
III.3 Leyes Federales y sus Reglamentos aplicables .....	III-8
III.3.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento .....	III-8
III.3.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental .....	III-11
III.3.1 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable .....	III-12
III.3.2 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.....	III-13
III.3.3 Ley General de Vida Silvestre .....	III-14
III.3.4 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre .....	III-15
III.3.5 Ley de Vías Generales de Comunicación.....	III-16
III.3.6 Ley de Aeropuertos .....	III-17
III.3.7 Ley Aviación Civil.....	III-17
III.3.8 Ley de Aguas Nacionales .....	III-18
III.3.9 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales .....	III-18
III.3.10 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental .....	III-19
III.3.11 Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas .....	III-20
III.3.12 Reglamento de la Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas .....	III-21
III.4 Leyes Locales y sus Reglamentos aplicables.....	III-21
III.4.1 Código para la Biodiversidad del Estado de México .....	III-21
III.4.2 Ley del Agua para el Estado de México y Municipios .....	III-24
III.5 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 .....	III-26
III.6 Programas de Ordenamiento Ecológico .....	III-27
III.6.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.....	III-27
III.6.2 Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México .....	III-32
III.7 Planes y Programas del Gobierno del Estado de México .....	III-43
III.7.1 Plan de Desarrollo del Estado de México .....	III-44

III.7.2 Programas Sectoriales del Gobierno del Estado de México .....	III-45
III.7.3 Programa Sectorial Estado Progresista .....	III-45
III.7.4 Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle Cuautitlán – Texcoco .....	III-45
III.8 Planes Municipales de Desarrollo Urbano .....	III-48
III.8.1 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Atenco .....	III-49
III.8.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Texcoco .....	III-50
III.8.3 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Ecatepec de Morelos .....	III-52
III.8.4 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Chimalhuacán .....	III-53
III.8.5 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Netzahualcóyotl .....	III-54
III.9 Decretos y programas de conservación y Manejo de Áreas Naturales Protegidas .....	III-55
III.9.1 Áreas Naturales Protegidas Federales .....	III-59
III.9.2 Áreas Naturales Protegida Estatales .....	III-61
III.10 Normas Oficiales Mexicanas aplicables .....	III-63
III.1.1 Agua .....	III-63
III.1.2 Aire .....	III-63
III.1.3 Residuos .....	III-64
III.1.4 Ruido .....	III-64
III.1.5 Flora y Fauna .....	III-64
III.1.6 Suelo .....	III-64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III. 1 Artículos de la LEGEEPA aplicables durante el desarrollo del Proyecto. ....	III-8
Tabla III. 2 Artículos del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental aplicables al Proyecto. ....	III-11
Tabla III. 3 Artículos de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable aplicables durante el desarrollo del Proyecto. ....	III-13
Tabla III. 4 Artículos del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable aplicables al Proyecto. ....	III-13
Tabla III. 5 Artículos de la Ley General de Vida Silvestre aplicables durante el desarrollo del Proyecto. ....	III-14
Tabla III. 6 Artículos del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre aplicables al Proyecto. ....	III-15
Tabla III. 7 Artículos de la Ley de Vías Generales de Comunicación aplicables al Proyecto. ....	III-16
Tabla III. 8 Artículos de la Ley de Aviación Civil aplicables al Proyecto. ....	III-17
Tabla III. 9 Artículos de la Ley de Aguas Nacionales aplicables durante la ejecución del Proyecto. ....	III-18
Tabla III. 10 Artículos del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales aplicables al desarrollo del Proyecto. ....	III-19
Tabla III. 11 Artículos de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental aplicables al Proyecto. ....	III-19
Tabla III. 12 Artículos del Código para la Biodiversidad del Estado de México aplicables durante el desarrollo del Proyecto. .	III-21
Tabla III. 13 Artículos de la Ley del Agua para el Estado de México y Municipios aplicables al Proyecto. ....	III-24
Tabla III. 14 Características de la Unidad Ambiental Biofísica número 121. ....	III-29
Tabla III. 15 Políticas y estrategias de la Unidad Ambiental Biofísica número 121. ....	III-29
Tabla III. 16 Unidades Ecológicas de acuerdo a la <i>Actualización del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México</i> (publicado en el periódico oficial del Estado Libre y Soberano de México, el 19 de diciembre de 2006 y actualmente vigente) sobre las cuales se ubica el Proyecto. ....	III-33
Tabla III. 17 Criterios de regulación de las unidades ecológicas P-2-176 del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México aplicables a la zona donde se ubica el Proyecto. ....	III-35
Tabla III. 18 Criterios de regulación de la unidad ecológica Ag-1-090 del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México aplicables a la zona donde se ubica el Proyecto. ....	III-37
Tabla III. 19 Criterios de regulación de la unidad ecológica Ag-1-200 del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México aplicables a la zona donde se ubica el Proyecto. ....	III-41
Tabla III. 20 Norma de regulación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atenco, aplicables a la zona donde se ubica el Proyecto. ....	III-50
Tabla III. 21 Áreas Naturaleza Protegidas de competencia Federa que se encuentran dentro de la zona donde se ubica el Proyecto. ....	III-59
Tabla III. 22 Áreas Naturaleza Protegidas de competencia Estatal que se encuentran próximas a la zona donde se ubica el Proyecto. ....	III-61
Tabla III. 23 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Agua. ....	III-63
Tabla III. 24 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Aire. ....	III-63
Tabla III. 25 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Residuos. ....	III-64
Tabla III. 26 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Ruido. ....	III-64
Tabla III. 27 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Flora y Fauna. ....	III-64
Tabla III. 28 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Suelo. ....	III-64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III. 1 Ubicación del Proyecto en relación a los humedales de importancia internacional número 135 (Ciénegas de Lerma) y con el 1363 (Sistema Lagunar Ejido de Xochimilco y San Gregorio). ....	III-4
Figura III. 2 Esquema del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. ....	III-26
Figura III. 3 Unidad Ambiental Biofísica número 121 en la cual se ubica el Proyecto. ....	III-28
Figura III. 4 Unidad Ambiental Biofísica número 121 en la cual se ubica el Proyecto. ....	III-28
Figura III. 5 Ubicación del Proyecto dentro de la en la Región XI del Estado de México. ....	III-33
Figura III. 6 Ubicación del Proyecto dentro de las Unidades Territoriales de acuerdo a la <i>Actualización del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México</i> (publicado el 19 de diciembre de 2006) sobre las que tiene influencia. ....	III-34
Figura III. 7 Representación gráfica regional del Proyecto. ....	III-44
Figura III. 8 Regionalización del Valle de Cuautitlán - Texcoco. ....	III-46
Figura III. 9 Ubicación del Proyecto dentro plano de ordenamiento territorial del Plan Regional de ....	III-47

Figura III. 10 Delimitación de los municipios adyacentes al Proyecto.....	III-48
Figura III. 11 Ubicación del Proyecto en el plano de estructura urbana y uso de suelo del Plan Municipal de .....	III-49
Figura III. 12 Ubicación del Proyecto en el plano de estructura urbana y uso de suelo del Plan Municipal de .....	III-51
Figura III. 13 Ubicación del Proyecto en el plano de estructura urbana y uso de suelo del Plan Municipal de Desarrollo .....	III-53
Figura III. 14 Ubicación del Proyecto en el plano de uso de suelo y estructura urbana del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Chimalhuacán.....	III-54
Figura III. 15 Ubicación del Proyecto en el plano de uso de suelo y estructura urbana del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Nezahualcóyotl.....	III-55
Figura III. 16 Áreas naturales protegidas de competencia Federal y Estatal que se ubican dentro del SAR (línea roja).....	III-56



### III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DEL SUELO

#### III.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917 y reformada el 10 de febrero de 2014, los principales criterios que asume la Nación para orientar el desarrollo del país mediante el otorgamiento de las garantías individuales y colectivas.

En el artículo 4º, párrafo quinto, se establece que: toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley. Con el fin de no contravenir lo establecido en este artículo, se entregará a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el presente estudio de impacto ambiental el cual considera medidas de mitigación y compensación cumpliendo con la normatividad ambiental aplicable al Proyecto tal como se describe en los capítulos II y VI.

El artículo 25, en su párrafo primero, se establece que corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante la competitividad, el fomento del crecimiento económico y el empleo, y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución. La competitividad se entenderá como el conjunto de condiciones necesarias para generar un mayor crecimiento económico, promoviendo la inversión y la generación de empleo; En el párrafo sexto, se establece que: bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente. Al respecto, el Proyecto tiene por objetivo reconciliar los aspectos económico, social y ambiental de las actividades humanas, tal como se describe a lo largo del presente estudio de impacto ambiental.

En el artículo 27, en su párrafo tercero se describe que; La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad. Durante el desarrollo del Proyecto dará pleno cumplimiento a las medidas establecidas para usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, cumpliendo con la normatividad ambiental aplicable al Proyecto tal como se describe en los capítulos II y VI, generando beneficios económicos que apoyan el desarrollo del País.

En el artículo 115, se establece que los estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, democrático, laico y popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre, conforme a las bases siguientes:

...

V. Los Municipios, en los términos de las leyes federales y Estatales relativas, estarán facultados para:

- a) Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal;
- b) Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales;
- c) Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios;
- d) Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales;
- e) Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana;
- f) Otorgar licencias y permisos para construcciones;

- g) Participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia;
- h) Intervenir en la formulación y aplicación de programas de transporte público de pasajeros cuando aquellos afecten su ámbito territorial; e
- i) Celebrar convenios para la administración y custodia de las zonas federales.

En lo conducente y de conformidad a los fines señalados en el párrafo tercero del artículo 27 de esta Constitución, expedirán los reglamentos y disposiciones administrativas que fueren necesarios;

VI. Cuando dos o más centros urbanos situados en territorios municipales de dos o más entidades federativas formen o tiendan a formar una continuidad demográfica, la Federación, las entidades federativas y los Municipios respectivos, en el ámbito de sus competencias, planearán y regularán de manera conjunta y coordinada el desarrollo de dichos centros con apego a la ley federal de la materia.

Al respecto la Promovente realizará las gestiones para dar cumplimiento a lo establecido por la autoridad ambiental tal como se describe a lo largo de este capítulo.

En el artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el cual se establece que dicha Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los Tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la Ley Suprema de toda la Unión. El Proyecto dará cumplimiento a los Tratados firmados por México, tal como se describe en los siguientes apartados.

## III.2 Tratados Internacionales

### III.2.1 Convenio sobre la diversidad biológica

México se integró al Convenio sobre Diversidad Biológica el 5 de junio de 1992, junto con otras 176 naciones del mundo que se han comprometido a conservar la biodiversidad, utilizar de manera adecuada sus recursos biológicos, y compartir justa y equitativamente los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos. El Convenio sobre la Diversidad Biológica cubre la diversidad biológica a todos los niveles: ecosistemas, especies y recursos genéticos. También cubre la biotecnología, entre otras cosas, a través del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología. De hecho, cubre todos los posibles dominios que están directa o indirectamente relacionados con la diversidad biológica y su papel en el desarrollo, desde la ciencia, la política y la educación a la agricultura, los negocios, la cultura y mucho más.

En su artículo 6 del CDB se establece que "Cada Parte Contratante, con arreglo a sus condiciones y capacidades particulares:

- a) Elaborará estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adaptará para ese fin las estrategias, planes o programas existentes, que habrán de reflejar, entre otras cosas, las medidas establecidas en el presente Convenio que sean pertinentes para la Parte Contratante interesada; y
- b) Integrará, en la medida de lo posible y según proceda, la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales."

Por lo tanto, es una obligación de las Partes elaborar estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica que sean congruentes con los objetivos del Convenio. Nuestro país ha cumplido con esta disposición, ya que a través de la CONABIO, junto con otros sectores sociales, desarrolló la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México que es el conjunto de acciones, objetivos y líneas estratégicas expresadas por representantes de los diversos sectores de la sociedad mexicana para conservar y preservar la diversidad biológica de nuestro país a partir de las cuatro líneas estratégicas en las cuales se concentran los pasos a seguir:

- ⊕ Protección y conservación
- ⊕ Valoración de la biodiversidad
- ⊕ Conocimiento y manejo de la información
- ⊕ Diversificación del uso.

Al respecto, con el fin de contribuir con la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México, el Proyecto tiene contemplado implementar un programa de rescate y reubicación de flora y fauna para la protección y conservación de las especies presente

en el sitio donde se pretende desarrollar el Proyecto; Asimismo, durante las diferentes etapas del Proyecto se realizará capacitación al personal que labora en el mismo, para que conozca y proteja las especies de flora y fauna que se encuentren en el sitio.

La participación de los diferentes sectores se puede hacer desde una perspectiva regional, sectorial y transectorial, asegurando así una mayor riqueza de puntos de vista. De esta manera, se podrán reconocer responsables y procedimientos que permitan poner en marcha la Estrategia.

El CDB en su artículo 14. Evaluación del impacto y reducción al mínimo del impacto adverso. Se establece que cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda:

- a) Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos.
- b) Establecerá arreglos apropiados para asegurarse de que se tengan debidamente en cuenta las consecuencias ambientales de sus programas y políticas que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica;
- c)...

En cumplimiento a lo establecido en el artículo antes descrito, en el capítulo VI del presente estudio, se proponen una serie de medidas para evitar y reducir al máximo los impactos generados por el Proyecto y que permitan dar cumplimiento a los procedimientos establecidos por la Secretaría del medio Ambiente y Recursos Naturales y a la normatividad aplicable.

#### III.2.2 Convenio sobre humedales: Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (RAMSAR)

La Convención se firmó en Ramsar, Irán, en 1971 y entró en vigor en 1975. Es el único convenio medioambiental que se ocupa de un ecosistema específico. De acuerdo con este instrumento, las Partes Contratantes designan humedales idóneos de sus territorios para ser incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional. Estos pueden ser designados con base en su población de peces, en su población de aves acuáticas, por su característica de humedales subterráneos, con base en su flora y en las características específicas de vegetación (turberas de vegetal carbonizado), también incluye superficies artificiales cubiertas de agua, ya sean permanente o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas y extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

Las Partes Contratantes se obligan a buscar mantener las características ecológicas de los sitios y darán monitoreo a los humedales produciendo mapas y fichas informativas sobre éstos para describir y determinar sus características ecológicas. Este monitoreo se actualiza cada seis años (cada dos reuniones de la Conferencia), revisándose así los datos proporcionados. Para tal fin, existe un "Procedimiento de Orientación para la Gestión" dentro del Convenio.

Dentro del área de influencia del Proyecto no se presenta ningún sitio RAMSAR; los más cercanos al Proyecto se ubican de la siguiente manera: aproximadamente a 50 KM al suroeste en línea recta el denominado "Las Ciénegas del Lerma" que incluye tres cuerpos de agua separados entre sí, conocidos como Chiconahuapan o Almoloya, Chimaliapan o Lerma y Chignahuapan o Atarasquillo y al sur del Proyecto se ubica el Sistema Lagunar Ejido de Xochimilco y San Gregorio que corresponde al Sitio RAMSAR 1363 en México, ubicado aproximadamente a 20 Km en línea recta.



Figura III. 1 Ubicación del Proyecto en relación a los humedales de importancia internacional número 135 (Ciénegas de Lerma) y con el 1363 (Sistema Lagunar Ejido de Xochimilco y San Gregorio).

### III.2.3 Convenio de Basilea

El Convenio de Basilea tiene como objetivo reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y su movimiento transfronterizo, así como asegurar su manejo ambientalmente racional, para lo cual promueve la cooperación internacional y crea mecanismos de coordinación y seguimiento. Fue adoptado por la Conferencia de Plenipotenciarios el 22 de marzo de 1989, mediante la firma de 116 países; México ratificó el convenio el 22 de febrero de 1991.

El Proyecto, en concordancia con el objetivo de este Convenio y pese a que no implica movimiento de residuos transfronterizos, aplicará un programa de manejo de residuos peligrosos que incluye actividades encaminadas a disminuir la generación de los mismos, así como dará pleno cumplimiento a la normatividad ambiental en materia de residuos peligrosos como se describe a lo largo de este Capítulo.

### III.2.4 Convenio de Rotterdam

El Convenio de Rotterdam fue aprobado el 11 de septiembre de 1998, fecha en la que México lo suscribió. El Convenio entró en vigor el 24 de febrero de 2004. México depositó el instrumento de adhesión el 4 de mayo de 2005 ante la Secretaría General de la ONU, y es parte del mismo a partir del 2 de agosto de 2005.

Dicho Convenio, tiene por objetivo establecer un mecanismo de autorización previa a la importación y exportación de sustancias químicas peligrosas y plaguicidas comerciales, denominado Consentimiento Fundamentado Previo, PIC por sus siglas en inglés – y que frecuentemente se le conoce por este acrónimo al convenio-, con la finalidad de tener toda la información necesaria para conocer las características y los riesgos que implica el manejo de dichas sustancias, permitiendo que los países importadores decidan qué sustancias químicas desean recibir y excluir aquellas que no puedan manejar de manera segura para evitar riesgos a la salud humana y el ambiente así como contribuir a su utilización ambientalmente racional, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundiendo esas decisiones a las Partes.

El Convenio en su artículo 3 establece que el mismo, se aplicará a: a) Los productos químicos prohibidos o rigurosamente restringidos; y (b) Las formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas.

El Proyecto tiene contemplado la utilización de sustancias químicas peligrosas y plaguicidas comerciales que no se encuentran listados en el Anexo III del Convenio; asimismo en concordancia con dicho Convenio, dará cumplimiento a lo establecido por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) para la utilización de las mencionadas sustancias.

### III.2.5 Convenio de Estocolmo

Teniendo presente el criterio de precaución consagrado en el principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el objetivo del Convenio de Estocolmo tiene por objeto proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes (COP), así como promover las mejores prácticas y tecnologías disponibles para reemplazar a los COP que se utilizan actualmente, y prevenir el desarrollo de nuevos COP a través del fortalecimiento de las legislaciones nacionales y la instrumentación de planes nacionales de implementación para cumplir estos compromisos. México firmó el convenio el 23 de mayo de 2001, en Suecia, y lo ratificó el 10 de febrero de 2003. Fue el primer país de Latinoamérica que ratificó este convenio, el cual entró en vigor el 17 de mayo de 2004.

El Convenio de Estocolmo cubre 12 COP prioritarios, producidos deliberada y no deliberadamente. La producción no deliberada de tales productos proviene de fuentes diversas, tales como la combustión doméstica o los incineradores de basuras. Estos COP prioritarios son la aldrina, el clordano, el diclorodifeniltricloroetano (DDT), la dieldrina, la eldrina, el heptacloro, el mirex, el toxafeno, los policlorobifenilos (PCB), el hexaclorobenceno, las dioxinas y los furanos. En una primera fase, el Convenio tiene por objeto prohibir la producción y uso de 9 COP y reducir la producción y uso de una décima sustancia. Por lo que respecta a los dos últimos COP (dioxinas y hexaclorobenceno), se trata de reducir su emisión accidental y su vertido al medio ambiente.

El Proyecto, cumplirá con el Convenio de Estocolmo, toda vez que no utilizará sustancias para fumigar, ni equipos cuenten con receptáculos que contengan líquidos con bifenilos policlorados (por ejemplo, transformadores, condensadores u otros) ni ninguna otra sustancia que se encuentre listada los Anexos A, B y C del mencionado Convenio.

### III.2.6 Protocolo de Kyoto

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), fue firmada por el Gobierno de México el 13 de junio de 1992 y aprobada unánimemente por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión el 3 de diciembre del mismo año. Tras la aprobación del senado, la Convención fue ratificada ante la Organización de las Naciones Unidas el 11 de marzo de 1993. A través de este acto de ratificación, el Gobierno de México; hizo constar en el ámbito internacional su consentimiento en obligarse a cumplir con los lineamientos establecidos en este instrumento. Actualmente, México cuenta con un el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), a través del cual el Gobierno de México se dispone a demostrar que es posible mitigar el cambio climático y adaptarse, sin comprometer el proceso de desarrollo, e incluso con beneficio económico. Para integrar el PECC, se consideraron cuatro componentes fundamentales para el desarrollo de una política integral para enfrentar el cambio climático: Visión de Largo Plazo, Mitigación, Adaptación, y Elementos de Política Transversal. México asume el objetivo indicativo o meta aspiracional de reducir en un 50% sus emisiones de GEI al 2050, en relación con las emitidas en el año 2000. Asimismo, el 6 de julio de 2012, se publicó la Ley General de Cambio Climático la cual es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico. Y tiene por objetivos:

- I. Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero;
- II. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma;
- III. Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático;

- IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno;
- V. Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático;
- VI. Establecer las bases para la concertación con la sociedad, y
- VII. Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono.

Para alcanzar el objetivo último de la Convención se definieron compromisos para las Partes firmantes, con base en el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, bajo el cual los países desarrollados, conocidos como países Anexo I, adoptaron el compromiso cuantitativo de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para regresar, en el año 2000, a los volúmenes de emisión que tenían en 1990 y mantenerse en esos niveles.

Los países en desarrollo se conocen como países no Anexo I y no tienen compromisos cuantitativos de reducción de emisiones, no obstante comparten los compromisos aplicables a todas las partes de la convención, entre los que figuran actividades de planeación, implementación de acciones y educación y difusión del conocimiento. En este sentido, México realiza diversas actividades para dar cumplimiento a sus compromisos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, entre las que se encuentran la elaboración de documentos de planeación a nivel nacional y estatal, y la elaboración de las comunicaciones nacionales de México con sus respectivos inventarios de emisiones.

El Protocolo de Kyoto (PK) compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero. El PK, como se le denomina por abreviar, fue estructurado en función de los principios de la Convención de Cambio Climático de las Naciones Unidas. El PK establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de quemar fósiles combustibles durante más de 150 años.

El Protocolo establece, entre otras cosas, una serie de mecanismos de mercado para facilitar el cumplimiento de los compromisos de mitigación de los países desarrollados y promover el desarrollo sustentable en los países en desarrollo: Comercio de Derechos de Emisiones; Implementación Conjunta y Mecanismo para un Desarrollo Limpio. El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) es el único instrumento que permite la realización de proyectos de reducción de emisiones entre países desarrollados y países en desarrollo.

México tiene el quinto lugar a nivel mundial en desarrollo de proyectos MDL, mismos que se han desarrollado en las áreas de recuperación de metano, energías renovables, eficiencia energética, procesos industriales y manejo de desechos, entre otros.

En general el Protocolo de Kyoto es considerado como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y proporciona la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro. Según los acuerdos de participación para el periodo 2013-2020, México está catalogado como "Nación en Desarrollo sin Metas Obligatorias". No obstante lo anterior, según los acuerdos de la Reunión COP-16 de Cancún, 2010, México suscribió metas voluntarias para reducir las emisiones de GEI en 30% para el año 2020.

La mayor parte de las emisiones de la operación de un aeropuerto, proviene de las aeronaves que lo utilizan y no de las fuentes fijas dentro del mismo aeropuerto. No obstante lo anterior, todo el Proyecto, desde su diseño, está diseñado para ser ecológicamente eficiente y sustentable. En particular, el diseño de edificios, calderas y plantas de energía estarán conformadas de tal manera que se logre hasta un 50% de reducción de emisiones de GEI vs las emisiones generadas por el actual aeropuerto de la Ciudad de México. Se prevé también un ahorro de hasta 40% en el gasto de energía y un 70% en el gasto de agua potable. El Proyecto está concebido para aspirar a obtener las certificaciones LEED Platino, Oro y Plata en sus diferentes instalaciones. Por todo lo anterior, el desarrollo del NAICM contribuye a alcanzar las metas voluntarias de México respecto a los postulados del Protocolo de Kyoto.

### III.2.7 Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal tiene como objetivo, establecer medidas concretas para la eliminación del uso de las sustancias que agoten la capa de ozono para evitar los daños a la salud y al medio ambiente, apoyando con recursos financieros (Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal) a los países en desarrollo (denominados en el Artículo 5), a los cuales se les da un periodo de gracia de 10 años antes de cumplir los compromisos específicos de eliminación, respecto de los países desarrollados.

México fue el primer país (IV Reunión del Protocolo de Montreal en 1995) en presentar un calendario de reducción acelerada del uso de estas sustancias hasta dejarlo en 10% para el año 2000, 10 años antes que el resto de los países en desarrollo. Actualmente, nuestro país ha reducido en 90% el uso de CFC's. Desde 1990, los productos en aerosol distribuidos en México utilizan propelentes alternativos. Todos los refrigeradores domésticos y el 95% de los equipos de refrigeración comercial producidos a nivel nacional se encuentran libres de CFC's. El sector de solventes y el de espumas de poliuretano han eliminado su uso de CFC's en un 80% y 75%, respectivamente.

Al respecto, y para tener una participación activa que permita que México se siga distinguiendo como uno de los países con mejor desempeño en el cumplimiento de los compromisos en el marco del Protocolo; no se permitirá el uso de sustancias listadas en el mencionado Protocolo, específicamente, se tendrá especial atención para que los equipos de enfriamiento nacionales o de importación se que se instalen durante la etapa de operación del pretendido proyecto no usen sustancias que dañen o puedan dañar capa de ozono; Asimismo, las sustancias utilizadas para la extinción de incendios no deberán contener harones.

### III.2.8 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

La CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) es un acuerdo internacional al cual se encuentra integrado México. La CITES proporciona un marco jurídico internacional en el cual se establecen los procedimientos que deben seguir los países participantes para la adecuada regulación del comercio internacional de las especies incluidas en sus Apéndices mediante un sistema de permisos y certificados.

Las especies amparadas por la CITES están incluidas en tres Apéndices, según el grado de protección que necesiten como se describe a continuación:

#### Apéndices I y II

En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales.

En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia.

La Conferencia de las Partes (CoP), que es el órgano supremo de adopción de decisiones de la Convención, está integrada por todos sus Estados miembros, ha aprobado la Resolución Conf. 9.24 (Rev. CoP16), en la que se enuncian una serie de criterios biológicos y comerciales para ayudar a determinar si una especie debería incluirse en el Apéndice I o II. En cada reunión ordinaria de la CoP, las Partes presentan propuestas basadas en esos criterios para enmendar estos dos Apéndices. Estas propuestas de enmienda se examinan y se someten a votación. Asimismo, la Convención prevé lo necesario para adoptar enmiendas mediante el procedimiento de votación por correspondencia entre reuniones ordinarias de la CoP (véase el párrafo 2 del Artículo XV de la Convención), pese a que apenas se recurre a este procedimiento.

Mientras que en el Apéndice III, se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio. Los cambios en el Apéndice III se efectúan de forma diferente que los cambios a los Apéndices I y II, ya que cada Parte tiene derecho a adoptar enmiendas unilaterales al mismo.

Sólo podrá importarse o exportarse (o reexportarse) un espécimen de una especie incluida en los Apéndices de la CITES si se ha obtenido el documento apropiado y se ha presentado al despacho de aduanas en un puerto de entrada o salida. Aunque los requisitos pueden variar de un país a otro y es aconsejable consultar las legislaciones nacionales que pueden ser más estrictas, a continuación se exponen las condiciones básicas que se aplican a los Apéndices I y II.

En México existen tres autoridades para la CITES: la Autoridad Administrativa está representada por la Dirección General de Vida Silvestre (SEMARNAT), la Autoridad Científica por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Autoridad de Aplicación de Ley por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Al respecto, si bien es cierto que en el sitio donde se pretende desarrollar el Proyecto se presentan especies descritas en la CITES (Ver capítulo IV), con el fin de conservar la diversidad biológica y contribuir a su utilización sostenible, teniendo en cuenta lo establecido en el mencionado convenio, en relación a que ninguna especie de fauna o flora silvestres se someta o se siga sometiendo a una explotación insostenible debido al comercio internacional; durante el desarrollo del Proyecto se implementará un programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna, en el que se contempla prohibir la utilización y venta de cualquier especie que se encuentra dentro del área del Proyecto y en la zona de influencia (aún las que no se encuentren en el CITES). Asimismo, se dará cumplimiento a lo solicitado por las autoridades ambientales de nuestro país, con el fin de que éstas puedan verificar que el Proyecto cumple con la Convención, pese que el mismo, no implica actividades de exportación ni importación de especies de flora y fauna.

### III.3 Leyes Federales y sus Reglamentos aplicables

#### III.3.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA), fue publicada en 28 de enero de 1988 y la última reforma se realizó el 16 de enero de 2014. Dicha Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar; aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas; garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

En la tabla siguiente se describen los artículos aplicables y como se dará pleno cumplimiento a los mismos durante las etapas del Proyecto.

Tabla III. 1 Artículos de la LEGEEPA aplicables durante el desarrollo del Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y cumplimiento
<p>Artículo 28. La Evaluación del Impacto Ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que además puedan causar un desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para Proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el Medio Ambiente.</p> <p>I.- Obras hidráulicas, <b>vías generales de comunicación</b>, oleoductos, gasoductos, carbo ductos y poliductos;</p> <p>...</p> <p>VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;</p> <p>...</p> <p>X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o <b>zonas federales</b>;</p>	<p>En cumplimiento a este artículo y toda vez el Proyecto se refiere a una obra de vías generales de comunicación (aeropuerto), y que el predio donde pretende desarrollarse el mismo se ubica en zona federal, la Promovente presentará ante la Secretaría del Medio y Recursos Naturales (SEMARNAT) el Estudio de Impacto Ambiental en su modalidad regional para su evaluación y solicitud de autorización en materia ambiental.</p> <p>La promovente consiente del cambio de uso de suelo que se dará por las actividades del proyecto (aeropuerto) en el área donde se pretende desarrollar el proyecto en el cual se observa vegetación halófila, y buscando un mecanismo de compensación local por los servicios ambientales presentes en dicha área de estudio y para lograr la conservación de la biodiversidad, adoptará los criterios establecidos para las áreas forestales, es decir se apegará a la normatividad relacionada con el cambio de uso de suelo en áreas forestales. Derivado de lo anterior, y toda vez que la superficie afectada es de 240.7545 hectáreas que corresponde a pastizal halófilo, se presentará ante la SEMARNAT el estudio técnico justificativo para solicitar el cambio de uso de suelo.</p>
<p>Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que</p>	<p>La Promovente, presentará ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) la solicitud para la autorización en materia de impacto ambiental, anexando: la manifestación de impacto ambiental modalidad regional, un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete y copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes.</p>



Artículo	Vinculación con el Proyecto y cumplimiento
<p>conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</p> <p>Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente.</p> <p>Si después de la presentación de una manifestación de impacto ambiental se realizan modificaciones al proyecto de la obra o actividad respectiva, los interesados deberán hacerlas del conocimiento de la Secretaría, a fin de que ésta, en un plazo no mayor de 10 días les notifique si es necesaria la presentación de información adicional para evaluar los efectos al ambiente, que pudiesen ocasionar tales modificaciones, en términos de lo dispuesto en esta Ley.</p> <p>Los contenidos del informe preventivo, así como las características y las modalidades de las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo serán establecidos por el Reglamento de la presente Ley.</p>	<p>Asimismo, toda vez que para la operación del Proyecto se tiene programado el almacenamiento de turbosina en una cantidad de 66,600 barriles, la Promovente hará entrega del estudio de riesgo ambiental.</p>
<p>Artículo 113. No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría.</p>	<p>La Promovente implementará medidas de mitigación para controlar la generación de partículas ocasionadas durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto. Asimismo, para la etapa de operación y mantenimiento se incorporarán tecnologías de última generación que reduzcan al mínimo la emisión de contaminantes a la atmósfera.</p>
<p>Artículo 117. Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país.</p>	<p>Durante las diferentes etapas del Proyecto, la Promovente implementará procedimientos para el manejo de sustancias y de residuos peligrosos que se utilicen o generen, evitando la contaminación del agua superficial o subterránea. Asimismo, las aguas residuales generadas en los sanitarios portátiles durante las etapas de preparación del sitio, serán transportadas y dispuestas por empresas autorizadas para que éstas sean tratadas y cumplan con los parámetros de descarga, previniendo con esto la contaminación de agua. Durante la operación del Proyecto, se contempla la instalación de una planta de tratamiento de 136 lps que será suficiente para cubrir las necesidades de la operación del Proyecto por lo menos hasta el año 2028. Esta planta de tratamiento, que podrá captar y tratar las aguas residuales y las llamadas aguas azules, será de tipo modular por lo que de requerirse, podrá ampliarse con relativa facilidad si fuese necesaria más capacidad. Dicho sistema permitirá que las aguas residuales, cumplan con los límites establecidos por la normatividad.</p>
<p>Artículo 121. No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.</p>	<p>Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, las aguas residuales generadas en los sanitarios portátiles, serán transportadas y dispuestas por empresas autorizadas para que éstas sean tratadas y cumplan con los parámetros de descarga, previniendo con esto la contaminación de agua.</p> <p>Asimismo, se evitará el vertimiento de aguas de lavado de maquinaria, herramientas y equipo a cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo.</p> <p>Se implementarán procedimientos específicos para el Manejo de Residuos que establezcan la prohibición de la disposición de residuos sobre suelo natural.</p> <p>Durante la operación, la planta de tratamiento de aguas residuales mencionada en el inciso anterior, aplica igualmente para el cumplimiento con el Artículo 121.</p>
<p>Artículo 123. Todas las descargas en las redes colectoras, ríos, acuíferos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en terrenos, deberán satisfacer las normas oficiales mexicanas que para tal efecto se expidan, y en su caso, las condiciones particulares de descarga que determine la Secretaría o</p>	<p>Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, las aguas residuales generadas en los sanitarios portátiles, serán transportadas y dispuestas por empresas autorizadas para que éstas sean tratadas y cumplan con los parámetros de descarga, previniendo con esto la contaminación de agua.</p> <p>Durante la operación del Proyecto, se contempla la instalación de una</p>

Artículo	Vinculación con el Proyecto y cumplimiento
<p>las autoridades locales. Corresponderá a quien genere dichas descargas, realizar el tratamiento previo requerido.</p>	<p>planta de tratamiento de 136 lps que será suficiente para cubrir las necesidades de la operación del Proyecto por lo menos hasta el año 2028. Esta planta de tratamiento, que podrá captar y tratar las aguas residuales y las llamadas aguas azules, será de tipo modular por lo que de requerirse, podrá ampliarse con relativa facilidad si fuese necesaria más capacidad. Dicho sistema permitirá que las aguas residuales, cumplan con los límites establecidos por la normatividad.</p>
<p>Artículo 134. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:                      ...                      II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos;                      III.- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes;                      ...                      V.- En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.</p>	<p>La Promovente implementará procedimientos para el manejo de los residuos sólidos municipales, de manejo especial y peligrosos generados durante las diferentes etapas del Proyecto, supervisado la aplicación correcta del procedimiento con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación del suelo. Asimismo, según las necesidades en cada etapa, se contará invariablemente con un almacén temporal de residuos sobre firme de concreto. Y sitios cubiertos con material impermeable para el almacenamiento de cualquier sustancia peligrosa.</p>
<p>Artículo 136. Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:                      I. La contaminación del suelo;                      II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos;                      III. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación, y                      IV. Riesgos y problemas de salud.</p>	<p>La Promovente implementará procedimientos de manejo de residuos en los que se establecerán la prohibición de disposición e infiltración en suelo natural de los mismos, evitando de esta manera la posible contaminación a suelo.</p>
<p>Artículo 147. La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán a cabo con apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo anterior.                      Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del Reglamento correspondiente, deberán formular y presentar a la Secretaría un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.</p>	<p>Toda vez que para la operación del Proyecto se tiene programado el almacenamiento de turbosina en una cantidad de 66,600 barriles, la Promovente, presentará ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) estudio de riesgo ambiental, así como el programas para la prevención de accidentes para que éste sea aprobado por dicha autoridad.</p>
<p>Artículo 152 BIS. Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva.</p>	<p>En caso fortuito de que por alguna circunstancia se genere contaminación de suelo por derrame de sustancia o residuos peligrosos, la Promovente aplicará las medidas correctivas necesarias para recuperar el suelo contaminado y restablecer las condiciones del suelo.</p>
<p>Artículo 155. Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. Las autoridades federales o locales, según su esfera de competencia, adoptarán las medidas para impedir que se</p>	<p>Mediante programa de mantenimiento para la maquinaria pesada y barreras físicas se controlarán las emisiones de ruido ambiental; asimismo, se establecerán horarios de trabajo para generar el menor ruido en los horarios de trabajo, pese que la localización pretendida del Proyecto se encuentra más alejada de núcleos poblacionales importantes que, inclusive, el actual aeropuerto de la Ciudad de México por lo que se estima que las molestias por ruido, vibraciones y energías térmica y lumínica serán menores a las que se padecen</p>

Artículo	Vinculación con el Proyecto y cumplimiento
transgredan dichos límites y en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes.	actualmente.

Derivado de lo descrito, podemos concluir que el Proyecto dará pleno cumplimiento a lo establecido en Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA).

### III.3.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental fue publicado el 30 de mayo del 2000 y la última reforma se realizó el 26 de abril de 2012, dicho ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal.

Tabla III. 2 Artículos del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental aplicables al Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p><b>Artículo 5.</b> Quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en material de impacto ambiental:</p> <p><b>A) HIDRÁULICAS:</b>                      I...                      VI. Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales, excepto aquellas en las que se reúnan las siguientes característica:                      a) Descarguen líquidos hasta un máximo de 100 litros por segundo, incluyendo las obras de descarga en la zona federal;                      b) En su tratamiento no realicen actividades consideradas altamente riesgosas, y                      c) No le resulte aplicable algún otro supuesto del artículo 28 de la Ley;</p> <p><b>B) VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN:</b>                      Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas, <b>aeropuertos</b>, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales.</p> <p><b>K) INDUSTRIA ELÉCTRICA:</b>                      I. ....                      IV. Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3 MW.</p> <p><b>O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:</b>                      ...                      II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas, y                      III. Los demás cambios de uso del suelo, en terrenos o áreas con uso de suelo forestal, con excepción de la modificación de suelos agrícolas o pecuarios en forestales, agroforestales o silvopastoriles, mediante la utilización de especies nativas.</p> <p><b>R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES,</b></p>	<p>El Artículo 5 aplica directamente al Proyecto por:</p> <p>El Proyecto contará con una planta de tratamiento (PTAR) que estará diseñada para manejar el gasto diario y los flujos de descarga del Proyecto NAICM y el tratamiento deberá ser conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúnen en servicios al público, debido a que el agua proveniente de la PTAR será reutilizada en el área de sanitarios, en la torre de enfriamiento y en el riego por aspersión, la capacidad de tratamiento será de 11,830 m<sup>3</sup>/día.</p> <p>El proyecto, consiste en la construcción de un aeropuerto que se encuentra tipificado en el inciso correspondiente a vías generales de comunicación del artículo 5 del reglamento de referencia y se ubica en un zona federal, por lo que promovente presenta ante la SEMARNAT el estudio de impacto ambiental en la modalidad regional, lo anterior ara solicitar la autorización en materia de impacto ambiental.</p> <p>Asimismo, el Proyecto incluye la construcción y operación de una planta de cogeneración que se incluye como alternativa y se calcula que se podrá generar una potencia de hasta 10 MW utilizando el sistema fotovoltaico para la operación del Proyecto para el año 2062, mientras que para el 2018 está establecido un objetivo de generación de 5 MW.</p> <p>La promovente consiente del cambio de uso de suelo que se dará por las actividades del proyecto (aeropuerto) en el área donde se pretende desarrollar el proyecto en el cual se observa vegetación halófila, y buscando un mecanismo de compensación local por los servicios ambientales presentes en dicha área de estudio y para lograr la conservación de la biodiversidad, adoptará los criterios establecidos para las áreas forestales, es decir se apegará a la normatividad relacionada con el cambio de uso de suelo en áreas forestales. Derivado de lo anterior, y toda vez que la superficie afectada es de 240.7545 hectáreas que corresponde a pastizal halófilo, se presentará ante la SEMARNAT el estudio técnico justificativo para solicitar el cambio de uso de suelo.</p>

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O <b>ZONAS FEDERALES:</b>                      I. Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas, y                      II. Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales, con excepción de las actividades pesqueras que no se encuentran previstas en la fracción XII del artículo 28 de la Ley y que de acuerdo con la Ley de Pesca y su reglamento no requieren de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como de las de navegación, autoconsumo o subsistencia de las comunidades asentadas en estos ecosistemas.</p>	
<p>Artículo 9. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del Proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.</p>	<p>La Promovente presentará a la SEMARNAT la manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional para el Proyecto.</p>
<p>Artículo 14. Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos Proyectos.</p>	<p>La promovente consiente del cambio de uso de suelo que se dará por las actividades del proyecto (aeropuerto) en el área donde se pretende desarrollar el proyecto en el cual se observa vegetación halófila, y buscando un mecanismo de compensación local por los servicios ambientales presentes en dicha área de estudio y para lograr la conservación de la biodiversidad, adoptará los criterios establecidos para las áreas forestales, es decir se apegará a la normatividad relacionada con el cambio de uso de suelo en áreas forestales. Derivado de lo anterior, y toda vez que la superficie afectada es de 240.7545 hectáreas que corresponde a pastizal halófilo, se presentará ante la SEMARNAT el estudio técnico justificativo para solicitar el cambio de uso de suelo y dar cumplimiento al Artículo 117 de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable y a los Artículos 120 y 121 su Reglamento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero del 2005, se presenta en paralelo a esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional, la solicitud para obtener la autorización para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales que incluye el Estudio Técnico Justificativo correspondiente.</p>
<p>Artículo 17. El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando:                      I. La manifestación de impacto ambiental                      II. Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete                      III. Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes.                      Cuando se trate de actividades altamente riesgosas en los términos de la Ley, deberá incluirse un estudio de riesgo.</p>	<p>La Promovente, presentará ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) la solicitud para la autorización en materia de impacto ambiental, anexando: la manifestación de impacto ambiental modalidad regional, un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete y copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes. Asimismo, toda vez que para la operación del Proyecto se tiene programado el almacenamiento de turbosina en una cantidad de 66,600 barriles, en cada uno de los 12 tanques previstos, la Promovente hará entrega del correspondiente estudio de riesgo ambiental.</p>

La Promovente mediante presentación de los estudios descritos en la tabla anterior ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, dará cumplimiento a lo establecidos y aplicable en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

### III.3.1 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable fue publicada el 25 de febrero del 2003 con la última reforma publicada el 07 de junio de 2013, e es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sus disposiciones son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción

XXIX inciso G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable. Cuando se trate de recursos forestales cuya propiedad corresponda a los pueblos y comunidades indígenas se observará lo dispuesto por el artículo 2 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Tabla III. 3 Artículos de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable aplicables durante el desarrollo del Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
Artículo 118. Los interesados en el cambio de uso de terrenos forestales, deberán acreditar que otorgaron depósito ante el Fondo, para concepto de compensación ambiental para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.	La Promovente efectuará y acreditará el depósito ante el Fondo, por el concepto de compensación ambiental para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.

La Promovente dará cumplimiento, mediante las gestiones necesarias para obtener el cambio de uso de suelo, así como implementar las medidas de compensación requeridas por la Autoridad en la autorización del cambio de uso de suelo.

### III.3.2 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

El Reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero de 2005, dicho ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y de sus recursos, así como su conservación, protección y restauración.

Tabla III. 4 Artículos del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable aplicables al Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>Artículo 120. Para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría, el cual contendrá lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>I. Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante;</li> <li>II. Lugar y fecha;</li> <li>III. Datos y ubicación del predio o conjunto de predios, y</li> <li>IV. Superficie forestal solicitada para el cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar.</li> </ul> <p>Junto con la solicitud deberá presentarse el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, así como copia simple para su cotejo.</p> <p>El derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo, con motivo del reconocimiento, exploración superficial y explotación petrolera en terrenos forestales, se podrá acreditar con la documentación que establezcan las disposiciones aplicables en materia petrolera.</p>	<p>Loa promovente presentará ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la solicitud de cambio de uso de suelo y el Estudio Técnico Justificativo correspondiente, de acuerdo a lo establecido en el artículo 120 y 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable</p>
<p>Artículo 121. Los estudios técnicos justificativos a que hace referencia el artículo 117 de la Ley, deberán contener la información siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>I. Usos que se pretendan dar al terreno;</li> <li>II. Ubicación y superficie del predio o conjunto de predios, así como la delimitación de la porción en que se pretenda realizar el cambio de uso del suelo en los terrenos forestales, a través de planos georeferenciados;</li> <li>III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la cuenca hidrológico-forestal en donde se ubique el predio;</li> <li>IV. Descripción de las condiciones del predio que incluya los fines a</li> </ul>	

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>que esté destinado, clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;</p> <p>V. Estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo;</p> <p>VI. Plazo y forma de ejecución del cambio de uso del suelo;</p> <p>VII. Vegetación que deba respetarse o establecerse para proteger las tierras frágiles;</p> <p>VIII. Medidas de prevención y mitigación de impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestres, aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del cambio de uso del suelo;</p> <p>IX. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso del suelo propuesto;</p> <p>X. Justificación técnica, económica y social que motive la autorización excepcional del cambio de uso del suelo;</p> <p>XI. Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el estudio y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución;</p> <p>XII. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías;</p> <p>XIII. Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo;</p> <p>XIV. Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, y</p> <p>XV. En su caso, los demás requisitos que especifiquen las disposiciones aplicables.</p>	
<p>Artículo 124. El monto económico de la compensación ambiental relativa al cambio de uso del suelo en terrenos forestales a que se refiere el artículo 118 de la Ley, será determinado por la Secretaría considerando lo siguiente:</p> <p>I. Los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento, que para tal efecto establezca la Comisión. Los costos de referencia y la metodología para su estimación serán publicados en el Diario Oficial de la Federación y podrán ser actualizados de forma anual, y</p> <p>II. El nivel de equivalencia para la compensación ambiental, por unidad de superficie, de acuerdo con los criterios técnicos que establezca la Secretaría. Los niveles de equivalencia deberán publicarse en el Diario Oficial de la Federación.</p> <p>Los recursos que se obtengan por concepto de compensación ambiental serán destinados a actividades de reforestación o restauración y mantenimiento de los ecosistemas afectados, preferentemente en las entidades federativas en donde se haya autorizado el cambio de uso del suelo. Estas actividades serán realizadas por la Comisión.</p>	<p>La promovente pagará el monto de la compensación ambiental relativa al cambio de uso del suelo a que se refiere el artículo 118 de la Ley, de acuerdo a lo que determine la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).</p>

### III.3.3 Ley General de Vida Silvestre

La Ley General de Vida Silvestre fue publicada el 3 de julio de 2000 con la última reforma publicada el 19 de marzo de 2014, es de orden público y de interés social, reglamentario del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los Gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

Tabla III. 5 Artículos de la Ley General de Vida Silvestre aplicables durante el desarrollo del Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>Artículo 31. Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o</p>	<p>La Promovente elaborará y aplicará los planes de manejo para la reubicación de especies de fauna silvestre, que incluirá actividades</p>

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.	que disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta las características de cada especie.
<p>Artículo 51. La legal procedencia de ejemplares de la vida silvestre que se encuentran fuera de su hábitat natural, así como de sus partes y derivados, se demostrará, de conformidad con lo establecido en el reglamento, con la marca que muestre que han sido objeto de un aprovechamiento sustentable y la tasa de aprovechamiento autorizada, o la nota de remisión o factura correspondiente.</p> <p>En este último caso, la nota de remisión o factura foliadas señalarán el número de oficio de la autorización de aprovechamiento; los datos del predio en donde se realizó; la especie o género a la que pertenecen los ejemplares, sus partes o derivados; la tasa autorizada y el nombre de su titular, así como la proporción que de dicha tasa comprenda la marca o contenga el empaque o embalaje.</p>	<p>La Promovente obtendrá los documentos necesarios que acrediten la legal procedencia de los organismos (águilas o halcones) utilizados durante la operación del Proyecto, para el control de plagas e incremento de la seguridad de aeronaves mediante el ahuyentamiento de fauna que pudiera llegar a alojarse en las turbinas.</p>

Mediante la implementación de programas de manejo para rescate y reubicación de flora y fauna, la Promovente dará cumplimiento a la Ley General de Vida Silvestre.

### III.3.4 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.

El Reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006, dicho ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General de Vida Silvestre.

Tabla III. 6 Artículos del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre aplicables al Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>Artículo 53. Al adquirir ejemplares, partes o derivados de la vida silvestre, los particulares deberán exigir la documentación que ampare la legal procedencia de los mismos al momento de adquirirlos y conservarla durante su posesión. Para los efectos del segundo párrafo del artículo 51 de la Ley, la documentación deberá contener:</p> <p>I. El número de registro de la UMA de procedencia o el de la autorización de aprovechamiento, en caso de predios federales, de las entidades federativas o de los municipios;</p> <p>II. El número de oficio de autorización de la importación emitido por la Secretaría, especificando la parte proporcional a que corresponde al ejemplar del total de la importación de la especie, o</p> <p>III. El número de autorización de aprovechamiento de subsistencia emitido por la Secretaría; en caso de personas físicas, los datos de la autorización de aprovechamiento.</p>	<p>La Promovente obtendrá los documentos necesarios que acrediten la legal procedencia de los organismos (águilas o halcones) utilizados durante la operación del Proyecto, para el control de plagas e incremento de la seguridad de aeronaves mediante el ahuyentamiento de fauna que pudiera llegar a alojarse en las turbinas.</p>
<p>Artículo 56. La importación, exportación y reexportación de material biológico de especies incluidas en los apéndices de CITES, se sujetará a lo señalado en dicha Convención.</p>	<p>Con el fin de conservar la diversidad biológica y contribuir a su utilización sostenible, teniendo en cuenta lo establecido en el mencionado convenio CITES; durante el desarrollo del Proyecto se implementará un programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna, en el que se contempla prohibir la utilización y venta de cualquier especie que se encuentra dentro del área del Proyecto y en la zona de influencia (aún las que no se encuentren en el CITES). Asimismo, se dará cumplimiento a lo solicitado por las autoridades ambientales de nuestro país, con el fin de que éstas puedan verificar que el Proyecto cumple con la Convención, pese que el mismo, no implica actividades de exportación ni importación de especies de flora y fauna.</p>
<p>Artículo 78. Las medidas de manejo, control y remediación de ejemplares o poblaciones perjudiciales podrán consistir en cualquiera de las siguientes, de acuerdo al orden de prelación que se indica:</p> <p>I. La captura o colecta para el desarrollo de proyectos de recuperación, actividades de repoblación y reintroducción;</p>	<p>La Promovente aplicará un programa de manejo de fauna y fauna que, someterá a autorización de SEMARNAT. En este programa se incluirán medidas de manejo y control de ejemplares o poblaciones perjudiciales para la operación el Proyecto. Asimismo contemplará acciones para ahuyentar y dispersar fauna.</p>

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
II. La captura o colecta para actividades de investigación o educación ambiental; III. La reubicación de ejemplares, en cuyo caso se deberá evaluar el hábitat de destino y las condiciones de los ejemplares, en los términos señalados en la Ley y en el presente Reglamento para la liberación; IV. La captura de ejemplares, en cuyo caso la Secretaría determinará el destino de los mismos; V. La eliminación de ejemplares o la erradicación de poblaciones, y VI. Las acciones o dispositivos para ahuyentar, dispersar, dificultar el acceso de los ejemplares o disminuir el daño que ocasionan, cuando así se justifique.	
Artículo 79. Para la atención de los asuntos relativos al manejo, control y remediación de problemas asociados a ejemplares y poblaciones que se tomen perjudiciales, la Secretaría podrá establecer por sí misma o autorizar, a solicitud de los interesados, las medidas correspondientes en los predios, zonas o regiones en los cuales se requiera una solución con el fin de evitar o minimizar efectos negativos para el ambiente, otras especies o la población humana.	

### III.3.5 Ley de Vías Generales de Comunicación.

La Ley de Vías Generales de Comunicación, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de febrero de 1940, la última reforma se publicó 9 de abril de 2012.

Tabla III. 7 Artículos de la Ley de Vías Generales de Comunicación aplicables al Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
Artículo 8o. Para construir, establecer y explotar vías generales de comunicación, o cualquiera clase de servicios conexos a éstas, será necesario el tener concesión o permiso del Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y con sujeción a los preceptos de esta Ley y sus Reglamentos.	La Promovente gestionará, y estará en cumplimiento de todo lo estipulado por la Ley de Vías Generales de Comunicación durante todas las etapas del Proyecto y, en aquellos casos donde intervenga también la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como la Secretaría de Comunicaciones y Transporte y/o otras disposiciones de carácter ambiental (ej. Art. 45), se satisfarán los requisitos de ambas directrices.
Artículo 45. Para llevar a cabo corte de árboles, desmontes, rozas, quemas, en las fajas colindantes con los caminos, vías férreas, líneas telegráficas, telefónicas, aeródromos, ríos y canales navegables y flotables, en una extensión de un kilómetro a cada lado del límite del derecho de vía o de los márgenes de los ríos y canales, las empresas de vías generales de comunicación necesitarán, además de llenar los requisitos que establezcan las leyes y reglamentos forestales respectivos, la autorización expresa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.	
Artículo 120. Las empresas que exploten vías generales de comunicación presentarán a la Secretaría de Comunicaciones, anualmente, un informe que contenga, con referencia a los doce meses anteriores, los datos técnicos, administrativos o estadísticos de las empresas, que permitan conocer la forma de explotar dichas vías en relación con los intereses públicos y del Gobierno, sin perjuicio de proporcionar también, en cualquier tiempo, aquellos datos o documentos que requiera la propia Secretaría. Los datos contables se proporcionarán en las épocas que señalen los reglamentos respectivos, sin perjuicio de la facultad que concede a la Secretaría el párrafo anterior.	
Artículo 124. Las maniobras de carga, descarga, estiba, desestiba, alijo, acarreo, almacenaje y transbordo que se ejecuten en las zonas federales, se considerarán como actividades conexas con las vías	



Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
generales de comunicación. En consecuencia, para realizarlas se requerirá permiso de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. ... La Secretaría de Comunicaciones y Transportes expedirá los permisos a que se refiere el párrafo anterior, preferentemente a empresas individuales o colectivas constituidas por agentes aduanales, comisionistas, agentes consignatarios, armadores, agentes navieros o grupos de trabajadores, cualquiera que sea el tipo de organización legal que adopten. ...	

### III.3.6 Ley de Aeropuertos

La Ley de Aeropuertos fue publicada el 22 de diciembre de 1995, con la última reforma publicada el 21 de enero del 2009, es de orden público y tiene por objeto regular la construcción, administración, operación y explotación de los aeródromos civiles, los cuales son parte integrante de las vías generales de comunicación y es de jurisdicción federal todo lo relacionado con la construcción, administración, operación y explotación de aeródromos civiles.

Toda vez que la Ley de Aeropuertos en su artículo 39, establece que el permisionario de un aeródromo de servicio al público, deberá elaborar un programa indicativo de inversiones en materia de construcción, conservación y mantenimiento, en el que se incluyan medidas específicas relacionadas con la seguridad y protección del equilibrio ecológico; y que en su artículo 74 en el que se indica que en los aeródromos civiles los concesionarios y permisionarios deberán observar las disposiciones aplicables en materia de protección al ambiente; particularmente en lo que les corresponda respecto a la atenuación del ruido y al control efectivo de la contaminación del aire, agua y suelo, tanto en sus instalaciones, como en su zona de protección; El Proyecto, en cumplimiento con lo dispuesto en esta Ley y las demás aplicables en materia ambiental realizará una serie de actividades descritas a lo largo de los capítulos II, III y VI del presente estudio.

### III.3.7 Ley Aviación Civil

La Ley de Aviación Civil fue publicada el 12 de marzo de 1995, con la última reforma publicada el 21 de mayo de 2013, es de orden público y tiene por objeto regular la explotación, el uso o aprovechamiento del espacio aéreo situado sobre el territorio nacional, respecto de la prestación y desarrollo de los servicios de transporte aéreo civil y de Estado. El espacio aéreo situado sobre el territorio nacional es una vía general de comunicación sujeta al dominio de la Nación.

Tabla III. 8 Artículos de la Ley de Aviación Civil aplicables al Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
Artículo 2. Para los efectos de esta Ley, se entenderá por: I. Aeronave: cualquier vehículo capaz de transitar con autonomía en el espacio aéreo con personas, carga o correo; II. Aeródromo civil: área definida de tierra o de agua adecuada para el despegue, aterrizaje, acuatizaje o movimiento de aeronaves, con instalaciones o servicios mínimos para garantizar la seguridad de su operación; III. Aeropuerto: aeródromo civil de servicio público, que cuenta con las instalaciones y servicios adecuados para la recepción y despacho de aeronaves; ...	El Proyecto dará cumplimiento a toda la normatividad de esta Ley. En particular el Artículo 76 y 76 Bis son vinculantes en materia ambiental y la Promovente se someterá a lo que determinen en su conjunto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y SEMARNAT, tales como las adecuaciones de aeronaves para la sustitución de la flota aérea y para impulsar mejoras tecnológicas de las aeronaves y sus combustibles.
Artículo 76. Las aeronaves que sobrevuelen, aterricen o despeguen en territorio nacional, deberán observar las disposiciones que correspondan en materia de protección al ambiente; particularmente, en relación a homologación de ruido y emisión de contaminantes. Asimismo, deberán reportar a la Secretaría en el periodo y en la forma en que la misma determine, sobre las medidas operativas, técnicas y económicas que hayan adoptado para cumplir con las disposiciones en materia de protección al ambiente. La Secretaría fijará los plazos para que se realicen adecuaciones en las aeronaves que, para los efectos de este artículo, así lo requieran y, en su caso, establecerá los lineamientos para la sustitución de la flota aérea y para impulsar	

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
mejoras tecnológicas de las aeronaves y sus combustibles.	
Artículo 76 Bis. La Secretaría establecerá convenios o acuerdos de coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para promover la eficiencia en las operaciones e infraestructura aeroportuaria, con el fin de reducir el ruido y las emisiones contaminantes en los servicios de transporte aéreo.	

### III.3.8 Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales, publicada el 1 de diciembre de 1992 y reformada el 7 de julio de 2013, es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Tabla III. 9 Artículos de la Ley de Aguas Nacionales aplicables durante la ejecución del Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
Artículo 88. Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos. El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.	Durante la etapa de operación y mantenimiento, el Proyecto efectuará descargas de agua al drenaje municipal por lo que se solicitará y obtendrá el permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua", cumpliendo con los parámetros de descarga establecidos en dicho permiso o apegándose a la NOM-002-SEMARNAT-1996.  Durante la operación, el Proyecto se contará con una planta de tratamiento de aguas diseñada para manejar los flujos diarios y máximos existentes en todo en sitio del Proyecto, el tratamiento deberá ser conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, el agua se tratará a un nivel terciario por desinfección, se mantendrá en tanques de almacenamiento para ser utilizada en los lavados sanitarios internos, riego por aspersión y el suministro compuesto de la torre de enfriamiento.
Artículo 90. "La Autoridad del Agua" expedirá el permiso de descarga de aguas residuales en los términos de los reglamentos de esta Ley, en el cual se deberá precisar por lo menos la ubicación y descripción de la descarga en cantidad y calidad, el régimen al que se sujetará para prevenir y controlar la contaminación del agua y la duración del permiso.	Asimismo, durante la construcción, las aguas residuales generadas en los sanitarios portátiles serán transportadas y dispuestas por empresa autorizadas para que éstas sean tratadas y cumplan con los parámetros de descarga, previniendo con esto la contaminación de agua.
Artículo 91 BIS. Las personas físicas o morales que descarguen aguas residuales a las redes de drenaje o alcantarillado, deberán cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas y, en su caso, con las condiciones particulares de descarga que emita el estado o el municipio. ...	

Derivado de lo anterior, podemos concluir que el Proyecto dará pleno cumplimiento a lo establecido en Ley de Aguas Nacionales.

### III.3.9 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994, su última reforma el 24 de mayo de 2011, define las condiciones para la gestión de las concesiones de explotación, uso o aprovechamiento de los recursos hidrológicos.

Tabla III. 10 Artículos del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales aplicables al desarrollo del Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>Artículo 134. Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas.</p>	<p>Durante la operación, el Proyecto tiene contemplado realizar descargas de aguas residuales por lo que se solicitará y obtendrá el permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua", cumpliendo con los parámetros de descarga establecidos en dicho permiso o apegándose a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996.</p> <p>Durante la operación, el Proyecto se contará con una planta de tratamiento de aguas diseñada para manejar los flujos diarios y máximos existentes en todo en sitio del Proyecto, el tratamiento deberá ser conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, el agua se tratará a un nivel terciario por desinfección, se mantendrá en tanques de almacenamiento para ser utilizada en los lavados sanitarios internos, riego por aspersión y el suministro compuesto de la torre de enfriamiento.</p> <p>Asimismo, las aguas residuales generadas en los sanitarios portátiles durante el desarrollo del Proyecto, serán transportadas y dispuestas por empresas autorizadas para que éstas sean tratadas y cumplan con los parámetros de descarga, previniendo con esto la contaminación de agua.</p>
<p>Artículo 151. Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas respectivas.</p>	<p>Durante las diferentes etapas del Proyecto la Promovente implementará procedimientos para el manejo de sustancias y de residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos, para evitar contaminación del agua superficial o subterránea.</p>

El Proyecto considera la aplicación de actividades preventivas para dar cumplimiento al Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales en los preceptos aplicables.

### III.3.10 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, publicada el 7 de julio de 2013, regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental. Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del artículo 4o. Constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental. El régimen de responsabilidad ambiental reconoce que el daño ocasionado al ambiente es independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los elementos y recursos naturales. Reconoce que el desarrollo nacional sustentable debe considerar los valores económicos, sociales y ambientales.

Tabla III. 11 Artículos de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental aplicables al Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>Artículo 2.- Para los efectos de esta Ley se estará a las siguientes definiciones, así como aquellas previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las Leyes ambientales y los tratados internacionales de los que México sea Parte. Se entiende por:</p> <p>I...</p> <p>II. Criterio de equivalencia: Lineamiento obligatorio para orientar las medidas de reparación y compensación ambiental, que implica restablecer los elementos y recursos naturales o servicios</p>	<p>En la presente manifestación de impacto ambiental, tal como se describe a lo largo de los capítulos, II, III, V y VI, considera aplica los conceptos establecidos en esta Ley.</p>

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
ambientales por otros de las mismas características; III. Daño al ambiente: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables de los hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan. Para esta definición se estará a lo dispuesto por el artículo 6o. de esta Ley; ...	
Artículo 6o.- No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de: I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que, II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas. La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.	La Promovente presentará ante la Secretaría del Medio y Recursos Naturales (SEMARNAT) el Estudio de Impacto Ambiental Regional en el cual se identifican, evalúan y se propone medidas de compensación y mitigación para los impactos ambientales; para solicitud de autorización en materia ambiental. Asimismo, se dará pleno cumplimiento a las condicionantes de la SEMARNAT emita para la autorización en materia de impacto y en la autorización de cambio de uso de suelo.
Artículo 10.- Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley. De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.	
Artículo 24.- Las personas morales serán responsables del daño al ambiente ocasionado por sus representantes, administradores, gerentes, directores, empleados y quienes ejerzan dominio funcional de sus operaciones, cuando sean omisos o actúen en el ejercicio de sus funciones, en representación o bajo el amparo o beneficio de la persona moral, o bien, cuando ordenen o consientan la realización de las conductas dañosas. Las personas que se valgan de un tercero, lo determinen o contraten para realizar la conducta causante del daño serán solidariamente responsables, salvo en el caso de que se trate de la prestación de servicios de confinamiento de residuos peligrosos realizada por empresas autorizadas por la Secretaría. No existirá responsabilidad alguna, cuando el daño al ambiente tenga como causa exclusiva un caso fortuito o fuerza mayor.	En caso fortuito que durante el desarrollo del Proyecto una acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, la Promovente se hará responsables y se obliga a la reparación de los daños de acuerdo a lo establecido en el Capítulo Segundo (Obligaciones derivadas de los daños ocasionados al ambiente), así como a dar cumplimiento a lo establecido por la autoridad ambiental.

### III.3.11 Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas

La Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e históricas, publicada en su última reforma el 9 de abril del 2012 en el diario oficial de la Federación, es de interés social y nacional y sus disposiciones de orden público. En su artículo 18 segundo párrafo se describe que El Gobierno Federal, los Organismos Descentralizados y el Gobierno del Distrito Federal, cuando realicen obras, estarán obligados, con cargo a las mismas, a utilizar los servicios de antropólogos titulados, que asesoren y dirijan los rescates de arqueología bajo la dirección del Instituto Nacional de Antropología e Historia y asimismo entreguen las piezas y estudios correspondientes a este Instituto.

### III.3.12 Reglamento de la Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas

Este reglamento, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 5 de enero de 1993, en su artículo 42 se establece que: Toda obra en zona o monumento, inclusive la colocación de anuncios, avisos, carteles, templetas, instalaciones diversas o cualesquiera otras, únicamente podrá realizarse previa autorización otorgada por el Instituto correspondiente, para lo cual el interesado habrá de presentar una solicitud con los siguientes requisitos:

- I.- Nombre y domicilio del solicitante;
- II.- Nombre y domicilio del responsable de la obra;
- III.- Nombre y domicilio del propietario;
- IV.- Características, planos y especificaciones de la obra a realizarse;
- V.- Planos, descripción y fotografías del estado actual del monumento y, en el caso de ser inmueble, sus colindancias;
- VI.- Su aceptación para la realización de inspecciones por parte del Instituto competente; y
- VII.- A juicio del Instituto competente, deberá otorgar fianza que garantice a satisfacción el pago por los daños que pudiera sufrir el monumento.

Asimismo, en su artículo 44 se determina que cualquier obra que se realice en predios colindantes a un monumento arqueológico, artístico o histórico, deberá contar previamente con el permiso del Instituto competente y para tal efecto:

- I.- El solicitante deberá cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 42 de este Reglamento;
- II.- A la solicitud se acompañará dictamen de perito autorizado por el Instituto competente en el que se indicarán las obras que deberán realizarse para mantener la estabilidad y las características del monumento. Dichas obras serán costeadas en su totalidad por el propietario del predio colindante; y
- III.- El Instituto competente otorgará o denegará el permiso en un plazo no mayor de treinta días hábiles, a partir de la fecha de recepción de la solicitud.

Por lo que en cumplimiento a los artículos arriba descrito, la Promovente realizará las gestiones necesarias para obtener los permisos referidos.

### III.4 Leyes Locales y sus Reglamentos aplicables

#### III.4.1 Código para la Biodiversidad del Estado de México

El Código para la Biodiversidad del Estado de México es de observancia general en el Estado de México, publicado en junio de 2005, es de orden público e interés social y tiene por objeto regular las materias de: salud, ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población, fomento económico entre otros. A continuación se describen los artículos de este código aplicables al Proyecto y la forma en que la Promovente dará cumplimiento a los mismos.

Tabla III. 12 Artículos del Código para la Biodiversidad del Estado de México aplicables durante el desarrollo del Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
Artículo 2.125. Queda prohibido en la Entidad el tráfico de especies silvestres de flora y fauna terrestres o acuáticas, de conformidad con lo dispuesto por las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables.	Durante el desarrollo del Proyecto se implementarán medidas que prohíban el tráfico de flora y fauna silvestre en cumplimiento con este Código Estatal y las disposiciones federales en la materia.
Artículo 2.130. Para la preservación y aprovechamiento sostenible del suelo se considerarán los siguientes criterios: ... VI. La realización de las obras públicas o privadas que puedan provocar deterioro severo de los suelos deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación, rehabilitación, restauración y restablecimiento de su vocación natural; y...	Se realizarán construcciones de firmes de concreto para patios de estacionado de maquinaria (este se utilizará para el mantenimiento preventivo correctivo o de sustitución necesario) y para suministro de combustible a la maquinaria usada en la construcción.  En caso de derrames o fugas de hidrocarburos se realizarán las actividades necesarias para recuperar o rehabilitar el suelo contaminado según este Código Estatal y las disposiciones y normas de aplicación federal.
Artículo 2.140. Se prohíbe la emisión a la atmósfera de contaminantes como humos, polvos, gases, vapores y olores que rebasen los límites máximos permisibles contemplados en las normas oficiales mexicanas, normas técnicas estatales y en las disposiciones aplicables.	El control de emisiones contaminantes por los automotores, se realizará mediante la aplicación de un programa de mantenimiento que asegure el óptimo funcionamiento de los equipos y mediante la realización de la verificación vehicular de los automotores en el Distrito Federal y/o Estado de México, según aplique.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>Artículo 2.142. Para la prevención y control de la contaminación de la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>...</p> <p>II.- La emisión de contaminantes a la atmósfera sea de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles deben ser controladas y reducidas para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio de los ecosistemas.</p>	
<p>Artículo 2.147. Los propietarios de los vehículos automotores de uso privado o de servicio público deberán:</p> <p>I. Realizar el mantenimiento de las unidades y observar los límites permitidos de emisiones señalados en la normatividad aplicable;</p> <p>II. Verificar periódicamente las emisiones de contaminantes a la atmósfera de acuerdo con los programas, mecanismos y disposiciones establecidas; y</p> <p>III. Observar las medidas y restricciones que las autoridades competentes dicten para prevenir y controlar emergencias y contingencias ambientales.</p>	
<p>Artículo 2.153. Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>I. La prevención y control de la contaminación del agua es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger la integridad de los ecosistemas de la Entidad;</p> <p>II. Corresponde a toda la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos y demás depósitos y corrientes de agua incluyendo las aguas del subsuelo;</p> <p>...</p>	<p>Durante la operación, el Proyecto tiene contemplado realizar descargas de aguas residuales por lo que se solicitará y obtendrá el permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua", cumpliendo con los parámetros de descarga establecidos en dicho permiso o apegándose a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.</p> <p>Cabe señalar, que el Proyecto contará con una planta de tratamiento de aguas con capacidad de 136 lps que captará todas las aguas sanitarias, previo a su reuso, asegurando así, el cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.</p>
<p>Artículo 2.159. Todas las descargas en los cuerpos o corrientes de agua de jurisdicción estatal o en los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población deberán satisfacer las normas oficiales mexicanas las normas técnicas estatales y corresponderá a quien genere dichas descargas realizar el tratamiento requerido.</p>	<p>Asimismo, las aguas residuales generadas en los sanitarios portátiles durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto, serán transportadas y dispuestas por empresas autorizadas para que éstas sean tratadas y cumplan con los parámetros de descarga, previniendo con esto la contaminación de agua.</p>
<p>Artículo 2.164. Para la prevención y control de la contaminación del suelo se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>I. Corresponde al Estado, sus Municipios y a la sociedad prevenir y controlar la contaminación del suelo en el territorio de la Entidad;</p> <p>II. Los residuos sólidos deben ser controlados desde su origen, reduciendo, previniendo y ubicando su generación no importando que sea de fuentes industriales, municipales o domésticas; por lo que se deben incorporar técnicas y métodos para su reuso, y reciclaje, así como para su manejo, tratamiento y disposición final; y</p> <p>III. La utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas y se deberá considerar los efectos sobre la salud humana, esto con la finalidad de prevenir los daños que su uso pudiera ocasionar.</p>	<p>La Promovente implementará procedimientos para el manejo de los residuos sólidos municipales, de manejo especial y peligrosos generados durante las diferentes etapas del Proyecto, supervisado la aplicación correcta del procedimiento con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación del suelo. Asimismo, según las necesidades en cada etapa, se contará invariablemente con un almacén temporal de residuos sobre firme de concreto. Y sitios cubiertos con material impermeable para el almacenamiento de cualquier sustancia peligros. Asimismo, durante la operación del Proyecto, se tiene contemplado realizar solo la utilización de plaguicidas y en su caso fertilizantes que no causen impactos negativos al ambiente y que cumplan con los convenios internacionales.</p>
<p>Artículo 4.43. Las personas físicas o jurídicas colectivas que generen residuos sólidos urbanos y de manejo especial tienen la propiedad y responsabilidad del residuo en todo su ciclo de vida incluso durante su manejo, recolección, acopio, transporte, reciclado, tratamiento o disposición final de conformidad con lo establecido en el presente Libro y demás ordenamientos aplicables.</p> <p>Es obligación de todo generador de residuos urbanos separarlos en orgánicos e inorgánicos.</p>	<p>Los residuos sólidos urbanos generados por las actividades del Proyecto en cada una de sus etapas, serán subclasificados al menos en orgánicos e inorgánicos aunque podrán ser divididos en más subclasificaciones para su aprovechamiento y reciclaje y serán depositados en contenedores señalizados para tal fin. Asimismo, serán dispuestos en sitios autorizados.</p>
<p>Artículo 4.44. Es obligación de toda persona física o jurídica colectiva generadora de residuos sólidos urbanos o de manejo especial en el Estado:</p>	<p>Los residuos sólidos urbanos generados por las actividades del Proyecto en cada una de sus etapas, serán subclasificados al menos en orgánicos e inorgánicos aunque podrán ser divididos en más</p>

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>I. Participar en los planes y programas que establezcan las autoridades competentes para facilitar la prevención y reducción de la generación de residuos sólidos;</p> <p>II. Conservar limpias las vías públicas y áreas comunes;</p> <p>III. Barrer diariamente las banquetas y mantener limpios de residuos los frentes de sus viviendas o establecimientos industriales o mercantiles, así como los terrenos de su propiedad que no tengan construcción a efecto de evitar contaminación, infecciones y proliferación de fauna nociva;</p> <p>IV. Separar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial para su recolección conforme a las disposiciones que el presente Libro y otros ordenamientos establecen;</p> <p>V. Pagar oportunamente por el servicio de limpia y de ser el caso las multas y demás cargos impuestos por violaciones a este Libro y demás ordenamientos jurídicos aplicables;</p> <p>VI. Cumplir con las disposiciones específicas, criterios, nomas y recomendaciones técnicas aplicables en su caso;</p> <p>VII. Almacenar los residuos correspondientes con sujeción a las normas oficiales mexicanas u otros ordenamientos jurídicos del Estado a fin de evitar daños a terceros y facilitar su recolección;</p>	<p>subclasificaciones para su aprovechamiento y reciclaje. Serán depositados en contenedores señalizados para tal fin y serán dispuestos en sitios autorizados realizando los pagos correspondientes.</p> <p>Los residuos de la construcción serán seleccionados y separados desde la fuente de generación, realizando esta separación de acuerdo a la etapa de construcción. Asimismo, los residuos de la construcción serán almacenados en un área dentro del predio evitando esparcimiento de lodos, sólidos granulares y las obstrucción de vía pública y el alcantarillado. Los residuos serán dispuestos en sitios debidamente autorizados.</p>
<p>Artículo 4.45. Queda prohibido por cualquier motivo:</p> <p>I. Arrojar o abandonar en la vía pública, áreas comunes, parques, barrancas, despoblados y en general en sitios no autorizados residuos de cualquier especie;</p> <p>II. Arrojar a la vía pública o depositar en los recipientes de almacenamiento de uso público o privado animales muertos, partes de ellos y residuos que contengan sustancias tóxicas o peligrosas para la salud pública o aquellos que despidan olores desagradables;</p> <p>III. Quemar a cielo abierto o en lugares no autorizados cualquier tipo de residuos;</p> <p>IV. Arrojar o abandonar en lotes baldíos, a cielo abierto o en cuerpos de aguas superficiales o subterráneas, sistemas de drenaje, alcantarillado o en fuentes públicas residuos sólidos de cualquier especie;</p>	<p>Los residuos sólidos urbanos generados por las actividades del Proyecto en cada una de sus etapas, serán subclasificados al menos en orgánicos e inorgánicos aunque podrán ser divididos en más subclasificaciones para su aprovechamiento y reciclaje. Serán depositados en contenedores señalizados para tal fin y serán dispuestos en sitios autorizados realizando los pagos correspondientes.</p>
<p>Artículo 4.46. Los generadores de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, están obligados a:</p> <p>I. Obtener las autorizaciones de las autoridades estatales para el manejo de estos residuos y registrarse ante las autoridades correspondientes;</p> <p>II. Conforme a la Ley General establecer los planes de manejo para los residuos que generen en grandes volúmenes y someterlos a registro ante las autoridades competentes en caso de que requieran ser modificados o actualizados;</p> <p>III. Llevar una bitácora en la que registren el volumen y tipo de residuos generados anualmente y la forma de manejo a la que fueron sometidos los que se generen en grandes volúmenes, las bitácoras anuales deberán conservarse durante dos años y tenerlas disponibles para entregarlas a la Secretaría cuando ésta realice encuestas o las requiera para elaborar los inventarios de residuos; y</p> <p>IV. Ocuparse del acopio, almacenamiento, recolección, transporte, reciclaje, tratamiento o disposición final de sus residuos generados en grandes volúmenes o de manejo especial de conformidad con las disposiciones de este Libro y otros ordenamientos que resulten aplicables y entregarlos a los servicios de limpia o a proveedores de estos servicios que estén registrados ante las autoridades competentes cubriendo los costos que su manejo represente.</p>	<p>Los residuos de la construcción serán seleccionados y separados desde la fuente de generación, realizando esta separación de acuerdo a la etapa de Construcción. Asimismo, los residuos de la construcción serán almacenados en un área dentro del predio evitando esparcimiento de lodos, sólidos granulares y las obstrucción de vía pública y el alcantarillado. Los residuos serán dispuestos en sitios debidamente autorizados.</p>
<p>Artículo 4.61. Los habitantes del Estado, las empresas, establecimientos mercantiles, instituciones públicas y privadas, dependencias gubernamentales y en general todo generador de residuos urbanos y de manejo especial que sean entregados a los</p>	

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
servicios de limpia tienen la obligación de separarlos desde la fuente con el fin de facilitar su disposición ambientalmente adecuada y ponerlos a disposición de los prestadores del servicio de recolección o llevarlos a los centros de acopio de residuos susceptibles de reciclado según corresponda, de conformidad con lo que establezcan las autoridades municipales correspondientes.	

La Promovente mediante la aplicación y supervisión de medidas preventivas dará cumplimiento a lo establecido y aplicable del Código para la Biodiversidad del Estado de México. Es importante observar que este Código tiene, en prácticamente todos sus apartados, leyes y reglamentos federales de naturaleza análoga y, que en ocasiones contemplan reglas de aplicación más específicas y estrictas por lo que se estima que se podrá dar cumplimiento a lo dispuesto en el Código para la Biodiversidad del Estado de México, siguiendo y apeándose a lo señalado en la legislación de carácter federal.

#### III.4.2 Ley del Agua para el Estado de México y Municipios

La Ley del Agua para el Estado de México y Municipios, publicada el 23 de febrero de 2013, es de orden público e interés social, de aplicación y observancia general en el Estado de México, y tiene por objeto normar la explotación, uso, aprovechamiento, administración, control y suministro de las aguas de jurisdicción estatal y municipal y sus bienes inherentes, para la prestación de los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado, saneamiento, y tratamiento de aguas residuales, su reuso y la disposición final de sus productos resultantes.

Tabla III. 13 Artículos de la Ley del Agua para el Estado de México y Municipios aplicables al Proyecto.

Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>Artículo 44. El usuario tendrá las siguientes obligaciones:</p> <p>I. Usar el agua de manera racional y eficiente, conforme a las disposiciones aplicables, el contrato de prestación de servicios o el título respectivo;</p> <p>II. Contar con un aparato medidor de consumo de agua potable, en los casos que lo determine como obligatorio esta Ley y su Reglamento;</p> <p>III. Utilizar los servicios que proporciona el prestador de los servicios, bajo las condiciones previstas en la presente Ley, su Reglamento y demás normatividad aplicable;</p> <p>IV. Pagar las tarifas correspondientes a los servicios prestados, de acuerdo con la lectura del medidor de su toma domiciliaria, y a falta de éste, la tarifa fija establecida previamente;</p> <p>V. Instalar, en su caso, dispositivos de bajo consumo de agua en su infraestructura domiciliaria y darles mantenimiento para lograr un uso eficiente del agua;</p> <p>VI. Contar con instalaciones para el almacenamiento de agua como parte de su infraestructura domiciliaria;</p> <p>...</p> <p>IX. Lavar y desinfectar los depósitos de agua, conforme a la normatividad aplicable;</p> <p>X. Instalar, en su caso, un registro previo a la descarga a la red drenaje. Así como, en su caso, un medidor a la toma domiciliaria con acceso externo para su lectura y control;</p> <p>XI. Descargar el agua residual al drenaje o cuerpos receptores conforme a las disposiciones aplicables;</p> <p>...</p> <p>XIV. Dar aviso a la autoridad del agua correspondiente, de tomas y descargas clandestinas, fugas, contaminación de cuerpos de agua, y otros eventos de los que tenga conocimiento, que pudieren afectar la prestación de los servicios y/o la sustentabilidad de los recursos hídricos del Estado; y</p> <p>XV. Las demás que establezca esta Ley, su Reglamento y otras disposiciones legales aplicables.</p>	<p>Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, las aguas residuales generadas en los sanitarios portátiles, serán transportadas y dispuestas por empresas autorizadas para que éstas sean tratadas y cumplan con los parámetros de descarga, previniendo con esto la contaminación de agua.</p> <p>Durante la operación del Proyecto se tiene contemplado contar con una planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad de 136 lps y que permita dar cumplimiento con los límites permitidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.</p> <p>Las aguas tratadas serán reutilizadas en las instalaciones del aeropuerto y los excedentes de agua tratada serán descargadas al drenaje municipal o bien al Túnel Emisor Oriente que, por su ubicación se convierte en una alternativa viable y con suficiente capacidad para las descargas del NAICM. Lo anterior se realizará previo permiso de la autoridad competente.</p>
Artículo 67... Los servicios de descarga de aguas residuales	



Artículo	Vinculación con el Proyecto y actividades aplicables para el cumplimiento
<p>derivadas de usos industriales y de servicios que no tengan instalados sistemas de tratamiento previo, se regirán por los permisos respectivos y demás disposiciones aplicables.</p> <p>Artículo 80. Las personas físicas o jurídicas colectivas requieren permiso de autoridad competente para descargar aguas residuales en cuerpos receptores de jurisdicción estatal o municipal, en los términos que señale la presente Ley y su Reglamento.                      Queda prohibido:                      I. Descargar a los cuerpos de agua y sistemas de drenaje y alcantarillado, desechos sólidos o sustancias que puedan contaminar o alterar física, química o biológicamente las aguas claras de las corrientes, cauces, vasos o depósitos, o que por sus características puedan poner en peligro el funcionamiento de la infraestructura hidráulica, la seguridad de un núcleo de población o de sus habitantes;                      II. Instalar conexiones clandestinas al drenaje o alcantarillado para realizar sus descargas;                      III. Realizar alguna derivación para incumplir las obligaciones previstas en la presente Ley y su Reglamento; y                      IV. Realizar descargas de un predio a otro sin la autorización de su propietario o poseedor y del prestador de los servicios.                      Cuando se trate de descargas de aguas residuales, resultantes de actividades productivas, en cuerpos receptores distintos al drenaje o alcantarillado, el usuario deberá contar con el permiso respectivo. En todo caso, el prestador de los servicios informará sobre dichas descargas a las autoridades correspondientes para los efectos legales a que haya lugar.</p>	
<p>Artículo 86. Es obligación de los usuarios o responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado, reintegrarlas en condiciones para su aprovechamiento o, en su caso, cubrir al prestador del servicio, la tarifa por el servicio de tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>Durante la operación, el Proyecto tiene contemplado realizar descargas de aguas residuales por lo que se solicitará y obtendrá el permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua", cumpliendo con los parámetros de descarga establecidos en dicho permiso o apegándose a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.</p> <p>Cabe señalar, que el Proyecto contará con una planta de tratamiento de aguas con capacidad de 136 lps que captará todas las aguas sanitarias, previo a su reuso, asegurando así, el cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.</p> <p>Asimismo, las aguas residuales generadas en los sanitarios portátiles durante el desarrollo del Proyecto, serán transportadas y dispuestas por empresas autorizadas para que éstas sean tratadas y cumplan con los parámetros de descarga, previniendo con esto la contaminación de agua.</p>
<p>Artículo 97. El uso eficiente y racional del agua será norma de conducta de todos los habitantes del Estado de México.</p>	<p>Se implementará un procedimiento para el uso eficiente del agua, capacitando al personal que participe durante las diferentes etapas del Proyecto.</p> <p>Cabe observar que el diseño de las instalaciones contempla reducir el consumo de agua potable en un 70% con respecto a lo observado en el aeropuerto actual de la Ciudad de México. Esto se logrará utilizando fuentes de agua no potable/reciclada proporcionadas en el lugar, así como a través de medidas de conservación del agua, incluyendo los accesorios de bajo flujo.</p>

Durante las etapas del Proyecto, la Promovente, mediante la aplicación de procedimientos y supervisión de los mismos, dará cumplimiento a los artículos aplicables de la Ley del Agua para el Estado de México y Municipios, la cual es prácticamente análoga a las leyes federales en materia de agua.

### III.5 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

El Plan Nacional de Desarrollo, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013. El objetivo general del éste, es llevar a México a su máximo potencial en un sentido amplio. Además del crecimiento económico o el ingreso, factores como el desarrollo humano, la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres, la protección de los recursos naturales, la salud, educación, participación política y seguridad, forman parte integral de la visión que se tiene para alcanzar dicho potencial.

Para lograr esta condición se proponen cinco Metas Nacionales y tres Estrategias Transversales, enfocadas a resolver las barreras identificadas. De manera esquemática, la Figura 1.1 resume el objetivo del Plan Nacional de Desarrollo, las metas y estrategias para alcanzarlo.

Dentro de las cinco metas que se describen en el Plan, el Proyecto se vincula con la meta número cuatro denominada un México Próspero que promueva el crecimiento sostenido de la productividad en un clima de estabilidad económica y mediante la generación de igualdad de oportunidades. Lo anterior considerando que una infraestructura adecuada y el acceso a insumos estratégicos fomentan la competencia y permiten mayores flujos de capital y conocimiento hacia individuos y empresas con el mayor potencial para aprovecharlo.



Figura III. 2 Esquema del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

Dentro de las cinco metas que se describen en el Plan, el Proyecto se vincula con las meta número cuatro denominada un México Próspero en la que se establece promover el crecimiento sostenido de la productividad en un clima de estabilidad económica y mediante la generación de igualdad de oportunidades. Lo anterior considerando que una infraestructura adecuada y el acceso a insumos estratégicos fomentan la competencia y permiten mayores flujos de capital y conocimiento hacia individuos y empresas con el mayor potencial para aprovecharlo. Asimismo, esta meta busca proveer condiciones favorables para el desarrollo económico, a través de una regulación que permita una sana competencia entre las empresas y el diseño de una política moderna de fomento económico enfocada a generar innovación y crecimiento en sectores estratégicos. Lo anterior considerando que una infraestructura adecuada y el acceso a insumos estratégicos fomentan la competencia y permiten mayores flujos de capital y conocimiento hacia individuos y empresas con el mayor potencial para aprovecharlo.

En la consecución del objetivo de llevar a México a su máximo potencial, además de las cinco Metas Nacionales se establecen tres Estrategias Transversales en este Plan Nacional de Desarrollo: I) Democratizar la Productividad; II) Un Gobierno Cercano y Moderno; y III) Perspectiva de Género en todas las acciones de la presente Administración. Al respecto el Proyecto se puede insertar en la estrategia II en la que se describe que las políticas y acciones de gobierno inciden directamente en la calidad de vida de las personas, por lo que es imperativo contar con un gobierno eficiente, con mecanismos de evaluación que permitan

mejorar su desempeño y la calidad de los servicios, toda vez que la operación del NACM permitirá mejorar los niveles de servicio hacia los pasajeros, reducir tiempos de proceso, así como hacer más eficiente la operación en el aeropuerto, reduciendo rodamientos y cruces de pista.

Para el apartado de infraestructura de transporte y logística descrita en el Diagnóstico de la Meta IV, se plantea que una economía que quiere competir a nivel mundial, necesita contar con una infraestructura que facilite el flujo de productos, servicios y el tránsito de personas de una manera ágil, eficiente y a un bajo costo. Asimismo, una infraestructura adecuada potencia la capacidad productiva del país y abre nuevas oportunidades de desarrollo para la población. Es en este punto donde el Proyecto se inserta ya que el uso eficiente del NACM permitirá aumentar la conectividad tanto de pasajeros como de carga del País con prácticamente todo el Mundo.

Dentro del Plan de Acción de la Estrategia IV (México Prospero), se tiene como uno de los objetivos (4.9), contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica en el cual la estrategia 4.9.1., refiere modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia, estableciendo dos líneas de acción:

- ⊕ Fomentar que la construcción de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumente la competitividad derivada de una mayor interconectividad.
- ⊕ Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros. en el

Derivado de lo anterior, el Proyecto congruente con lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo permitirá que dentro del sector aeroportuario se genere un aeropuerto que mejore las interconexión bajo esquemas que garanticen su operación, se supervise el desempeño de las aerolíneas nacionales para garantizar altos estándares de seguridad, eficiencia y calidad en sus servicios; se promoverá la certificación de aeropuertos con base en estándares internacionales, así como la capacitación de pilotos y controladores aéreos. Lo cual permitirá que la economía de México compita a nivel mundial, debido a que facilitará el flujo de productos, servicios y el tránsito de personas de una manera ágil y eficiente y a un bajo costo, mediante infraestructura aeroportuaria adecuada en el centro del país. Además aprovechar el potencial turístico de México para generar una mayor derrama económica en el país.

### **III.6 Programas de Ordenamiento Ecológico**

#### **III.6.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**

En el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2012, se establece la base para la regionalización ecológica del país, comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. La interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades. El POEGT está formado por regiones ecológicas que se integran por un conjunto de Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental.

El Proyecto se ubica en la Unidad Ambiental Biofísica número 121 que la compone la Depresión de México, localizada en los estados de México y Morelos, alrededor del Distrito Federal, la cual se encuentra dentro de la Región 14.16; en dicha Unidad se establece una política ambiental de aprovechamiento sustentable, protección, restauración y preservación; Asimismo, la unidad ambiental donde se ubica el Proyecto tiene una prioridad de atención media.



Figura III. 3 Unidad Ambiental Biofísica número 121 en la cual se ubica el Proyecto.

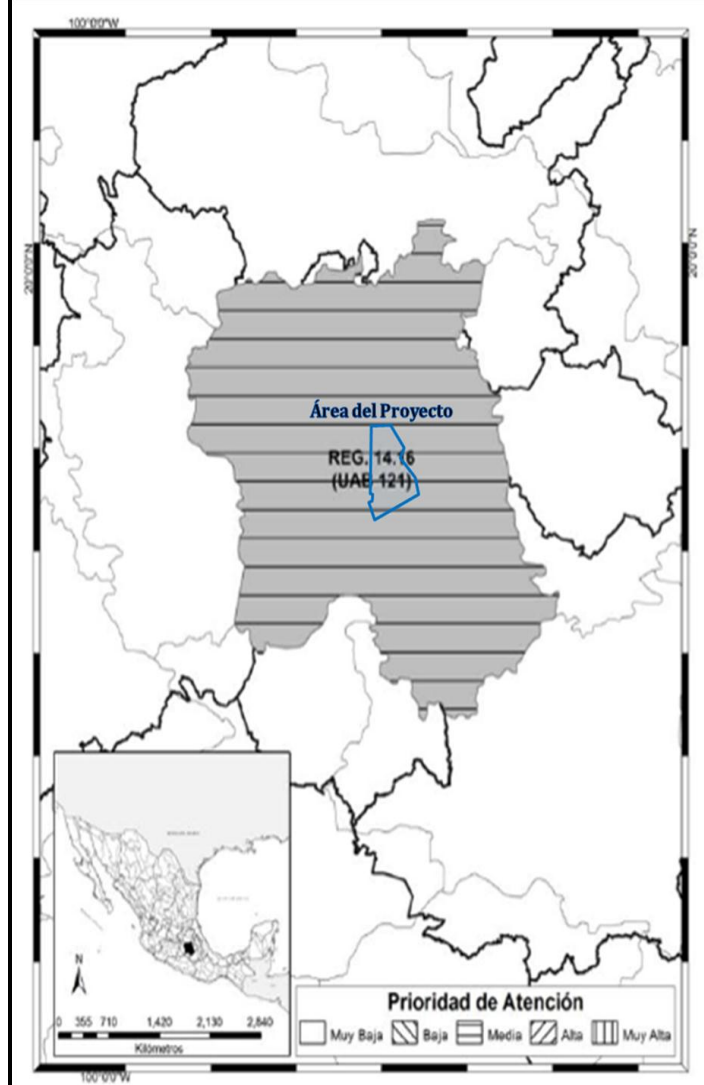


Figura III. 4 Unidad Ambiental Biofísica número 121 en la cual se ubica el Proyecto.

En las tablas siguientes, se presentan las características de la Unidad Ambiental Biofísica número 121 en la cual se ubica el Proyecto; así como, la vinculación que tiene el mismo con cada una de las políticas ambientales y las estrategias establecidas en dicha Unidad.

Tabla III. 14 Características de la Unidad Ambiental Biofísica número 121.

UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Estrategias sectoriales
121	Desarrollo Social-Turismo	Forestal- Industria- Preservación de Flora y Fauna.	Agricultura- Ganadería- Minería	CFE-SCT	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 y 44.

Tabla III. 15 Políticas y estrategias de la Unidad Ambiental Biofísica número 121.

Política Ambiental	Estrategia	Vinculación con el Proyecto
<b>Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio</b>		
A) Preservación	1. Conservación <i>in situ</i> de los ecosistemas y su biodiversidad. 2. Recuperación de especies en riesgo. 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Durante todas las etapas del Proyecto se aplicará un Programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat y un Programa de rescate de fauna, los cuales incluirán actividades de rescate y reubicación de especies, con el objetivo de conservar la biodiversidad.
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.	El Proyecto no implica aprovechamiento de recursos naturales ni realizará actividades agrícolas, por lo que estas estrategias no son aplicables.
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados. 12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	El Proyecto contempla la aplicación de medidas de sustentabilidad durante todas las etapas del Proyecto y no se considera que vaya a propiciar un desequilibrio en el ecosistema ni sobreexplotación de cuencas y/o acuíferos. Por otro lado, no se utilizará ningún tipo de agroquímicos
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	El Proyecto no implica aprovechamiento de recursos naturales ni se realizara actividades agrícolas, por lo que esta estrategia no es aplicable.

Política Ambiental	Estrategia	Vinculación con el Proyecto
<b>Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio</b>		
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. 15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable. 16. Promover la reconversión de industrias básicas (textil-vestido, cuero-calzado, juguetes, entre otros), a fin de que se posicionen en los mercados doméstico e internacional. 17. Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras).	Toda vez que el Proyecto no implica aprovechamiento de recursos naturales no renovables ni de actividades mineras, actividades de reconversión industrial ni de manufactura, esta estrategia no le aplica; sin embargo, durante todas las etapas del Proyecto se aplicaran medidas de preventivas y de mitigación que permitan dar cumplimiento al marco normativo en materia ambiental aplicable y vigente de la zona de estudio, tal como se describe en el capítulo VI de la presente manifestación.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	19. Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. 20. Mitigar el incremento en las emisiones de Gases Efecto Invernadero y reducir los efectos del Cambio Climático, promoviendo las tecnologías limpias de generación eléctrica y facilitando el desarrollo del mercado de bioenergéticos bajo condiciones competitivas, protegiendo la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental. 21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. 22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. 23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) –beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	El Proyecto tiene contemplada la inclusión de fuentes energéticas renovables y limpias, incluyendo la instalación de paneles solares para la generación de al menos 10 MW de energía.  El diseño que se ha planteado deberá ahorrar un 50% de la emisión de GEI con respecto al actual aeropuerto internacional de la Ciudad de México.  Al tratarse de un aeropuerto, el Proyecto generará por sí mismo el paso de turismo nacional e internacional. Por tratarse de turistas que arriban por vía aérea, el gasto promedio deberá incrementar vs el gasto promedio de los turistas actuales en la UAB.  Por lo anterior, el Proyecto cumple y es compatible con las políticas de sustentabilidad de la UAB.
<b>Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana</b>		
A) Suelo urbano y vivienda	24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	El Proyecto no contempla la construcción de vivienda por lo que esta estrategia no le aplica.
B) Zonas de riesgo y prevención de contingencias	25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil. 26. Promover la reducción de la vulnerabilidad física.	Durante el desarrollo del Proyecto se aplicarán y se supervisarán las actividades dirigidas a la protección de los trabajadores y a la sociedad civil aledaña al área del Proyecto.
C) Agua y saneamiento	27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región. 28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	A pesar de que el Proyecto contempla un manejo del agua adecuado con drenaje pluvial y de agua residual separados y tratamiento de aguas, así como estrategias de reuso y reciclamiento, estos criterios son más aplicables a la gestión del agua por parte de las autoridades del sector y a los proveedores de infraestructura por lo que no son directamente vinculantes al Proyecto.

Política Ambiental	Estrategia	Vinculación con el Proyecto
<b>Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio</b>		
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	30. Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región. 31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. 32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.	El Proyecto generará una importante derrama económica durante todas las etapas del mismo y hará que la zona metropolitana de la Ciudad de México permanezca como una ciudad dinámica y pueda recibir un mayor flujo de personas, negocios y mercancías.
E) Desarrollo social	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos. 36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. 38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. 39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. 40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación. 41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	No se considera que estos criterios y políticas de desarrollo social sean vinculantes al Proyecto.
<b>Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional</b>		
A) Marco Jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	Toda la propiedad de la tierra en el área de desarrollo del Proyecto es de carácter federal por lo que los derechos de la propiedad rural están asegurados.
B) Planeación del ordenamiento territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar Proyectos productivos. 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	Los resultados del Proyecto permitirán dar fundamentos técnicos para impulsar y, en su caso, redefinir el ordenamiento territorial municipal y del Estado.

Derivado de lo descrito en las políticas aplicables, se observa que el Proyecto es acorde con la misma y se dará cumplimiento a cada una de ellas mediante la aplicación de medidas preventivas y de mitigación.

### III.6.2 Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México

El Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México, publicado en el año 1999 y actualizado el 19 de diciembre de 2006, es un instrumento de política ambiental que tiene como objetivo inducir los usos de suelo y las actividades productivas con la finalidad de lograr protección al ambiente, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, como soporte y guía a la regulación del uso de suelo. En este sentido, el Ordenamiento Ecológico Estatal se orienta al fomento del crecimiento y social de los recursos de la región, a elevar el nivel de vida de sus habitantes y al aprovechamiento de los recursos naturales.

Los criterios empleados para la determinación de las políticas ambientales aplicables en el territorio estatal incluyen: tipo de suelo (textura, profundidad), pendiente, precipitación anual, cobertura vegetal, procesos erosivos y usos de suelo actual y potencias. De tal forma que el ordenamiento establece cuatro Políticas Ecológicas descritas a continuación:

- ⊕ **Política de protección.** Política ambiental que promueve la permanencia de ecosistema nativos que debido a sus atributos de biodiversidad, extensión o particularidad en la unidad ambiental hacen imprescindible su preservación y cuidado extremo, con el objeto de salvaguardar su diversidad. Estas áreas son susceptibles de incorporarse al sistema de áreas naturales protegidas en el ámbito municipal, estatal o federal. En estos casos, las actividades productivas sólo podrán desarrollarse mediante programa de conservación y manejo en atención a los intereses de la comunidad. El 26.55% de la superficie estatal presenta política de protección, donde el criterio más importante es la biodiversidad.
- ⊕ **Política de conservación.** Cuando las condiciones de la unidad ambiental se mantienen en equilibrio, la estrategia de desarrollo sustentable será condicionada a la preservación, mantenimiento y mejoramiento de su función ecológica relevante, que garantice la permanencia, continuidad, reproducción y mantenimiento de los recursos. En tal situación, se permitirán actividades productivas de acuerdo a la factibilidad ambiental con restricciones moderadas que aseguren su preservación sin promover el cambio de uso de suelo.

Cabe mencionar que el 27 de mayo de 2009, se publica el acuerdo del Ejecutivo del Estado en cuyo artículo Único, se instaure que la Política de Conservación establecida en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México del 2006, queda en los siguientes términos: En aquellas regiones en las cuales los ecosistemas se encuentren significativamente alterados por el cambio de uso de suelo derivado de actividades humanas o factores naturales, se permitirá, con restricciones, la instalación de infraestructura agrícola, pecuaria, hidroagrológica, abastecimiento urbano o turística que garantice el beneficio ambiental y social de la región, previo cumplimiento del procedimiento de evaluación ambiental.

- ⊕ **Política de restauración.** Cuando las alteraciones al equilibrio ecológico en una unidad ambiental son muy severas, se hace necesaria la ejecución de acciones tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. Mediante esta política se promueve la aplicación de programas y actividades, encaminadas a la recuperación de los ecosistemas, promoviendo o no el cambio de uso del suelo. En estos casos se permitirán actividades productivas de acuerdo a la factibilidad ambiental con restricciones moderadas.
- ⊕ **Política de aprovechamiento.** Cuando la unidad ambiental presenta condiciones aptas para el desarrollo sustentable de actividades productivas eficientes y socialmente útiles, dichas actividades contemplarán recomendaciones puntuales y restricciones leves, tratando de mantener la función y la capacidad de carga de los ecosistemas y promoviendo la permanencia o cambio del uso de suelo actual.

El Proyecto se inserta en la Región XI del Estado de México, directamente sobre los municipios de Atenco y Texcoco, tal como se observa en la siguiente Figura:



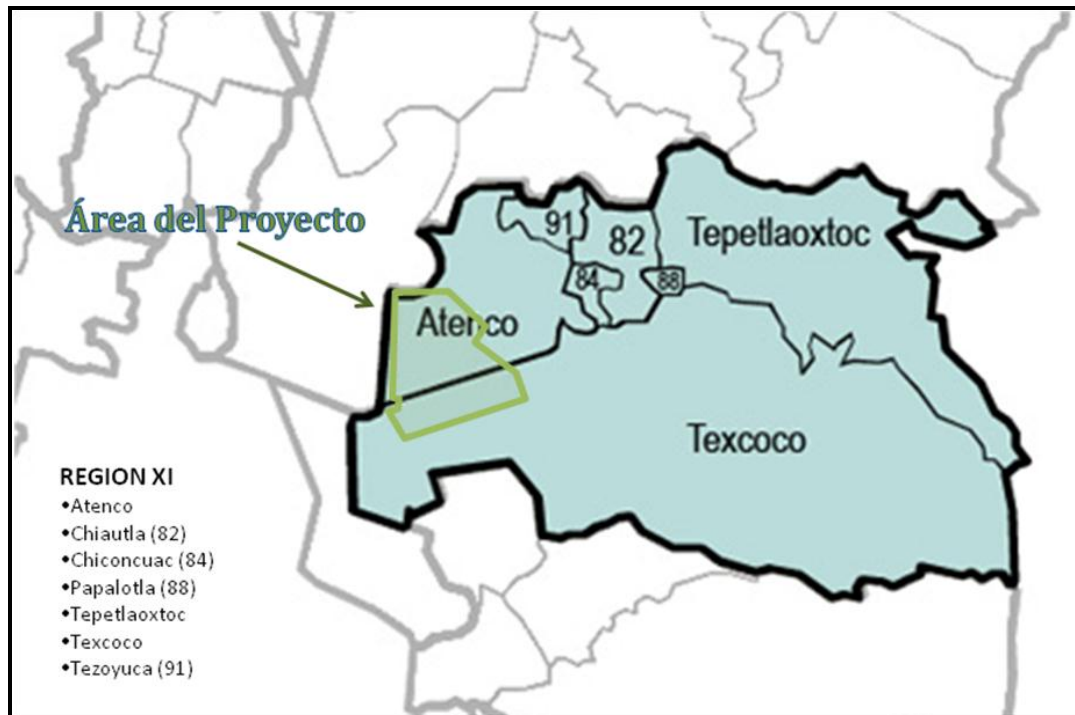


Figura III. 5 Ubicación del Proyecto dentro de la en la Región XI del Estado de México.

No obstante que en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México se establece que en la zona federal que nos ocupa no se podrá llevar a cabo la construcción en zonas de inundación, vale la pena mencionar que jerárquicamente hablando y desde la óptica jurídica, dicho Ordenamiento Ecológico no puede ir en contra del Decreto Presidencial de fecha 30 de abril de 1931 y los límites definidos el 10 de junio de 1971 declarando esta zona como zona federal.

Lo anterior, implicaría una extralimitación en el uso de las atribuciones del Estado de México al querer establecer un uso de suelo en un área o zona federal, lo cual en el caso que nos ocupa le compete únicamente al Ejecutivo Federal. Igualmente, por tratarse de bienes nacionales, es la Federación la que tiene la competencia exclusiva para regular su uso y aprovechamiento.

Así pues, atendiendo a los criterios de jerarquía anteriores, el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México podría no resultar vinculante con el Proyecto, sin embargo, como se verá a continuación, el mismo cumple con los criterios regulatorios postulados en dicho programa.

La poligonal del Proyecto se ubica sobre las unidades ecológicas: 13.4.1.075.090 del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México la cual pertenece al sistema de llanuras lacustres y eólicas. De carácter denudativo (tolvaneras susceptible de inundación), en la Unidad Territorial con clave Ag-1-90; en la unidad ecológica 13.4.1.078 la cual pertenece al sistema de llanuras lacustres y eólicas y de origen lacustre con desarrollo acumulativo de ambiente palustre, dentro de la unidad territorial con clave Ag-1-200; en la cual el uso de suelo predominante es agrícola y que presenta una fragilidad mínima. Asimismo, el polígono del Proyecto colinda con la unidad ecológica 13.4.1.078.176 misma que presenta uso de suelo pecuario (pastizal) y con una fragilidad baja dentro de la Unidad Territorial P-2-176.

Tabla III. 16 Unidades Ecológicas de acuerdo a la *Actualización del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México* (publicado en el periódico oficial del Estado Libre y Soberano de México, el 19 de diciembre de 2006 y actualmente vigente) sobre las cuales se ubica el Proyecto.

Municipio	Unidad ecológica	Clave de la unidad	Uso predominante	Fragilidad ambiental	Política ambiental	Criterios de regulación ecológica
Ecatepec y Atenco	13.4.1.078.176	P-2-176	Pecuario (Pastizal)	Baja	Restauración	132-143,170-178, 187, 196, 200-204.
Ecatepec, Atenco y Texcoco	13.4.1.075.090	Ag-1-90	Agricultura	Mínima	Aprovechamiento	1 – 28.

Municipio	Unidad ecológica	Clave de la unidad	Uso predominante	Fragilidad ambiental	Política ambiental	Criterios de regulación ecológica
Atenco y Texcoco	13.4.1.078.200	Ag-1-200	Agricultura	Mínima	Aprovechamiento	109-131, 170-173, 187, 189, 190 y 196.

Como se puede observar en la tabla anterior, dos de las tres unidades en las cuales se ubica el Proyecto, presentan una política ambiental de aprovechamiento, lo cual indica que dichas unidades presenta condiciones aptas para el desarrollo sustentable de actividades productivas eficientes y socialmente útiles, dichas actividades contemplarán recomendaciones puntuales y restricciones leves, tratando de mantener la función y la capacidad de carga de los ecosistemas y promoviendo la permanencia o cambio del uso de suelo actual. En los siguientes apartados, como se dará cumplimiento a los criterios de regulación ecológica de dichas unidades. Asimismo, para la unidad P-2-176 cuya política ambiental es restauración se describen las actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de área afectada.

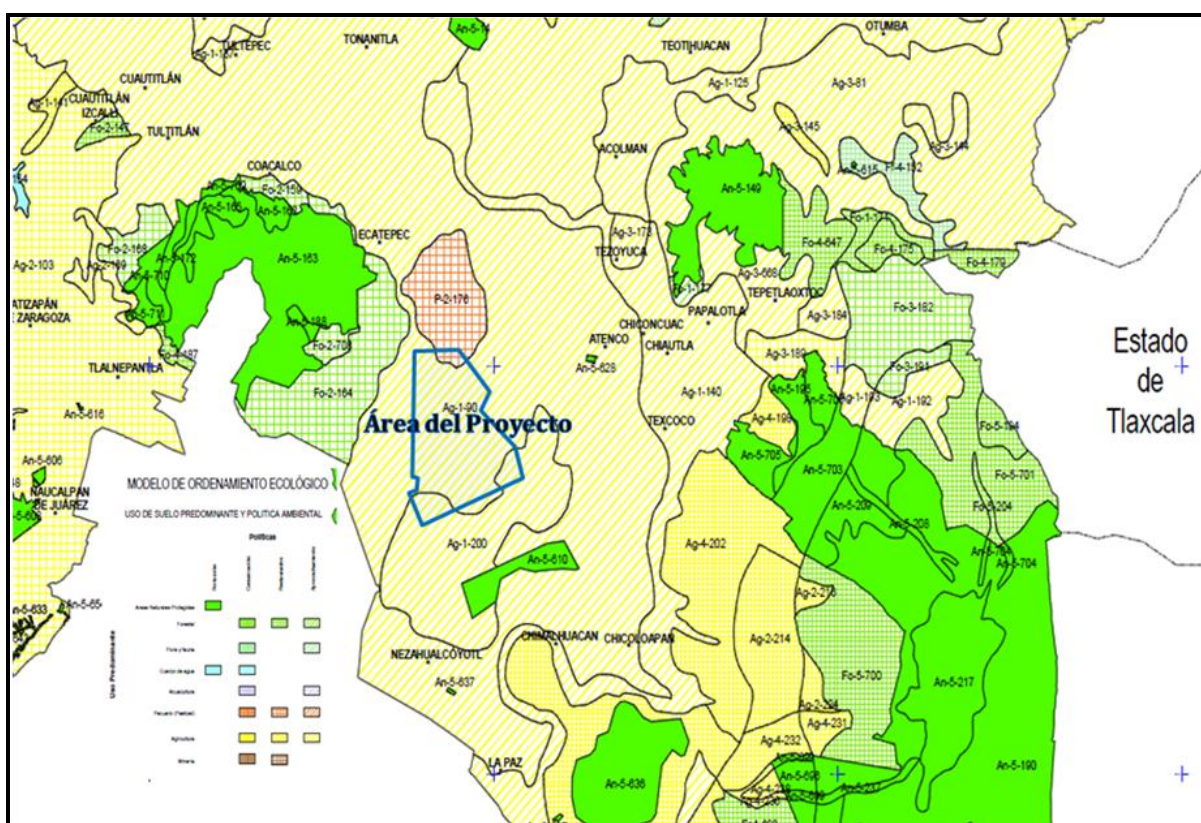


Figura III. 6 Ubicación del Proyecto dentro de las Unidades Territoriales de acuerdo a la Actualización del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (publicado el 19 de diciembre de 2006) sobre las que tiene influencia.

Cabe destacar que el Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México, plantea 205 criterios de regulación, los cuales son recomendables para ser consideradas en los siguientes ámbitos: desarrollo urbano, desarrollo rural, actividades mineras de competencia estatal y manejo de áreas naturales protegidas. En las siguientes tablas se describen los criterios de regulación establecidos para las unidades en las que intervienen el Proyecto y la vinculación que tiene cada una con el mismo.

- ⊕ La Unidad ecológica 13.4.1.078.176 presenta uso de suelo pecuario (pastizal) y una fragilidad baja, dentro de la cual se ubica la Unidad Territorial **P-2-176**, en la tabla siguiente se describen los criterios de regulación y la forma en que los mismos serán cumplidos, conforme a las obras y actividades que la Promovente proponen realizar.

Tabla III. 17 Criterios de regulación de las unidades ecológicas P-2-176 del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México aplicables a la zona donde se ubica el Proyecto.

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
132. El cambio autorizado de uso de suelo de agrícola a pecuario se realizará a través de la creación de praderas cultivadas.	El Proyecto no implica actividades agrícolas o ganaderas por lo que estos criterios de regulación ecológica por lo que no aplican al mismo.
133. El cambio autorizado de uso de suelo ocupado por vegetación nativa, a pecuario, se realizará a través de la creación de praderas cultivadas, orientadas a la ganadería semi- intensiva.	
134. No se permite el pastoreo en áreas de corte forestal que se encuentren en regeneración.	
135. No se permite pastoreo extensivo en áreas con pendientes mayores al 30%.	
136. Se permite la ganadería controlada en bosque de pino - encino con un coeficiente de agostadero de 6.24 ha/unidad animal/año.	
137. Se permite la ganadería controlada en las zonas con pendientes entre 15 y 30%.	
138. No se deberá construir establos y corrales dentro de la cabecera municipal.	
139. La ganadería extensiva se limitará a la capacidad de agostadero de la zona propuesta, promoviendo la estabulación del ganado.	
140. El aprovechamiento del área para la ganadería deberá restringirse a la extensiva doméstica, siempre y cuando el número de cabezas no exceda el coeficiente de agostadero. Asimismo se recomienda poblar las zonas desnudas con zacates y arbustos.	
141. Todos los establos, ranchos y granjas deberán darle un tratamiento primario a sus aguas residuales antes de verterlas y manejar adecuadamente sus residuos sólidos.	
142. Los residuos de la ganadería estabulada deberán ser tratados para la elaboración de composta.	
143. En las zonas de uso agrícola y pecuario de transición a forestal se impulsarán las prácticas de reforestación con especies nativas y asociadas a frutales.	El Proyecto no incide en zonas de uso agrícola y pecuario de transición, por lo que este criterio no aplica.
170. Los jardines botánicos, viveros y unidades de producción de fauna podrán incorporar actividades de ecoturismo.	El Proyecto no implica jardines botánicos, viveros ni unidades de producción de fauna, por lo que este criterio no aplica al mismo.
171. Promover la instalación de viveros municipales de especies regionales de importancia.	El Proyecto no implica viveros municipales, por lo que este criterio no aplica al mismo.
172. Se podrá establecer viveros o invernaderos para producción de plantas para fines comerciales, a los cuales se les requerirá una evaluación en materia de impacto ambiental.	El Proyecto no contempla la instalación de viveros con fines comerciales, por lo que este criterio no aplica al mismo.
173. Se deberá crear viveros en los que se propaguen las especies sujetas al aprovechamiento forestal y las propias de la región.	Como una medida de compensación, el Proyecto contempla la revegetación con especies sujetas propias de la región.
174. Se prohíbe la extracción, captura y comercialización de las especies de fauna incluidas en la NOM-059-ECOL-94 y, en caso de aprovechamiento, deberá contar con la autorización y/o Programa de Conservación y Manejo correspondiente.	Durante las etapas del Proyecto se supervisará que no se realicen actividades extracción, captura y comercialización de ninguna especie de fauna; asimismo, se ejecutará un programa de rescate de fauna poniendo singular importancia para las especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
175. Se deberá sujetar la opinión de la CEPANAF y/o SEMARNAT para acciones de vedas, aprovechamiento, posesión, comercialización, colecta, importación, redoblamiento y propagación de flora y fauna silvestre en el Territorio del Estado de México.	Como acciones de mitigación y compensación de impactos ambientales, se implementan, programas para el rescate de flora y fauna, dichos programas estarán sujetos a la aprobación de SEMARNAT.
176. Los proyectos extensivos para engorda deberán comprar sus crías a las unidades existentes que cuenten con la garantía de sanidad.	El Proyecto no implica actividades de ganadería, por lo que este criterio no aplica.
177. Las unidades que actualmente sean de ciclo completo (incubación y engorda) deberán comercializar las crías preferentemente en las unidades localizadas dentro de la localidad.	El Proyecto no implica actividades para ninguna unidad de manejo, por lo que este criterio no aplica.

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
<p>178. Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la comunidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio estatal, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial.</p>	<p>El Proyecto no implica actividades de manipulación genética de especies silvestres; sin embargo, para asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, la Promovente ejecutará un programa de reforestación en el que se contemplan preservar las especies de flora y fauna sujetas a protección especial.</p>
<p>187. En desarrollos turísticos, la construcción de caminos deberá realizarse utilizando al menos el 50% de materiales que permitan la infiltración del agua pluvial al subsuelo, asimismo, los caminos deberán ser estables, consolidados y con drenes adecuados a la dinámica hidráulica natural.</p>	<p>El Proyecto no implica desarrollos turísticos, por lo que este criterio no aplica.</p>
<p>196. Desarrollo de sistemas de captación de agua de lluvia en el sitio.</p>	<p>El Proyecto tiene contemplado instalas un sistema de drenaje de aguas pluviales diseñado para recolectar la escorrentía de las zonas desarrolladas, con zonas pavimentadas diseñadas para verter el agua de la superficie y en los sistemas de recolección del sistema de alcantarillado pluvial.</p> <p>El escurrimiento del agua pluvial de los hangares, edificios y áreas pavimentadas será conducido al sistema de drenaje, que finalmente lo verterá a la serie de cuencas de regulación de CONAGUA al sur del Proyecto.</p> <p>Las áreas pavimentadas en el estacionamiento de aeronaves y las vías de acceso externas serán drenadas mediante una serie de entradas, diseñadas para recolectar y descargar el pico mínimo 1 en tasas de flujo de 10 años sin sobrecargarse. Todas las entradas y drenajes de zanja serán clasificados en F900 (o equivalente) para cargamentos pesados de aeronave.</p> <p>La zona de operaciones descargará sus aguas pluviales en el sistema de recolección de agua de pluvial del sitio, se considerarán las oportunidades para recolectar localmente y retener o infiltrarlas descargas de agua pluvial para reducir los volúmenes que fluyen a la línea de conducción del sistema.</p> <p>La torre de control de tráfico aéreo tendrá un sistema de drenaje de aguas pluviales primario. El sistema primario recolectará el agua de lluvia por medio de un sistema de alcantarillado y drenajes del techo convencional. El agua de lluvia primaria será descargada por gravedad a través de un iniciador interno de conexión en el sistema de drenaje.</p> <p>Las vías de acceso externas tendrán una red proporcionará la oportunidad de manejar responsablemente la escorrentía de aguas pluviales, tanto del recinto aeroportuario como del desarrollo de Aerotrópolis. La reserva de tierras propuesta de calzada arbolada (alrededor de 600 m de ancho) debajo de los trayectos de vuelo se convertirá en zonas de esparcimiento público y también se utilizará para direccionarlas descargas de aguas pluviales del sitio por medio de una combinación de tajeas y biozanjas hacia el programa de expansión de cuenca hidrológica para el sur planeada por CONAGUA.</p> <p>Las biozanjas son canales para filtrar, transportar y recolectar agua pluvial de las superficies pavimentadas. La escorrentía será transmitida al sistema primario del sistema de manejo de agua pluvial al noroeste de la zona del Proyecto.</p>
<p>200. Queda limitado el aprovechamiento del agua del subsuelo en zonas de veda.</p>	<p>La Promovente tramitará ante las autoridades correspondientes cualesquiera derechos necesarios para la obtención de agua, coordinándose de manera directa con CONAGUA y/o en los municipios. Los puntos de conexión a la red de distribución de agua potable externos se coordinarán con la CONAGUA o se reusará un porcentaje.</p>

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
201. Se establecerá una franja de amortiguamiento en las riveras de los ríos. Esta área tendrá una amplitud mínima de 20 metros y será ocupada por vegetación arbórea.	El Proyecto no se encuentra en una vecindad de ríos.  Durante las etapas del Proyecto, se aplicarán procedimientos de manejo de residuos sólidos urbanos en donde se establece que no permitirán la disposición de los mismos en sitio que no estén debidamente autorizados; tal y como se describe en los capítulos II y VI.
202. No deberán ubicarse los tiraderos para la disposición de desechos sólidos en barrancas próximas a escurrimientos pluviales, ríos y arroyos.	
203. Se prohíbe la disposición de residuos sólidos y líquidos fuera de los sitios destinados para tal efecto.	
204. Se permite la disposición adecuada de residuos sólidos y líquidos, mediante el manejo previsto en el manifiesto de impacto ambiental y cumpliendo con la NOM-083-SEMARNAT-2003 o demás normatividad aplicable.	

- ⊕ La Unidad ecológica 13.4.1.075.090 pertenece al sistema de llanuras lacustres y eólicas, es de carácter denudativo (tolvaneras susceptible de inundación) y en la cual se inserta la Unidad Territorial con clave Ag-1-90 Ag-1-090 en la que se establece una política de aprovechamiento; en la tabla siguiente se describen los criterios de regulación y la forma en que los mismos serán cumplidos, conforme a las obras y actividades que la Promovente proponen realizar.

Tabla III. 18 Criterios de regulación de la unidad ecológica Ag-1-090 del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México aplicables a la zona donde se ubica el Proyecto.

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
1. Consolidación urbana de los centros de población existentes, respetando su contexto ambiental de acuerdo con lo dispuesto en la normatividad.	El Proyecto no se ubica en ningún centro de población, por lo que este criterio de regulación ecológica no le aplica.
2. Promover la construcción prioritariamente de terrenos baldíos dentro de la mancha urbana.	El Proyecto no implica actividades de construcción en terrenos baldíos dentro de la mancha urbana, por lo que este criterio de regulación ecológica no le aplica.
3. Evitar el desarrollo de asentamientos humanos en las áreas naturales protegidas.	El Proyecto no generará desarrollo de asentamientos humanos en las áreas naturales protegidas, por lo que se dará cumplimiento a este criterio
4. Promover la restauración ecológica y reverdecimiento de los asentamientos humanos, hasta alcanzar el 12% mínimo de área verde, del total de un predio.	El Proyecto no es propiamente de desarrollo de asentamientos humanos; sin embargo, por la naturaleza éste, se contemplan áreas o zonas de amortiguamiento que exceden al 12% del predio.
5. Garantizar la conservación de áreas que, de acuerdo a sus características ambientales (flora, fauna, especies con estatus con valor histórico o cultura, entre otros), lo ameriten.	Durante el desarrollo de Proyecto, con el fin de garantizar la conservación de flora y fauna del área de influencia, solo se desmontará la vegetación existente en los sitios de construcción; asimismo, quedará prohibido el uso de herbicidas y/o productos químicos en las actividades de despalle y el material vegetal reunido en los trabajos no será por ningún motivo incinerado. Además, unos días antes de que inicie la obra, se desarrollarán actividades o acciones de ahuyentado de fauna silvestre. Asimismo, se aplicará un programa de reubicación de flora y fauna durante el desarrollo del Proyecto y las medidas de mitigación y compensación descritas en el capítulo VII.
6. Conservar las áreas verdes como zona de recarga y pulmón de la zona urbana, con énfasis en áreas de preservación.	El sitio del Proyecto no es una zona de recarga y por las características de la flora presente en el mismo no puede ser catalogado como un "pulmón" de la zona urbana.
7. Toda nueva construcción deberá incluir en su diseño lineamientos de acuerdo al entorno natural.	Con el objeto de poder disminuir los impactos que provocan el detrimento de los elementos naturales del paisaje, se implementará un programa integral de manejo de residuos, con el objeto de proporcionar el manejo adecuado y mantener limpios el área del Proyecto de cualquier tipo de residuo, esto incluye acopiar y disponer adecuadamente la vegetación que sea retirada dentro de la zona de afectación. Adicionalmente se evitará afectaciones de áreas adicionales fuera de la zona del Proyecto.  Por otro lado, el diseño del Proyecto cumple con los requisitos de sustentabilidad requeridos para alcanzar las certificaciones LEED

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
	Platino, Oro y/o Plata en las diferentes instalaciones.
<p>8. No se permitirá la construcción en lugares con alta incidencia de peligros naturales como zonas de cárcavas, barrancas, suelos con niveles superficiales de mantos freáticos, fracturas, fallas, taludes, suelos arenosos, zonas de inundación, deslave, socavones, minas, almacenamiento de combustible, líneas de alta tensión o riesgo volcánico, así como infraestructura que represente un riesgo a la población, a menos que se cuente con un proyecto técnico que garantice la seguridad de las construcciones.</p>	<p>Para los estacionamientos techados, el agua pluvial se captará y se conducirá al drenaje pluvial del aeropuerto y pasará a las lagunas de regulación que actualmente construye CONAGUA al sur del Proyecto o bien se reciclará un porcentaje.</p> <p>Por otro lado, existirán estacionamientos techados o en superficie para autobuses, taxis y autos de alquiler cuyas estructuras también se pegarán a los criterios correspondientes.</p> <p>De igual forma, el escurrimiento del agua pluvial de los hangares, edificios y áreas pavimentadas será conducido al sistema de drenaje pluvial del NAICM.</p> <p>Las áreas pavimentadas en el estacionamiento de aeronaves y las vías de acceso externas serán drenadas mediante una serie de entradas, diseñadas para recolectar y descargar el pico mínimo 1 en tasas de flujo de 10 años sin sobrecargarse. Todas las entradas y drenajes de zanja serán clasificados en F900 (o equivalente) para cargamentos pesados de aeronave.</p> <p>La zona de operaciones descargará sus aguas pluviales en el sistema de recolección de agua de pluvial del sitio, se considerarán las oportunidades para recolectar localmente y retener o infiltrarlas descargas de agua pluvial para reducir los volúmenes que fluyen a la línea de conducción del sistema.</p> <p>La torre de control de tráfico aéreo tendrá un sistema de drenaje de aguas pluviales primario. El sistema primario recolectará el agua de lluvia por medio de un sistema de alcantarillado y drenajes del techo convencional. El agua de lluvia primaria será descargada por gravedad a través de un iniciador interno de conexión en el sistema de drenaje.</p> <p>Cabe observar que por la espesa capa de arcilla de aproximadamente 60 m en el subsuelo del sitio del Proyecto, la infiltración natural hacia el manto acuífero es ya de por sí, casi nula.</p>
<p>9. Los municipios, por conducto del estado, podrán celebrar convenios con la federación o con otras entidades, en materia de protección al ambiente, preservación y restauración del equilibrio ecológico.</p>	<p>Toda vez que el Proyecto no lo realiza algún municipio, este criterio de regulación ecológica no le aplica.</p>
<p>10. Los municipios, por conducto del estado, podrán convenir con la Comisión Nacional del Agua (CNA) la administración de las barrancas urbanas, con objeto de mantener el espacio verde y zonas de infiltración.</p>	
<p>11. Prohibir todo tipo de obras y actividades en derechos de vía, zonas federales, estatales y dentro o alrededor de zonas arqueológicas cuando no se cuente con la aprobación expresa de la dependencias responsables.</p>	<p>En la zona del Proyecto se encontraron algunos vestigios arqueológicos (no decretados o catalogados) de acuerdo a los primeros estudios de prospección arqueológica realizados por la Promovente para solicitar el visto bueno al INAH para efectuar el Proyecto. La Promovente continuará realizando las gestiones necesarias para obtener la aprobación obtener el visto bueno definitivo del INAH. Por tratarse de un punto que antiguamente fue un lago, no se espera que en el sitio del Proyecto se encuentren monumentos o construcciones de importancia.</p>
<p>12. Que toda autorización para el desarrollo urbano e infraestructura en el estado, esté condicionada a que se garantice el suministro de agua potable y las instalaciones para el tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>El Proyecto gestionará el abastecimiento de agua en coordinación con la Comisión Nacional del Agua. Asimismo, se plantean diferentes grados de eficiencia y reuso del agua dentro de las instalaciones las cuales deberán ahorrar hasta un 70% del volumen por pasajero</p>

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
	actualmente utilizado en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México que será sustituido por este Proyecto.
13. Aplicación de diseño bioclimático (orientación solar, ventilación natural, y uso de materiales de la región) en el desarrollo urbano, particularmente en espacios escolares y edificaciones públicas.	El Proyecto contempla diversos elementos de diseño en las instalaciones para aprovechar de manera eficiente la luz solar y la ventilación natural. En todos los casos se procurará utilizar materiales de la región; esto no solo por cuestiones ambientales sino por economía.
14. Definir los sitios para centros de transferencia y/o de acopio para el manejo de residuos sólidos domiciliarios.	El Proyecto no implica definir de sitios para centros de transferencia y/o de acopio para el manejo de residuos sólidos domiciliarios; sin embargo, los residuos sólidos generados durante las diferentes etapas del Proyecto, serán clasificados y dispuestos en sitios autorizados.
15. Incorporar en los desarrollos habitacionales, mayores de 10 viviendas, sistemas de captación de agua pluvial (de lluvia), mediante pozos de Normatividad.	El Proyecto no implica desarrollos habitacionales por lo que este criterio no es vinculante.
16. Se deberán desarrollar sistemas para la separación de aguas residuales y pluviales, así como el manejo, reciclado y tratamiento de residuos sólidos.	El Proyecto tiene fue diseñado, contemplando la separación de drenajes (aguas residuales de servicios y agua pluvial) y la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, Asimismo, se implementará un plan integral de manejo de residuos. Por otro lado, el Proyecto contempla sistemas de drenajes pluviales y de aguas residuales separados.
17. Promover proyectos ecológicos de asentamientos populares productivos, con áreas verdes y espacios comunitarios.	El Proyecto no implica actividades para proyectos ecológicos de asentamientos populares, por lo que este criterio no es vinculante.
18. En los estacionamientos al aire libre de centros comerciales y de cualquier otro servicio o equipamiento, se utilizarán materiales permeables (adocreto, adopasto, adoquín, empedrado, entre otros); se evitará el asfalto, cemento y demás materiales impermeables y se dejarán espacios para áreas verdes, sembrando árboles en el perímetro y cuando menos un árbol por cada cuatro cajones de estacionamiento.	Para los estacionamientos de automóviles y autobuses, se consideran estructuras techadas (de 5 niveles y 12 metros de altura con capacidad para 5,000 vehículos) y estructuras de superficie al aire libre con capacidad para 12,500 automóviles entre empleados y pasajeros. En el caso de los estacionamientos de superficie se utilizarán materiales impermeables y se contará con un sistema de conducción y drenaje pluvial. Asimismo, se atenderá a lo solicitado en el criterio 18 en cuanto al arbolado.
19. En estacionamientos techados, en edificios y multifamiliares y estructura semejantes, se captará y conducirá el agua pluvial hacia pozos de absorción.	En el caso de la estructura de estacionamiento techado, el agua pluvial se captará y se conducirá al drenaje pluvial del aeropuerto y pasará a las lagunas de regulación que actualmente desarrolla CONAGUA al sur del Proyecto o bien se reusará un porcentaje.  Por otro lado, existirán estacionamientos techados o en superficie para autobuses, taxis y autos de alquiler cuyas estructuras también se apegarán a los criterios correspondientes.
20. Todo proyecto arquitectónico, tanto comercial, como de servicios deberá contar con sistemas de ahorro de agua y energía eléctrica.	El diseño del Proyecto contempla medidas de ahorro de energía eléctrica y agua (utilizando equipos ahorradores de agua y de energía, así como la utilización de agua tratada). En ambos casos se estima que el consumo será menor que el del actual aeropuerto internacional de la Ciudad de México y que los esquemas de sustentabilidad incorporados a las instalaciones alcancen las certificaciones LEED Platino, Oro y/o Plata según el caso.
21. Las vialidades contarán con vegetación arbolada en las zonas de derecho de vía, camellones y banquetas. Las especies deberán ser acordes a los diferentes tipos de vialidades, para evitar cualquier tipo de riesgo, desde pérdida de visibilidad, hasta deterioro en las construcciones y banquetas, incluyendo la caída de ramas o derribo de árboles, con raíces superficiales, por efecto del viento.	El diseño de las vialidades del Proyecto contempla el establecimiento de vegetación arbórea de acuerdo a lo señalado con este criterio.
22. En el desarrollo urbano se promoverá el establecimiento de superficies que permitan la filtración del agua de lluvia al subsuelo (en vialidades, estacionamientos, parques, patios, entre otros).	Para los estacionamientos techados, el agua pluvial se captará y se conducirá al drenaje pluvial del aeropuerto y pasará a las lagunas de regulación que actualmente construye CONAGUA al sur del Proyecto o bien se reusará un porcentaje.

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
	<p>Por otro lado, existirán estacionamientos techados o en superficie para autobuses, taxis y autos de alquiler cuyas estructuras también se apegarán a los criterios correspondientes.</p> <p>De igual forma, el escurrimiento del agua pluvial de los hangares, edificios y áreas pavimentadas será conducido al sistema de drenaje pluvial del NAICM.</p> <p>Las áreas pavimentadas en el estacionamiento de aeronaves y las vías de acceso externas serán drenadas mediante una serie de entradas, diseñadas para recolectar y descargar el pico mínimo 1 en tasas de flujo de 10 años sin sobrecargarse. Todas las entradas y drenajes de zanja serán clasificados en F900 (o equivalente) para cargamentos pesados de aeronave.</p> <p>La zona de operaciones descargará sus aguas pluviales en el sistema de recolección de agua de pluvial del sitio, se considerarán las oportunidades para recolectar localmente y retener o infiltrarlas descargas de agua pluvial para reducir los volúmenes que fluyen a la línea de conducción del sistema.</p> <p>La torre de control de tráfico aéreo tendrá un sistema de drenaje de aguas pluviales primario. El sistema primario recolectará el agua de lluvia por medio de un sistema de alcantarillado y drenajes del techo convencional. El agua de lluvia primaria será descargada por gravedad a través de un iniciador interno de conexión en el sistema de drenaje.</p> <p>Cabe observar que por la espesa capa de arcilla de aproximadamente 60 m en el subsuelo del sitio del Proyecto, la infiltración natural hacia el manto acuífero es ya de por sí, casi nula.</p>
<p>23. Se promoverá en los derechos de vías férreas, dentro de las zonas urbanas, que se cuente con setos o vegetación similar, que ayude a evitar el tránsito peatonal, mejorar la imagen urbana y preservar el medio ambiente.</p>	<p>El Proyecto no incluye derechos de vías férreas, dentro de las zonas urbanas, por lo que este criterio de regulación ecológica no le aplica.</p>
<p>24. En todo proyecto de construcción se deberá dejar, por lo menos, un 12% de área jardinada.</p>	<p>El Proyecto contempla dejar una superficie de áreas verdes superior al 20% del predio.</p>
<p>25. Evitar el desarrollo urbano en las inmediaciones a los cinco distritos de riego agrícola (033 Estado de México, 044 Jilotepec, 073 La Concepción, 088 Chiconautla y 096 Arroyo Zarco); en suelos de alta productividad.</p>	<p>El Proyecto no tiene influencia sobre algún distrito de riego agrícola ni se ubica en suelo de alta productividad, por lo que se da cumplimiento a este criterio de regulación ecológica.</p>
<p>26. Desarrollar instrumentos financieros en apoyo de quienes observen las acciones previstas en los criterios del 15 al 20.</p>	<p>El Proyecto tendrá sus propias fuentes de financiamiento por lo que no se estima requerir el apoyo estipulado en este criterio aun cuando se cumplirá con las acciones previstas en los criterios 15 a 20.</p>
<p>27. Es necesario considerar en el desarrollo de infraestructura, las obras de ingeniería para evitar siniestros en las zonas de inundación.</p>	<p>Para los estacionamientos techados, el agua pluvial se captará y se conducirá al drenaje pluvial del aeropuerto y pasará a las lagunas de regulación que actualmente construye CONAGUA al sur del Proyecto o bien se reusará un porcentaje.</p> <p>Por otro lado, existirán estacionamientos techados o en superficie para autobuses, taxis y autos de alquiler cuyas estructuras también se apegarán a los criterios correspondientes.</p> <p>De igual forma, el escurrimiento del agua pluvial de los hangares, edificios y áreas pavimentadas será conducido al sistema de drenaje pluvial del NAICM.</p> <p>Las áreas pavimentadas en el estacionamiento de aeronaves y las vías de acceso externas serán drenadas mediante una serie de</p>



Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
	<p>entradas, diseñadas para recolectar y descargar el pico mínimo 1 en tasas de flujo de 10 años sin sobrecargarse. Todas las entradas y drenajes de zanja serán clasificados en F900 (o equivalente) para cargamentos pesados de aeronave.</p> <p>La zona de operaciones descargará sus aguas pluviales en el sistema de recolección de agua de pluvial del sitio, se considerarán las oportunidades para recolectar localmente y retener o infiltrarlas descargas de agua pluvial para reducir los volúmenes que fluyen a la línea de conducción del sistema.</p> <p>La torre de control de tráfico aéreo tendrá un sistema de drenaje de aguas pluviales primario. El sistema primario recolectará el agua de lluvia por medio de un sistema de alcantarillado y drenajes del techo convencional. El agua de lluvia primaria será descargada por gravedad a través de un iniciador interno de conexión en el sistema de drenaje.</p> <p>Cabe observar que por la espesa capa de arcilla de aproximadamente 60 m en el subsuelo del sitio del Proyecto, la infiltración natural hacia el manto acuífero es ya de por sí, casi nula.</p>
<p>28. En los casos de asentamientos humanos que se encuentran en el interior de las áreas de alta productividad agrícola, se recomienda el control de su crecimiento y expansión.</p>	<p>El Proyecto no implica el establecimiento de asentamientos humanos en ningún tipo de área, por lo que este criterio de regulación ecológica no le aplica.</p>

- ⊕ En la unidad ecológica 13.4.1.078 la cual pertenece al sistema de llanuras lacustres y eólicas y de origen lacustre con desarrollo acumulativo de ambiente palustre, dentro de la unidad territorial con clave Ag-1-200; en la cual el uso de suelo predominante es agrícola y que presenta una fragilidad mínima, en la tabla siguiente se describen los criterios de regulación y la forma en que los mismos serán cumplidos, conforme a las obras y actividades que la Promovente proponen realizar.

Tabla III. 19 Criterios de regulación de la unidad ecológica Ag-1-200 del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México aplicables a la zona donde se ubica el Proyecto.

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
<p>109. En los casos de asentamientos humanos que se ubican en el interior de las áreas de alta productividad agrícola, se recomienda controlar el crecimiento contenido en su expansión, restringir el desarrollo en zonas de alta productividad agrícola y evitar incompatibilidades en el uso de suelo.</p>	<p>El Proyecto no implica asentamientos humanos en el interior de las áreas de alta productividad agrícola, por lo que este criterio de regulación ecológica no le aplica.</p>
<p>110. Se promoverá el uso de calentadores solares, y el aprovechamiento de leña de uso doméstico deberá sujetarse a lo establecido en la NOM-012-RECNAT/1996.</p>	<p>Por las dimensiones y necesidades del Proyecto, no es pertinente el uso de calentadores solares de baja escala. No obstante, el diseño del Proyecto contempla la instalación de al menos 10 MW de potencia eléctrica a partir de paneles solares. El Proyecto no implica aprovechamiento de leña, por lo que este criterio de regulación ecológica no le aplica.</p>
<p>111. Se promoverá la instalación de sistemas domésticos para la captación de aguas de lluvia en áreas rurales.</p>	<p>El Proyecto no implica actividades domésticas, por lo que este criterio de regulación ecológica no le aplica.</p>
<p>112. Las áreas verdes, vialidades y espacios abiertos deberán sembrarse con especies nativas.</p>	<p>En las áreas libres donde no se constituya ningún riego, se realizarán actividades de reforestación con especies nativas.</p>
<p>113. Se promoverá la rotación de cultivos.</p>	<p>El Proyecto no implica actividades de cultivo, por lo que estos criterios de regulación ecológica no le aplican.</p>
<p>114. No se permite el aumento de la superficie de cultivo sobre terrenos con suelos delgados y/o con pendiente mayor al 15%.</p>	
<p>115. Fomentar el cultivo y aprovechamiento de plantas medicinales y de ornato regionales.</p>	
<p>116. En suelos con procesos de salinización, se recomienda que se siembren especies tolerantes como la alfalfa, la remolacha forrajera, el maíz San Juan, el maíz lagunero mejorado y la planta Kochia; así como especies para cercar, tamaris y casuarina, entre otros.</p>	

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
117. Se establecerán huertos de cultivos múltiples (frutales, medicinales y/o vegetales) en parcelas con baja productividad agrícola o con pendiente mayor al 15%.	
118. En terrenos agrícolas con pendiente mayor al 15%, los cultivos deberán ser mediante terrazas y franjas, siguiendo las curvas de nivel para el control de la erosión.	
119. Los predios se delimitarán con cercos perimetrales de árboles nativos o con estatus.	Como medida de compensación se realizarán actividades de reforestación, que, de no afectar la seguridad del aeropuerto, incluirán la delimitación de predio con especies nativas.
120. Los predios se delimitarán con cercos vivos de vegetación arbórea (más de 5 metros) y/o arbustiva (menor a 5 metros).	
121. Incorporar a los procesos de fertilización del suelo materia orgánica (gallinaza, estiércol y composta) y abonos verdes (leguminosas).	El Proyecto para el establecimiento y el mantenimiento de áreas verdes utilizará procesos de fertilización del suelo materia orgánica (gallinaza, estiércol y composta) y abonos verdes (leguminosas).
122. Se evitará la aplicación de productos agroquímicos y se fomentará el uso de productos alternativos.	El Proyecto no implica actividades que requieran aplicación de agroquímicos, por lo que este criterio de regulación ecológica no le aplica.
123. Estricto control en la aplicación y manejo de agroquímicos con mínima persistencia en el ambiente.	
124. Para el almacenamiento, transporte, uso y disposición final de plaguicidas y sus residuos se deberá acatar la norma aplicable.	Durante el desarrollo del Proyecto se implementará un plan de manejo de residuos el cual incluye manejo y disposición de residuos en sitios debidamente autorizados.
125. Control biológico de plagas como alternativa.	Durante la operación del pretendido Proyecto, se tiene contemplado efectuar actividades para control de plagas utilizando control biológico.
126. El manejo de plagas podrá combinar el control biológico y adecuadas prácticas culturales (barbecho, eliminación de malezas, aclareo, entre otros).	
127. El manejo de plagas será por control biológico.	
128. Se prohíbe la disposición de residuos provenientes de la actividad agrícola en cauces de ríos, arroyos y otros cuerpos de agua.	El Proyecto no es de naturaleza agrícola por lo que este criterio no es aplicable.
129. Se permite la introducción de pastizales mejorados, recomendados para las condiciones particulares del lugar y por el programa de manejo.	El Proyecto no implica actividades de cultivo de pastizales, por lo que estos criterios de regulación ecológica no le aplican.
130. En las áreas con pastizales naturales o inducidos, se emplearán combinaciones de leguminosas y pastos seleccionados.	
131. Promoción y manejo de pastizales mejorados.	
170. Los jardines botánicos, viveros y unidades de producción de fauna podrán incorporar actividades de ecoturismo.	Este criterio no aplica al Proyecto toda vez que no se trata de un jardín botánico, vivero o unidad de producción de fauna.
171. Promover la instalación de viveros municipales de especies regionales de importancia.	No aplica al Proyecto.
172. Se podrá establecer viveros o invernaderos para producción de plantas para fines comerciales, a los cuales se les requerirá una evaluación en materia de impacto ambiental.	No aplica al Proyecto.
173. Se deberá crear viveros en los que se propaguen las especies sujetas al aprovechamiento forestal y las propias de la región.	Si bien el Proyecto contempla la ejecución de un Programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, prevé a utilización de especies de la región pero no el aprovechamiento forestal.
187. En desarrollos turísticos, la construcción de caminos deberá realizarse utilizando al menos el 50% de materiales que permitan la infiltración del agua pluvial al subsuelo, asimismo, los caminos deberán ser estables, consolidados y con drenes adecuados a la dinámica hidráulica natural.	El Proyecto no implica desarrollos turísticos, por lo que este criterio no aplica.
189. Se permite industrias relacionadas con el procesamiento de productos agropecuarios.	El Proyecto no es propiamente una industria, por lo que estos criterios no aplican
190. Estas industria deberán estar rodeadas por barreras de vegetación nativa.	
196. Desarrollo de sistemas de captación de agua de lluvia en el sitio.	El Proyecto tiene contemplado instalas un sistema de drenaje de aguas pluviales diseñado para recolectar la escorrentía de las zonas desarrolladas, con zonas pavimentadas diseñadas para verter el agua de la superficie y en los sistemas de recolección del sistema de alcantarillado pluvial. El escurrimiento del agua pluvial de los hangares, edificios y áreas pavimentadas será conducido al sistema de drenaje, que

Criterios de regulación ecológica	Vinculación con el Proyecto
	<p>finalmente lo verterá a la serie de cuencas de regulación de CONAGUA al sur del Proyecto.</p> <p>Las áreas pavimentadas en el estacionamiento de aeronaves y las vías de acceso externas serán drenadas mediante una serie de entradas, diseñadas para recolectar y descargar el pico mínimo 1 en tasas de flujo de 10 años sin sobrecargarse. Todas las entradas y drenajes de zanja serán clasificados en F900 (o equivalente) para cargamentos pesados de aeronave.</p> <p>La zona de operaciones descargará sus aguas pluviales en el sistema de recolección de agua de pluvial del sitio, se considerarán las oportunidades para recolectar localmente y retener o filtrarlas descargas de agua pluvial para reducir los volúmenes que fluyen a la línea de conducción del sistema.</p> <p>La torre de control de tráfico aéreo tendrá un sistema de drenaje de aguas pluviales primario. El sistema primario recolectará el agua de lluvia por medio de un sistema de alcantarillado y drenajes del techo convencional. El agua de lluvia primaria será descargada por gravedad a través de un iniciador interno de conexión en el sistema de drenaje.</p> <p>Las vías de acceso externas tendrán una red proporcionará la oportunidad de manejar responsablemente la escorrentía de aguas pluviales, tanto del recinto aeroportuario como del desarrollo de Aerotrópolis. La reserva de tierras propuesta de calzada arbolada (alrededor de 600 m de ancho) debajo de los trayectos de vuelo se convertirá en zonas de esparcimiento público y también se utilizará para direccionarlas descargas de aguas pluviales del sitio por medio de una combinación de tajeas y biozanjas hacia el programa de expansión de cuenca hidrológica para el sur planeada por CONAGUA.</p> <p>Las biozanjas son canales para filtrar, transportar y recolectar agua pluvial de las superficies pavimentadas. La escorrentía será transmitida al sistema primario del sistema de manejo de agua pluvial al noroeste de la zona del Proyecto.</p>

Derivado de lo antes descrito se concluye que el Proyecto da cumplimiento a los criterios de regulación ecológica establecidos en cada una de las unidades ecológicas del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México y aplicables al mismo.

### III.7 Planes y Programas del Gobierno del Estado de México

El Proyecto se ubica en el estado de México, en los municipios Texcoco y Atenco. Será construido en un terreno de aproximadamente 4,431.15 ha ubicadas al este de la ciudad, y aproximadamente a 14 kilómetros al este del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) existente. El sitio está limitado al norte por el depósito de evaporación solar "El Caracol", al sur por la carretera Peñón Texcoco, al este por tierras de cultivo, y al oeste por áreas urbanizadas de las delegaciones Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, y el municipio de Ecatepec de Morelos.

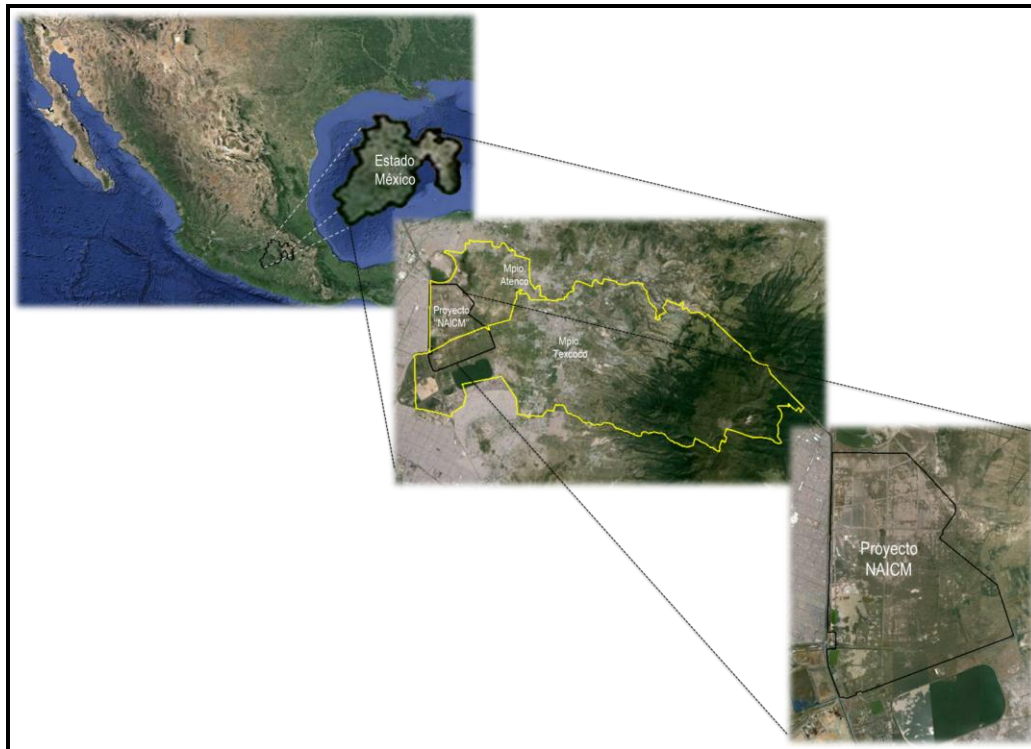


Figura III. 7 Representación gráfica regional del Proyecto.

#### III.7.1 Plan de Desarrollo del Estado de México

El Plan de Desarrollo del Estado de México 2011-2017, publicado el 13 de marzo de 2012, presenta un diagnóstico de los avances en el Estado de México que han permitido disminuir la marginación, combatir la pobreza, generar más y mejores empleos, proveer mejores servicios públicos y garantizar la seguridad y la paz públicas. Al mismo tiempo, se identifican las áreas de oportunidad donde se puede actuar para fortalecer las condiciones de bienestar, de seguridad y de igualdad, que consoliden a una sociedad más justa.

El Plan de Desarrollo está estructurado en tres grandes pilares: Gobierno Solidario, Estado Progresista y Sociedad Protegida, mismos que se encuentran vinculados a tres ejes transversales: Gobierno Municipalista, Gestión de Resultados y Financiamiento para el Desarrollo.

En cada uno de los pilares y en cada uno de los ejes se consignan objetivos, estrategias y líneas de acción, que habrán de imprimir dinamismo y darán consistencia a la agenda del Gobierno Estatal para el periodo constitucional 2011-2017, con el propósito de atender las legítimas demandas de los sectores sociales.

Dentro del apartado denominado Estado Progresista (pilar dos), se integra lo relacionado con la infraestructura como una línea de acción. Asimismo, dentro de los cinco objetivos de este pilar, se contempla generar un mayor crecimiento económico, estableciendo en el objetivo 1, promover una economía que genere condiciones de competitividad, mediante el desarrollo de infraestructura, realizando entre otra las siguientes actividades:

- ⊕ Gestionar ante el Gobierno Federal la construcción de obras de infraestructura vial en particular dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México.
- ⊕ Impulsar la creación de un programa que lleve a cabo obras de infraestructura, mediante aportaciones de los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal, así como por empresas y organizaciones sociales.

Derivado de lo antes descrito y toda vez que el Proyecto constituye de alguna manera una obra de infraestructura puede vincularse con las actividades y objetivos previstos en el pilar dos, por lo que el Proyecto permite es compatible con los objetivos del Plan de Desarrollo del Estado de México 2011-2017.

### III.7.2 Programas Sectoriales del Gobierno del Estado de México

El Plan de Desarrollo del Estado de México 2012-2017, incluye cuatro programas sectoriales; Programa Sectorial Gobierno Solidario, Programa Sectorial Estado Progresista, Programa Sectorial Sociedad Protegida y el Programa Especial Gestión Gubernamental Distintiva; en dichos programas sectoriales, se señalan los objetivos, estrategias y líneas de acción de un determinado sector del desarrollo económico-social de la entidad y detallarán con precisión las políticas públicas consideradas en el Plan de Desarrollo del Estado de México. De los cuatro programas mencionados, es en el programa sectorial estado progresista donde encontramos concordancia con el Proyecto.

### III.7.3 Programa Sectorial Estado Progresista

Desde la óptica de las políticas públicas, el sector de la infraestructura constituye un factor determinante en la competitividad y en el crecimiento económico, su importancia radica en que es uno de los pocos procesos productivos en los que el sector público cuenta con una capacidad de gestión directa, ya sea a través de la inversión directa del sector o mediante la regulación y coordinación de los agentes privados, fortalece la posición de la economía de un país o una región. Asimismo, la infraestructura genera efectos que trascienden el impacto directo en el sector productivo y se extienden hacia la población en general, podemos mencionar entre otras que la infraestructura en transporte es un aspecto que puede incrementar directamente el bienestar de los hogares. El Proyecto se puede encuadrar en el término de infraestructura, ya que estos pueden permitir el desarrollo de infraestructura para el transporte aéreo, lo constituye un elemento esencial del proceso de desarrollo económico no solo para el Estado sino para el País, el cual contribuye a elevar el bienestar de la población en general.

### III.7.4 Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle Cuautitlán – Texcoco

El Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle Cuautitlán – Texcoco (VCT), publicado el 12 de agosto del 2005, se refiere a la región formada por el territorio que pertenece al Estado de México, que se ubica dentro del Valle de México, su población forma parte de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) con la cual comparte gran parte de su problemática y de sus ventajas potenciales, por lo que con el propósito de acercar y facilitar la gestión gubernamental del Estado con los mexiquenses, el ejecutivo estatal instrumentó el "Programa de Regionalización", que tiene por objetivo general atender directa y permanentemente a la sociedad y promover el desarrollo regional sustentable, para que de manera consistente y ordenada se modifiquen las tendencias de ubicación de las actividades económicas y de la población, buscando disminuir la migración hacia las metrópolis, la concentración en el Valle Cuautitlán – Texcoco y las disparidades regionales.

El Estado de México se encuentra dividido en 12 regiones que a nivel estatal tienen como objetivo lograr una adecuada integración, congruencia y eficacia en los programas, obras, acciones o proyectos que se desarrollen. El VCT incluye siete de las doce regiones establecidas para el Estado de México como se observa en la figura siguiente:

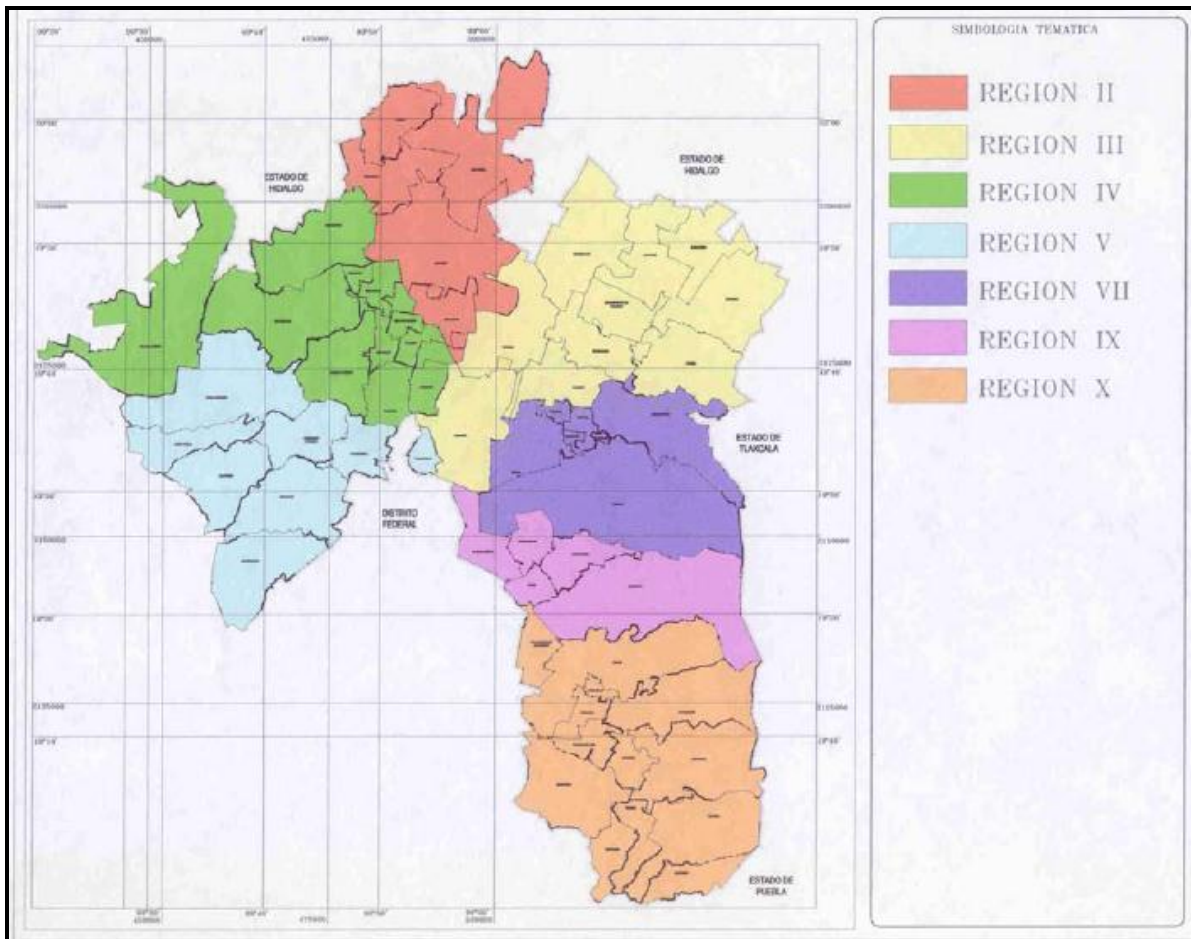


Figura III. 8 Regionalización del Valle de Cuautitlán - Texcoco.

El Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle Cuautitlán – Texcoco en su apartado IV.5 denominado infraestructura, equipamiento y servicios públicos, describe que en la ZMVM, el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) tuvo en el año 2000, un total de 270 mil 100 operaciones, registrando en el mismo año a más de 20.2 millones de pasajeros, lo que equivale a 36 por ciento del movimiento aeroportuario nacional de pasajeros; concentra también 50 por ciento del movimiento de carga aérea nacional, lo que indica la gran concentración de viajes en la capital del país y la falta de conexiones entre ciudades y regiones.

Sin embargo, su capacidad es de 320 mil operaciones por año, lo que indica la necesidad de ampliar las instalaciones para atender las demandas de los próximos años, y/o encontrar ubicaciones alternativas. El Gobierno Federal con base en los estudios aeronáuticos, ambientales, sociales, económicos y urbanos más serios, consideró que el área más apropiada para esa reubicación serían los terrenos del antiguo lago de Texcoco, a una distancia de 15 kilómetros del actual.

El Proyecto se encuentra sobre porciones de los territorios de Texcoco y Atenco, mientras que la zona federal de Ex-Lago de Texcoco abarca partes de otros tres municipios: Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán.

En relación a los señalamientos del Plan regional, vale la pena mencionar que jerárquicamente hablando y desde la óptica jurídica, éste no pueden ir en contra del Decreto Presidencial de fecha 30 de abril de 1931 y los límites definidos el 10 de junio de 1971 declarando esta zona como zona federal. Lo anterior, implicaría una extralimitación en el uso de las atribuciones de los municipios al querer establecer un uso de suelo en un área o zona federal, lo cual en el caso que nos ocupa le compete únicamente al Ejecutivo Federal. Igualmente, por tratarse de bienes nacionales, es la Federación la que tiene la competencia exclusiva para regular su uso y aprovechamiento.

Como se puede observar en la figura siguiente, el Proyecto se ubica en la zona de uso de suelo especial que corresponde a la zona de plan parcial de cobertura subregional, misma que como se describe más adelante en este capítulo se encuentra dentro de la Zona Federal con uso de suelo no urbanizables destinados a plan parcial o proyecto especial establecidos en los planes de desarrollo urbano municipales de Atenco y Texcoco.

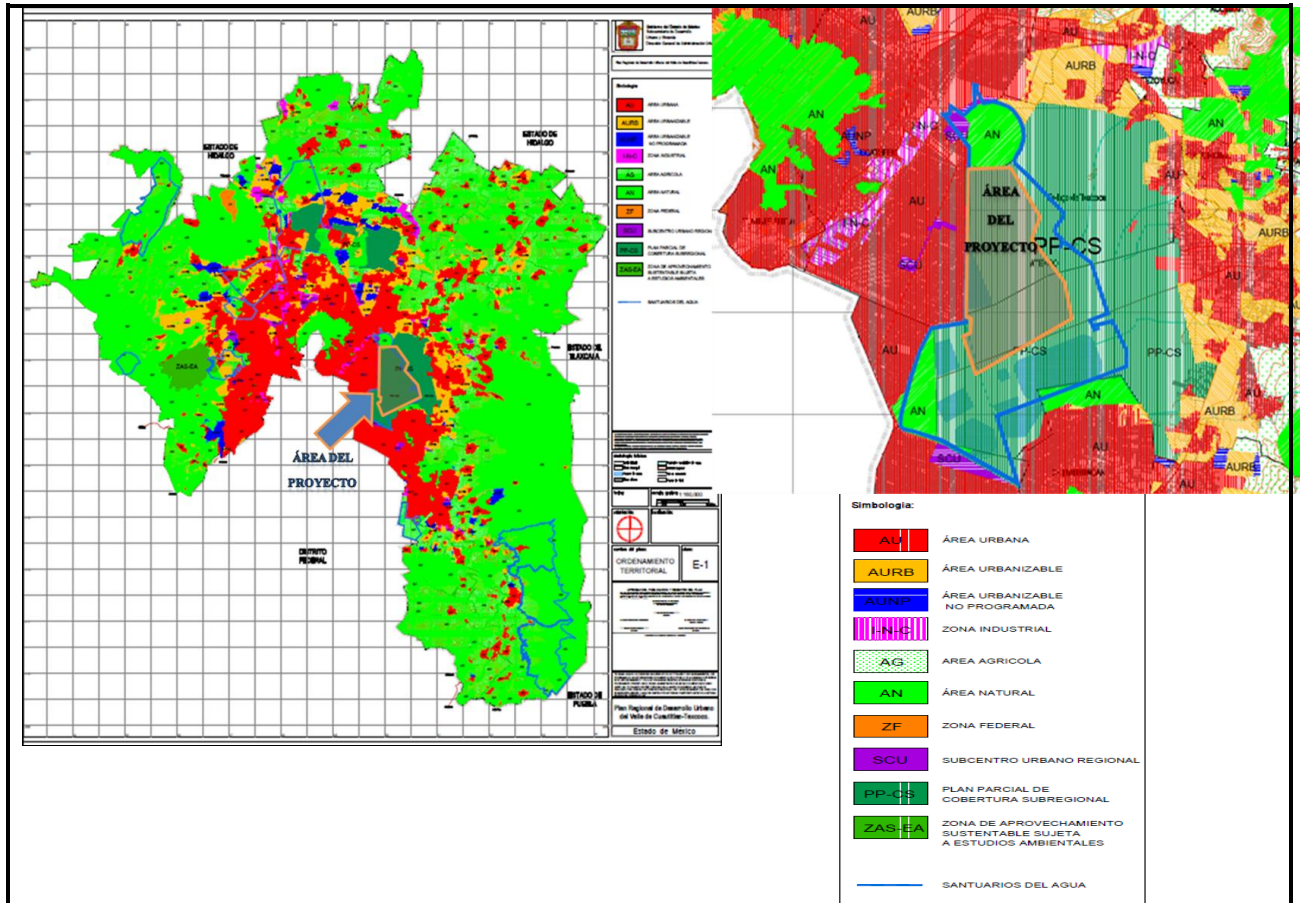


Figura III. 9 Ubicación del Proyecto dentro plano de ordenamiento territorial del Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle Cuautitlán–Texcoco.

Al respecto, el plan regional establece que los usos del suelo especiales de carácter regional, tales como aquellos de muy baja densidad, inducidos como medio para posibilitar la conservación y forestación de espacios abiertos estratégicos, los aeropuertos, presas, instalaciones de generación y distribución de energía, redes de infraestructura primaria y demás equipamientos e infraestructura regionales afines, que se pretendan llevar a cabo en el territorio que cubre el Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle Cuautitlán - Texcoco, podrán edificarse en las áreas clasificadas por este plan y los respectivos planes municipales de desarrollo urbano como no urbanizables, siempre y cuando se elabore y se apruebe previamente por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda el respectivo plan parcial y dichas áreas no correspondan a las que por su propia naturaleza no pueden ser objeto de acciones de urbanización. Estas comprenden a: las áreas naturales protegidas; los distritos de riego; las zonas de recarga de mantos acuíferos; las tierras de alto rendimiento agrícola, forestal o pecuario; las zonas arqueológicas y demás bienes del patrimonio histórico, artístico y cultural; los terrenos inundables y los que tengan riesgos previsible de desastre; los que acusen fallas o fracturas en su estratificación geológica o que contengan galerías o túneles provenientes de laboreos mineros agotados o abandonados que no puedan rehabilitarse; las zonas de restricción alrededor de los cráteres de volcanes y barrancas; y los terrenos ubicados por encima de la cota establecida en cada caso para la dotación del servicio de agua potable.

Cabe destacar que la Promovente ha iniciado los trámites para obtener el visto bueno del INAH para el desarrollo del Proyecto. A la fecha se llevan dos fases de prospección por parte del Instituto y las gestiones continuarán para obtener la autorización.

Actualmente, el sitio del Proyecto puede ser considerado como susceptible a inundaciones; sin embargo, la Comisión Nacional del Agua se encuentra ejecutando algunos proyectos que desvían los escurrimientos a zonas ajenas al sitio del Proyecto por lo que antes del inicio de operaciones del NAICM, el sitio no será más, un área con alto peligro de inundación pues la capacidad de regulación en la zona se incrementará de 13 a 34 millones de m<sup>3</sup>.

Derivado de lo anterior y una vez demostrado la factibilidad del Proyecto, la Promovente solicitará a las autoridades de Desarrollo Urbano estatales y municipales el cambio de uso de suelo para la actividad que implica el Proyecto (aeropuerto).

### III.8 Planes Municipales de Desarrollo Urbano

El Proyecto se encuentra sobre porciones de los territorios de Texcoco y Atenco, mientras que la zona federal de Ex-Lago de Texcoco abarca partes de otros tres municipios: Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán.

No obstante los señalamientos de los Planes Municipales de Desarrollo Urbano, vale la pena mencionar que jerárquicamente hablando y desde la óptica jurídica, éstos no pueden ir en contra del Decreto Presidencial de fecha 30 de abril de 1931 y los límites definidos el 10 de junio de 1971 declarando esta zona como zona federal.

Lo anterior, implicaría una extralimitación en el uso de las atribuciones de los municipios al querer establecer un uso de suelo en un área o zona federal, lo cual en el caso que nos ocupa le compete únicamente al Ejecutivo Federal. Igualmente, por tratarse de bienes nacionales, es la Federación la que tiene la competencia exclusiva para regular su uso y aprovechamiento.

Así pues, atendiendo a los criterios de jerarquía anteriores, los Planes Municipales de Desarrollo Urbano podrían no ser vinculantes con el Proyecto, sin embargo, como se verá a continuación, el mismo cumple con los criterios regulatorios postulados en dichos planes.

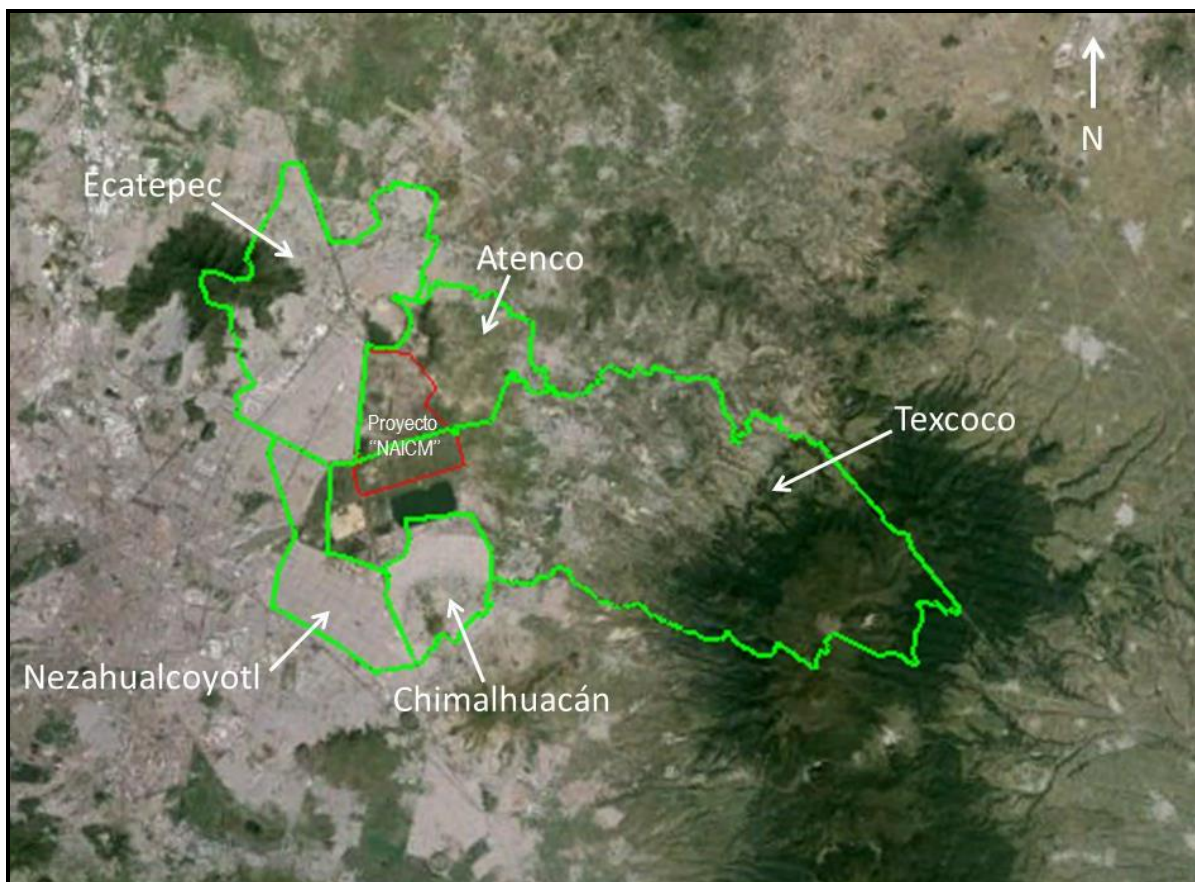


Figura III. 10 Delimitación de los municipios adyacentes al Proyecto.



### III.8.1 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Atenco

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atenco aprobado el 12 de agosto del 2004 y que se encuentra vigente. La estrategia general para el ordenamiento urbano se enfoca al mejoramiento de las condiciones urbanas del municipio, que conlleve a incrementar los niveles de calidad de vida de los habitantes, así como a ordenar del crecimiento urbano preservando las zonas no aptas y en el suelo de valor ecológico. El crecimiento a futuro en el municipio se encuentra condicionado tanto por la gran parte del territorio no apto para el desarrollo urbano, como por el grado de disponibilidad de los recursos naturales tales como el agua potable y de la infraestructura necesaria para el abastecimiento del recurso en el área.

Como se puede observar en la figura siguiente el Proyecto se ubica en zona no urbanizable de acuerdo a lo establecido en el plano de clasificación del territorio del plan municipal de desarrollo urbano de Municipio de Atenco.

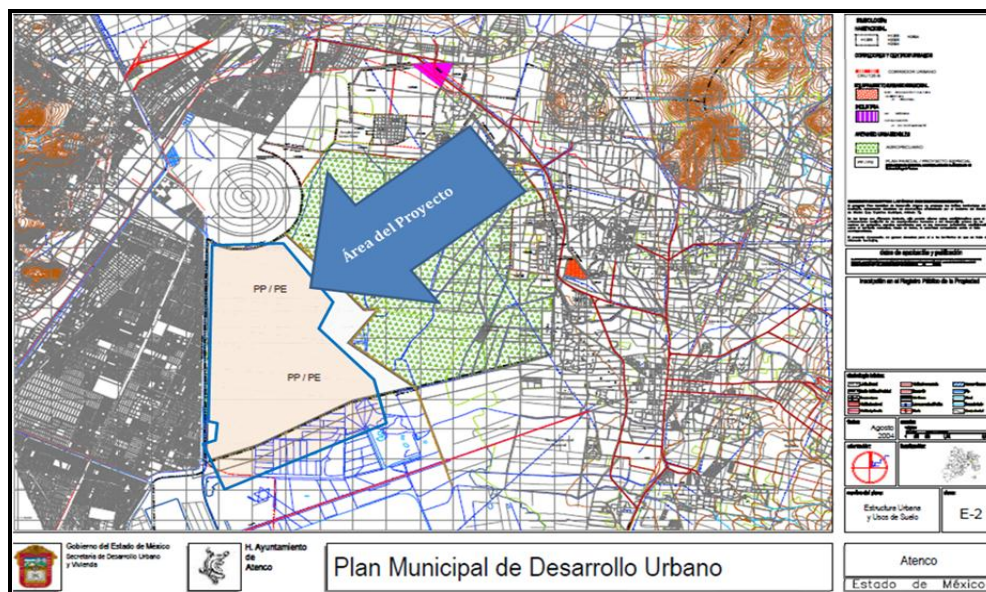


Figura III. 11 Ubicación del Proyecto en el plano de estructura urbana y uso de suelo del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atenco, dentro de área no urbanizable con parcial/ programa especial (PP/PE).

El municipio se localiza dentro de la principal concentración demográfica del país, la región Valle Cuautitlán-Texcoco (VCT), específicamente Atenco se ubica al oriente de la Ciudad de México (el mercado económico más importante del país) y la costa del Golfo de México. Asimismo permite conexión a través de las vialidades como la carretera Lechería - Texcoco la unión de regiones importantes como Puebla, Hidalgo y Querétaro. Esta situación le proporciona una posición estratégica como eje dinámico de desarrollo económico y urbano.

El Proyecto se vincula con el Plan de desarrollo en lo que se refiere a las políticas establecidas en el punto 4.2.13 denominado Desarrollo municipal y coordinación intergubernamental en relación a:

- ⊕ Coordinación entre el Gobierno del Estado y el Gobierno Municipal para la aplicación del presente Plan de Desarrollo Urbano, sus políticas y estrategias, a través del diálogo, el consenso y el bien común.
- ⊕ Congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo, Plan Estatal de Desarrollo Urbano y Plan de Desarrollo del Estado de México, así como sus programas sectoriales, y
- ⊕ Fomento al empleo por parte de los tres niveles de gobierno.

Por lo anterior el municipio de Atenco se manifiesta como un elemento de suma importancia para el desarrollo no sólo de la región Cuautitlán-Texcoco, sino también de la Zona Metropolitana del Valle de México. Y se convierte en un municipio estratégico para el desarrollo integral de la zona que si bien no es el municipio el destino primordial de los usuarios, mercancías y dinámica se convierte en una zona primordial para dotar de servicios y mano de obra calificada.

Tabla III. 20 Norma de regulación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atenco, aplicables a la zona donde se ubica el Proyecto.

7.1.1 Normas Urbanas Generales	Cumplimiento
Normas para la definición de Actividades que requieren presentar un Estudio de Impacto Ambiental: Vías Generales de Comunicación: Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios, puertos vías férreas, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de aguas nacionales...	El Proyecto se encuadra en la definición de vías generales de comunicación de este Plan municipal.
Normas para la elaboración de Estudios de Impacto Urbano (E.I.U.) En suelo urbanizable, todos los proyectos de vivienda a partir de construcción y todos los que incluyan oficinas, comercios, servicios, industria y/o equipamiento, deberán presentar, como requisito para la obtención de la licencia de uso de suelo, un estudio de impacto urbano al entorno el que deberá analizar las posibles afectaciones	La Promovente, realizará las gestiones necesarias para obtener las autorizaciones en materia de impacto urbano, cumpliendo con todos los lineamientos establecidos por la autoridad competente.

El sitio del Proyecto se ubica en las áreas del lecho desecado del Ex-Lago que fue quedando sin uso, debido a que sus suelos presentaban condiciones extremadamente adversas de salinidad y sodicidad. Estas condiciones desfavorables no permiten el desarrollo natural de vegetación y ha provocado la desecación de la zona, haciéndolas inutilizables para fines urbanos. De acuerdo con los muestreos de campo y las bases de datos sobre los usos del suelo vegetación que se presentan en el sitio del Proyecto (polígono del Proyecto y zonas adyacentes) y en la Zona Federal, actualmente existen zonas sin vegetación aparente y zonas con pastizales inducidos y pastizal halófilo. Considerando lo descrito en el apartado III.7.3 la Promovente realizará las gestiones necesaria para solicitar el uso de suelo para el Proyecto.

#### III.8.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Texcoco

En el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atenco aprobado el 12 de agosto del 2004 y que se encuentra vigente, la estrategia general para el ordenamiento urbano se enfoca al mejoramiento de las condiciones urbanas del municipio, que conlleve a incrementar los niveles de calidad de vida de los habitantes, así como a ordenar del crecimiento urbano preservando las zonas no aptas y en el suelo de valor ecológico. El crecimiento a futuro en el municipio se encuentra condicionado tanto por la gran parte del territorio no apto para el desarrollo urbano, como por el grado de disponibilidad de los recursos naturales tales como el agua potable y de la infraestructura necesaria para el abastecimiento del recurso en el área.

El Plan contempla que el Ayuntamiento formule el plan parcial de mejoramiento urbano y los proyectos ejecutivos y la banca proporcione los créditos para que lleven a cabo las obras de mejoramiento de las construcciones y acondicionamiento de los espacios para contar con estacionamientos, áreas de carga y descarga, banquetas anchas y reforestación.

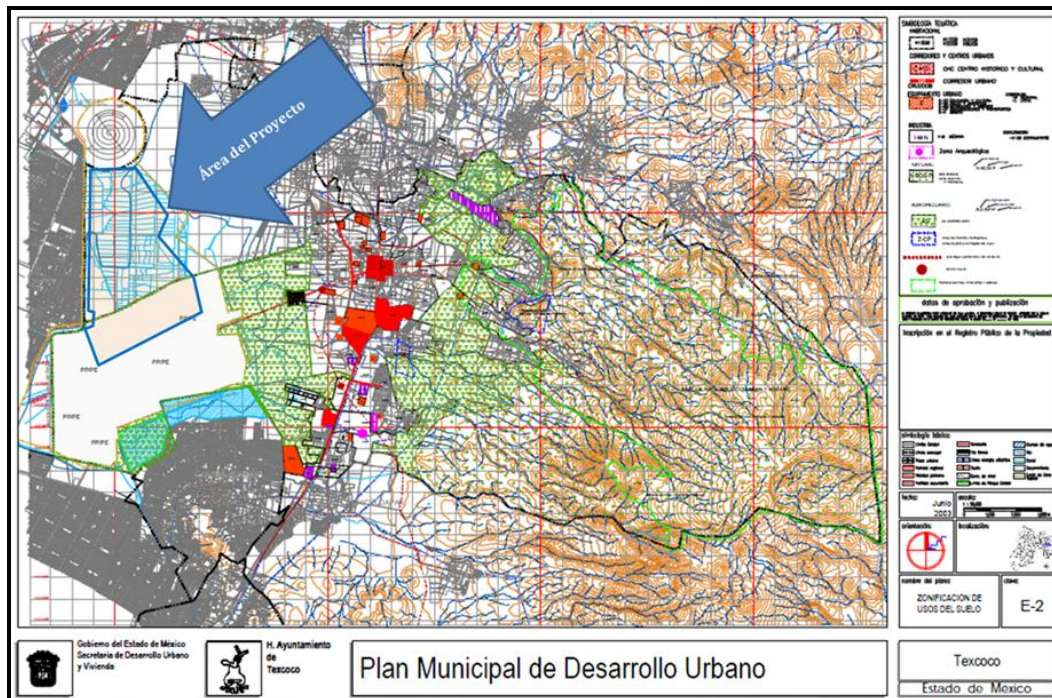


Figura III. 12 Ubicación del Proyecto en el plano de estructura urbana y uso de suelo del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Texcoco dentro de área no urbanizable con parcial/ programa especial (PP/PE).

El sitio del Proyecto se ubica uso de suelo no urbanizable, sobre áreas del lecho desecado del Ex Lago que fueron quedando sin uso, debido a que sus suelos presentaban condiciones extremadamente adversas de salinidad y sodicidad. Estas condiciones desfavorables no permiten el desarrollo natural de vegetación y ha provocado la desecación de la zona, haciéndolas inutilizables para fines urbanos. De acuerdo con los muestreos de campo y las bases de datos sobre los usos del suelo y vegetación que se presentan en el sitio del Proyecto (polígono del Proyecto y zonas adyacentes) y en la Zona Federal, actualmente existen zonas sin vegetación aparente y zonas con pastizales inducidos y pastizal halófilo.

Una de las premisas del presente Plan Municipal de Desarrollo Urbano es el mejoramiento de las condiciones actuales de la población municipal, así como evitar el crecimiento de los asentamientos humanos en zonas de riesgo, de valor ambiental, arqueológico, paisajístico y agrícola de alta productividad. Asimismo, se plantea prevenir el crecimiento urbano hacia la zona de Vaso del Ex Lago de Texcoco y hacia la zona de la montaña. Por otro lado, se pretende lograr una estructura urbana clara y funcional mejorando la integración al ámbito metropolitano y regional. Lo anterior se logrará mediante el mejoramiento y ampliación de la red vial, la rehabilitación y recuperación de los espacios públicos, la consolidación de los usos urbanos actuales y el mejoramiento de la imagen urbana, al respecto el proyecto se encuentra articulado con los lineamientos antes decretos, ya que no permitirá el crecimiento de asentamientos urbanos.

En el PMDUT las políticas de ordenamiento se encuentran clasificadas en: Políticas de incorporación del suelo al desarrollo urbano, políticas de aprovechamiento de suelo, de Integración vial regional, micro regional y municipal, política de reforestación y políticas para preservación de zonas no urbanizables, con esta última el proyecto se encuentra vinculado y acorde a lo establecido en dicha política, toda vez que el proyecto no implica asentamientos humanos, y no se ubica en ninguna área natural protegida.

El PMDUT, también establece políticas sectoriales aplicables al área municipal siendo vinculantes con el proyecto, las políticas de desarrollo económico y social (dotación de infraestructura y servicios a las áreas con potencial de desarrollo económico, instrumentación de programas continuos de capacitación y asistencia técnica para el trabajo, que permitan a las microempresas elevar la calidad de su producción y competir en mercados más amplios, promover los servicios necesarios para el establecimiento adecuado de los comercios, en los centros y corredores urbanos).

Como ya se mencionó, el predio donde se ubica el Proyecto se encuentra dentro de la Zona Federal con uso de suelo no urbanizable; sin embargo tomando en consideración lo establecido en el plan regional de desarrollo urbano del Valle Cuautitlán – Texcoco el Proyecto es factible, ya que se puede desarrollar, elaborar y solicitar la aprobación del respectivo plan parcial ante la

Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Estado de México, toda vez que al área donde se ubica el Proyecto no corresponden áreas naturales protegidas, distritos de riego, tierras de alto rendimiento agrícola, forestal o pecuarios, las zonas arqueológicas y demás bienes de patrimonio histórico, artístico y cultural y toda vez que es una zona que ya se encuentra altamente impactada por las actividades antropogénicas y naturales.

Cabe destacar que la Promovente ha iniciado los trámites para obtener el visto bueno del INAH para el desarrollo del Proyecto. A la fecha se llevan dos fases de prospección por parte del Instituto y las gestiones continuarán para obtener la autorización.

Actualmente, el sitio del Proyecto puede ser considerado como susceptible a inundaciones; sin embargo, la Comisión Nacional del Agua actualmente se encuentra ejecutando algunos proyectos que desvían los escurrimientos a zonas ajenas al sitio del Proyecto por lo que en un futuro cercano, este sitio no será más, un área con alto peligro de inundación. Estos proyectos de CONAGUA contemplan un incremento en la capacidad de regulación desde 13 millones de m<sup>3</sup> actualmente hasta 34 millones de m<sup>3</sup> en el año 2018, previo al inicio de operaciones del NAICM.

Derivado de lo anterior y una vez demostrado la factibilidad del Proyecto, la Promovente solicitará a las autoridades de Desarrollo Urbano Estatales y Municipales el cambio de uso de suelo para la actividad que implica el Proyecto (aeropuerto). Asimismo, se dará cumplimiento a las normas establecidas en el PDUT para la elaboración de Estudios de Impacto Urbano (EIU).

### III.8.3 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Ecatepec de Morelos

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ecatepec de Morelos, julio 2003 y que se encuentra vigente, se constituye como el instrumento técnico – jurídico que en materia de planeación urbana determinará los lineamientos aplicables al ámbito municipal y promoverá la coordinación de esfuerzos federales, estatales y municipales que garanticen un desarrollo sustentable y armónico con el medio urbano, social y natural. Pese a que el Proyecto no se ubica en el municipio de Ecatepec se tomarán como referencia lo establecido en las normas urbanas generales que se establecen en el mencionado programa.

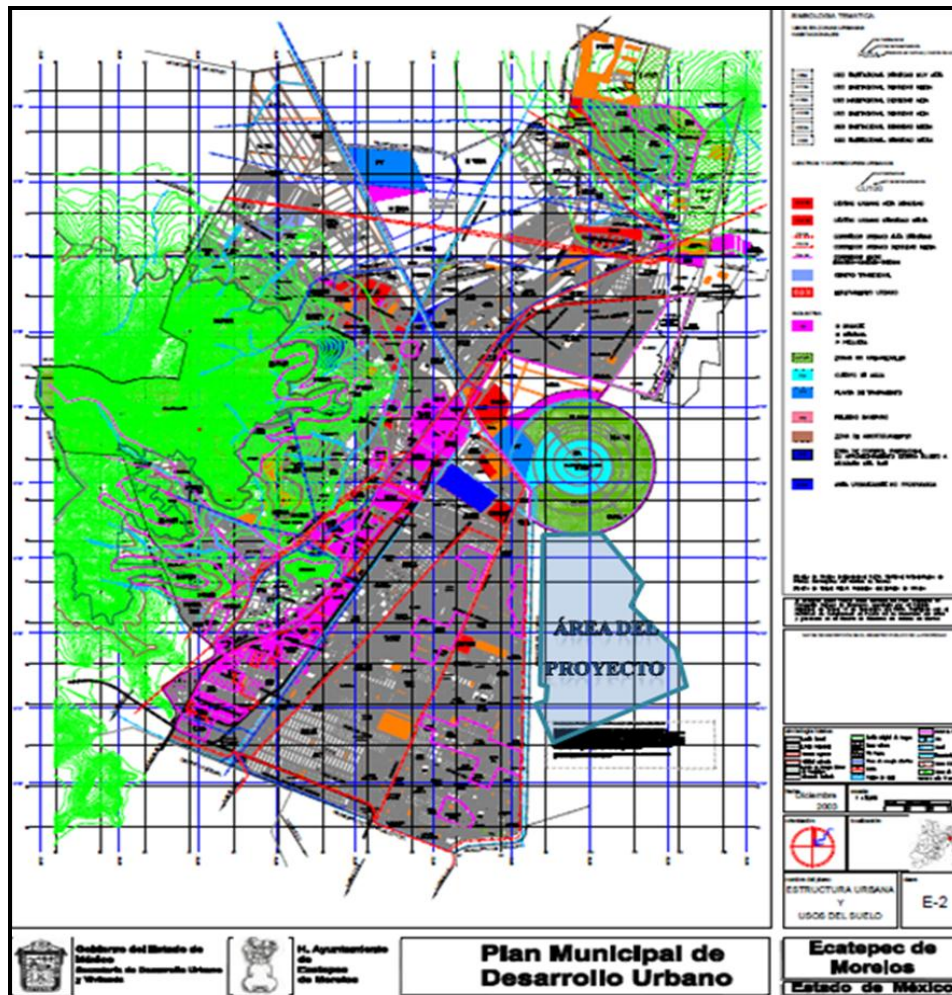


Figura III. 13 Ubicación del Proyecto en el plano de estructura urbana y uso de suelo del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ecatepec de Morelos.

#### III.8.4 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Chimalhuacán

El Plan Municipal de Desarrollo Chimalhuacán de julio 2003 y que se encuentra vigente, se constituye como el instrumento técnico – jurídico que en materia de planeación urbana determinará los lineamientos aplicables al ámbito municipal y promoverá la coordinación de esfuerzos federales, estatales y municipales que garanticen un desarrollo sustentable y armónico con el medio urbano, social y natural. La propuesta general de usos del suelo para el municipio de Chimalhuacán comprende una superficie de 4,272 ha de usos urbanos que representan el 92% del total municipal., mientras que las áreas no urbanizables comprenden una superficie de 389 ha que representan el 8% restante.

De la superficie urbana y urbanizable, los usos habitacionales representan el 72.3%, los centros y corredores urbanos el 10.2% y las áreas de equipamiento el 17.5%, en la cual se incluye el Área Sujeta al Proyecto del Ex-Lago de Texcoco.

En cuanto a los usos no urbanos, estos se encuentran en las áreas no urbanizables conformadas por el parque ecológico propuesto en la meseta del Cerro Chimalhuachi, que representa el 20.1% de la superficie no urbanizable, y el parque metropolitano de la parte alta del mismo cerro abarca el 79.9%. Pese a que el Proyecto no se ubica en el municipio de Chimalhuacán se dará cumplimiento con lo establecido en las normas urbanas generales que aplique en relación a la ubicación del Proyecto.

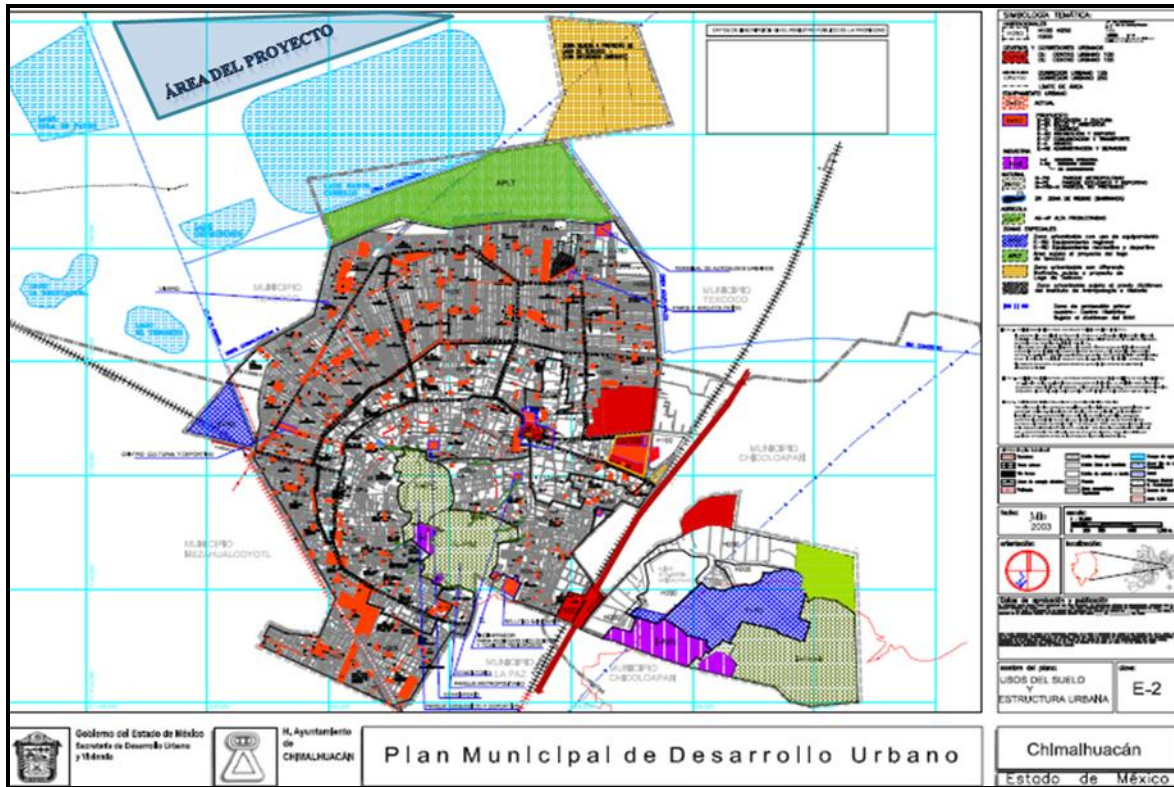


Figura III. 14 Ubicación del Proyecto en el plano de uso de suelo y estructura urbana del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Chimalhuacán.

### III.8.5 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Netzahualcóyotl.

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ecatepec de Netzahualcóyotl, aprobado en octubre de 2004 y que se encuentra vigente, la instrumentación que se presenta en este Plan busca con ello pasar de una planeación urbana meramente normativa y regulatoria hacia otra que dé un mayor énfasis a los aspectos relacionados con la concreción de la imagen objetivo que se considera como la más adecuada para el desarrollo del Municipio en el corto, mediano y largo plazos. Pese a que el Proyecto no se ubica en el municipio de Netzahualcóyotl se tomarán como referencia lo establecido en las normas urbanas generales que se establecen en el mencionado programa.

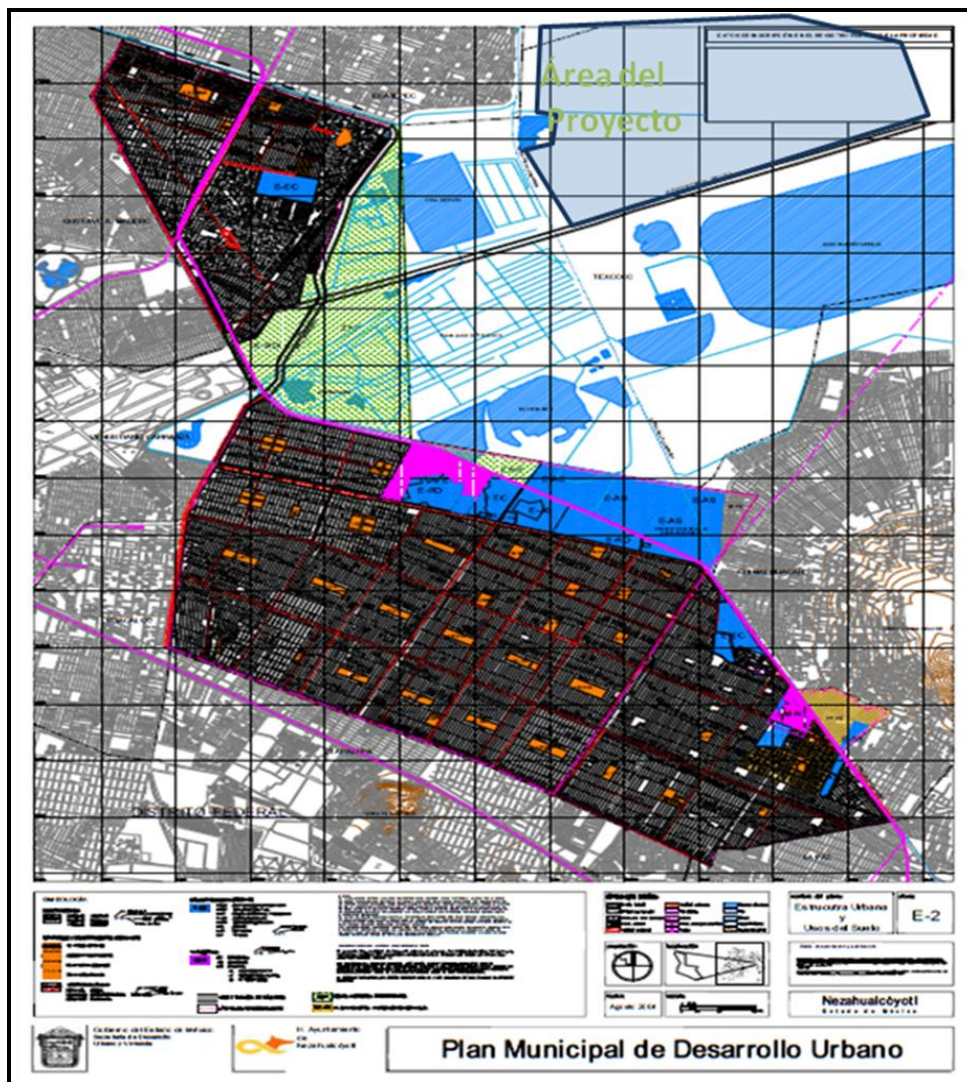


Figura III. 15 Ubicación del Proyecto en el plano de uso de suelo y estructura urbana del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Nezahualcóyotl.

### III.9 Decretos y Programas de Conservación y Manejo de Áreas Naturales Protegidas

De acuerdo al sistema ambiental regional definido en el capítulo IV, en la siguiente figura se observan las áreas naturales protegidas de competencia estatal (parques estatales, aéreas naturales protegidas y áreas comunitarias) que se encuentran inmersas en éste. Cabe mencionar que las dichas áreas naturales no serán afectadas por el proyecto de manera directa y que se aplicarán las medidas de mitigación cumpliendo con toda la normatividad aplicable, tal como se describe a lo largo de este capítulo y en el capítulo VI de este mismo documento.

Es importante mencionar que el predio donde se pretende ubicar el Proyecto es de competencia federal y que no desarrollará ninguna obra dentro de alguna área natural protegida de competencia Federal o Estatal; Sin embargo, toda vez que el establecimiento de las áreas naturales protegidas tiene por objeto preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los sistemas frágiles para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos, biológicos y ecológicos, se podrá especial atención para que durante el desarrollo del mismo en ninguna área protegida se descarguen o dispongan contaminantes al suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce.

Asimismo, el desarrollo del proyecto no implicará de ninguna manera el desarrollo de actividades cinegéticas o de explotación y aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestre, por lo que en este sentido no se afectarán especie de ninguna área natural protegida.

Durante el desarrollo del proyecto se tendrán perfectamente ubicadas todas las áreas naturales protegidas que se encuentran dentro del sistema ambiental regional, de tal forma que se aplicará un programa de manejo ambiental que permita dar cumplimiento y supervisar que de toda la normatividad ambiental aplicable al proyecto se cumpla en tiempo y forma, evitando de esta manera contravenir los decretos de cada una de las áreas naturales protegidas. Asimismo se dará cumplimiento a los lineamientos para la utilización del uso de suelo, el manejo de recursos naturales y de la realización de las actividades compatibles c con los programas de ordenamiento ecológico y con los planes de desarrollo urbano, tal como se describe a lo largo de este capítulo.

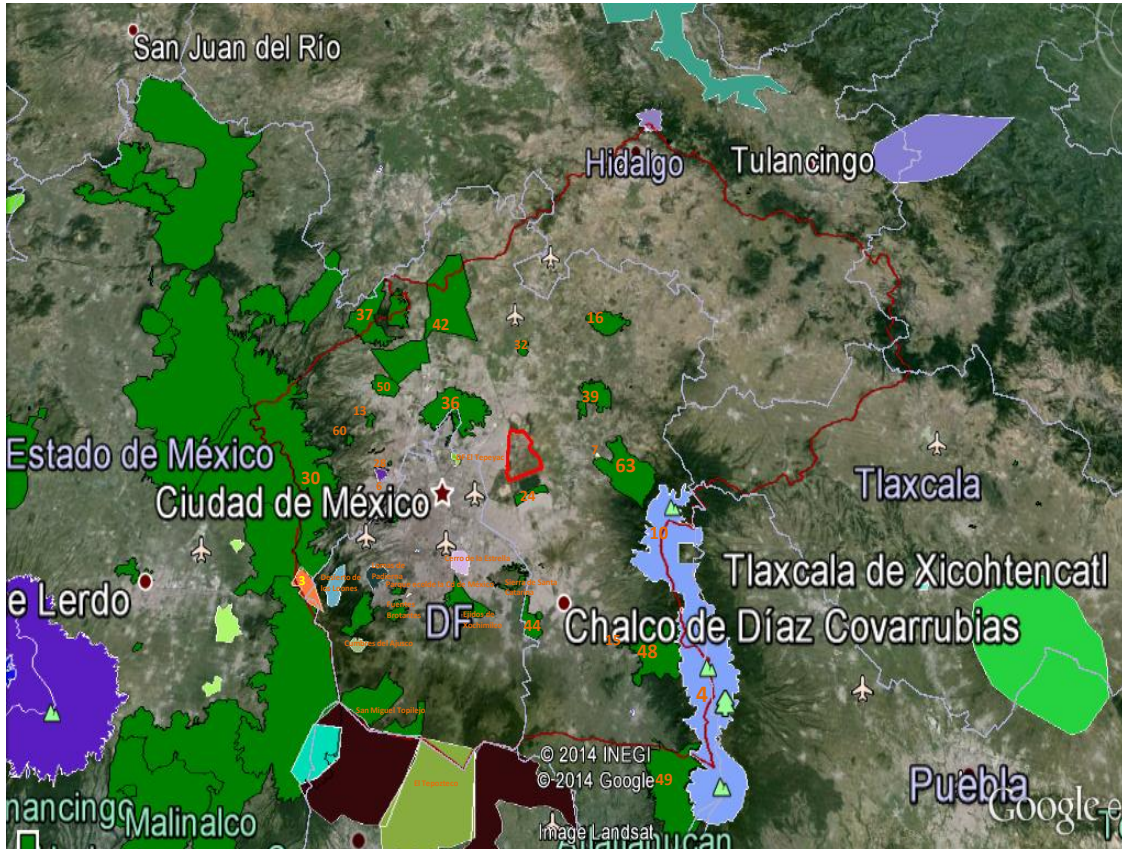


Figura III. 16 Áreas naturales protegidas de competencia Federal y Estatal que se ubican dentro del SAR (línea roja).

En la tabla siguiente, se describen las áreas naturales protegidas (Federales y Estatales) que se encuentran dentro del sistema ambiental regional (SAR) y la distancia a la que se encuentran de la parte perimetral del predio donde se pretende desarrollar el proyecto hacia la zona más próxima de cada área natural protegida.



Categoría	Número	Nombre	Estado/municipio	Fecha de decreto	Distancia aproximada al Proyecto en línea recta
Áreas de Competencia Estatal					
Parque Estatal	37	Sierra de Tepotzotlán	Estado de México: Tepotzotlán y Huehuetoca	26 de mayo de 1977	31.83 km al noroeste del proyecto
Parque Estatal	42	Parque Estatal para la protección y fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango	Estado de México: Zumpango, Teoloyucán, Cuautitlan Izcalli, Cuautla, Nextlalpan, Tepozotlán, Coyotepec, Huehuetoca y Tequixquiac.	23 de junio de 2003	22.46 km al noroeste del proyecto
Parque Estatal	50	Santuario del Agua y Forestal, Presa Guadalupe	Estado de México: Cuautitlán Izcalli y Nicolás Romero	13 de octubre de 2004	25 km al noroeste del proyecto
Parque Estatal	32	Parque ecológico estatal turístico y recreativo Sierra Hermosa	Estado de México: Tecámac	5 de abril de 1994	15.36 km al norte del proyecto
Parque Estatal	36	Sierra de Guadalupe	Estado de México: Tultitlan, Tlalnepantla, Coacalco y Ecatepec de Morelos	10 de agosto de 1976	5.4 km al noroeste del proyecto
Parque Estatal	16	Cerro Gordo	Estado de México: Temascalapa, Axapusco Martí y San Martín de las Pirámides	26 de mayo de 1977	25.62 km en dirección noreste
Parque Estatal	39	Sierra Patlachique	Estado de México: Acolman, Tepetlaoxtoc y Chiautla.	26 de mayo de 1997	11.03 km al noroeste del proyecto
Parque Estatal	13	Parque Atizapán Valle Escondido (Los Ciervos)	Estado de México: Atizapán de Zaragoza	10 de junio de 1978	28 km en dirección oeste
Zona sujeta a conservación	60	Zona sujeta a conservación ambiental Espíritu Santo	Estado de México: Jilotzingo	11 de agosto de 1994	31 km al oeste del proyecto
Parque Estatal	28	Metropolitano de Naucalpan	Estado de México: Naucalpan	15 de febrero de 1979, Modificado el 5 de junio de 2003	23.87 km en dirección oeste
Parque Estatal	30	Parque ecológico estatal turístico y recreativo Zempoala la Buffa, denominado	Estado de México: Ocoyoacac, Xalostoc, Tianguistenco; Distrito Federal	8 de enero de 1980	33.34 km en dirección oeste

Categoría	Número	Nombre	Estado/municipio	Fecha de decreto	Distancia aproximada al Proyecto en línea recta
		parque Otomí Mexica			
Parque estatal	24	Ing. Gerardo Cruickshank García	Estado de México: Texcoco y Chimalhuacán	4 de junio de 2001	2.85 km al sur del Proyecto
Reserva estatal	63	Sistema Tetzcotzinco	Estado de México: Texcoco	4 de junio de 2001	10.15 km al este del Proyecto
Parque estatal	44	Santuario del agua Lagunas de Xico	Estado de México: Valle de Chalco Solidaridad	8 de junio de 2004	23.24 al sur del proyecto
Parque estatal	15	Cerro El Faro y Los Monos	Estado de México: Tlalmanalco	8 de agosto de 2003	30 km al sureste del proyecto
Parque estatal	48	Santuario del agua y Forestal Manantiales Cascada Diamantes	Estado de México: Tlalmanalco	13 de octubre de 2004	33.30 al sureste del proyecto
Zona de Conservación Ecológica	-	Sierra de Santa Catarina	Distrito Federal	21 de agosto de 2003	16.20 sal sur del proyecto
Zona Sujeta a Conservación Ecológica	-	Parque ecológico de la Ciudad de México	Distrito Federal	3 de julio de 1989	28.69 al suroeste del proyecto
Zona Sujeta a Conservación Ecológica	-	Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco	Distrito Federal:	11 de enero de 2006	20 km al suroeste del proyecto
Reserva ecológica comunitaria	-	San Miguel Topilejo	Distrito Federal:	26 de junio de 2007	38.85 km al suroeste del proyecto
<b>Áreas de Competencia Federal</b>					
Parque Nacional	4	Iztaccíhuatl-Popocatepetl	Estado de México: Texcoco, Ixtapaluca, Chalco, Tlalmanalco, Amecameca, Atlautla y Ecatzingo. Puebla: Santa Rita Tlahuapan, San Salvador el Verde, Huejotzingo, San Nicolás de los Ranchos y Tochimilco. Morelos: Tetela del Volcán.	8 de noviembre de 1935. 11 de febrero de 1948 modificaciones de linderos del Parque Nacional.	22 km al sureste del Proyecto
Parque Nacional	6	Los Remedios	Estado de México: Naucalpan de Juárez	<u>15 de abril de 1938</u>	23.95 km en dirección oeste
Parque Nacional	3	Insurgente Miguel Hidalgo	Estado de México: Distrito Federal	<u>18 de Septiembre de 1936</u>	40.14 km en dirección

Categoría	Número	Nombre	Estado/municipio	Fecha de decreto	Distancia aproximada al Proyecto en línea recta
		y Costilla			oeste
Parque Nacional	10	Zoquiapan y Anexas	Estado de México: Ixtapaluca	13 de marzo de 1937	22.44 al sureste del proyecto
Parque Nacional	-	El Tepeyac	Distrito Federal	<u>18 de Febrero de 1937</u>	9.11 al oeste del proyecto
Parque Nacional	-	Desierto de los Leones	Distrito Federal	<u>27 de Noviembre de 1917</u>	38.5 km al suroeste del proyecto
Parque Nacional	-	Lomas de Padierna	Distrito Federal	<u>22 de Abril de 1938</u>	28.22 km al suroeste del proyecto
Parque Nacional	-	Cerro de la Estrella	Distrito Federal	<u>24 de Agosto de 1938</u>	14.30 km al suroeste del proyecto
Parque Nacional	-	Fuentes Brotantes de Tlalpan	Distrito Federal	<u>28 de Septiembre de 1936</u>	26.24 km al suroeste del proyecto
Parque Nacional	-	El Histórico Coyoacán	Distrito Federal	<u>26 de Septiembre de 1938</u>	21.32 al suroeste del proyecto
Parque Nacional	-	Cumbres del Ajusco	Distrito Federal	<u>19 de mayo de 1947</u>	37.52 al suroeste del proyecto
Parque Nacional	-	El Tepozteco	Morelos y Distrito Federal	<u>22 de Enero de 1937</u>	43.25 km al suroeste del proyecto

En este documento se realiza solo la vinculación de las áreas naturales protegidas próximas al proyecto. El área donde se ubica el Proyecto, interactúa con cinco áreas naturales protegidas: dos de jurisdicción federal; una ubicada al Este del Proyecto denominada Molino de Flores Netzahualcóyotl (7) y la otra ubicada la Sur y sureste del Proyecto llamada Iztaccíhuatl-Popocatepetl (4); y tres de jurisdicción estatal ubicadas: una al Suroestes del Proyecto nombrada Ing. Gerardo Cruickshank (24); otra ubicada al Noroeste del Proyecto denominada Sierra de Guadalupe (36) y la última al Este del Proyecto denominada Sistema Tetzcotzingo (63), cabe mencionar que en el Sistema Ambiental Regional no se ubica ninguna área natural protegida de competencia municipal.

### III.9.1 Áreas Naturales Protegidas Federales

En la siguiente tabla se describen las características de las dos áreas naturales protegidas de competencia Federal que se encuentran dentro del área de influencia del Proyecto.

Tabla III. 21 Áreas Naturaleza Protegidas de competencia Federa que se encuentran dentro de la zona donde se ubica el Proyecto.

Categoría	Número	Nombre	Estado/municipio	Fecha de decreto	Fecha de programa de protección	Distancia aproximada al Proyecto en línea recta
Parque Nacional	7	Molino de Flores Netzahualcoyot	Estado de México: Texcoco	5 de noviembre de 1937	Si programa	11.3 km al este del Proyecto
Parque	4	Iztaccíhuatl-	Estado de México: Texcoco,	8 de noviembre de	Si programa	22 km al sur

Categoría	Número	Nombre	Estado/municipio	Fecha de decreto	Fecha de programa de protección	Distancia aproximada al Proyecto en línea recta
Nacional		Popocatepetl	Ixtapaluca, Chalco, Tlalmanalco, Amecameca, Atlautla y Ecatingo. Puebla: Santa Rita Tlahuapan, San Salvador el Verde, Huejotzingo, San Nicolás de los Ranchos y Tochimilco. Morelos: Tetela del Volcán.	1935. 11 de febrero de 1948 modificaciones de linderos del Parque Nacional.		este del Proyecto

#### ⊕ **Molino de Flores Nezahualcoyotl**

El 5 de noviembre de 1937, en el Diario Oficial de la Federación se declaran Parque Nacional con el nombre de "Molino de Flores Netzahualcóyotl", los terrenos comprendidos dentro de la superficie correspondiente a la hacienda de El Molino de Flores, cuyos linderos serán determinados por el Departamento Forestal y de Caza y Pesca. En dicho Decreto no se establece ningún lineamiento regulatorio para esta área natural protegida (Parque Nacional).

Actualmente este Parque Nacional, no cuenta programa de conservación y manejo. Sin embargo, el Proyecto con el objetivo de preservar el área natural dará cumplimiento a lo establecido en la normatividad ambiental aplicable tal como se describe a lo largo de este capítulo.

#### ⊕ **Iztaccíhuatl-Popocatepetl**

El 8 de noviembre de 1935, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto en cuyo artículo Primero se declara Parque Nacional a las montañas denominadas Iztaccíhuatl y Popocatepetl, comprendiendo a los contrafuertes que las unen, Parque Nacional como sitio de belleza natural protectora y museo vivo de la flora y de la fauna comarcanas.

En su artículo segundo se establece que el límite inferior de este Parque Nacional será trazado por el Departamento Forestal y de Caza y Pesca siguiendo una curva de nivel de 3,000 metros de altitud sobre el nivel del mar, salvando únicamente las porciones de terrenos agrícolas y poblados que se encuentren dentro de la misma curva, estableciendo la línea límite del Parque Nacional a una distancia de 100 metros, por lo menos, de los correspondientes poblados y cultivos.

Con respecto a su artículo tercero, el 11 de febrero de 1948 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto de la modificación, de linderos del parque nacional "Iztaccíhuatl-Popocatepetl". En el que se establece a favor de la fábrica de Papel de San Rafael y Anexas, S.A, una Unidad Industrial de Explotación Forestal, en varios Municipios de los Estados de México, Puebla y Morelos, que en su parte relativa dictan sus transitorios lo siguiente:

En su artículo primero se establece que se modifican los linderos del Parque Nacional Iztaccíhuatl y Popocatepetl fijados por decreto de 29 de octubre de 1935, publicado el 8 de noviembre del mismo año, los que quedarán en la forma siguiente: cota de 3,600 metros sobre el nivel del mar en los cerros de Tláloc y Telapón y las montañas del Iztaccíhuatl y Popocatepetl, quedando con una superficie de 25,679 hectáreas con jurisdicción en los municipios de Texcoco, Ixtapaluca, Chalco, Tlalmanalco, Ozumba de Alzate, Atlautla y Ecatingo del Estado de México; Tlahuapan, San Salvador el Verde, Teotlaltzingo, Chiantzingo, Huejotzingo, San Andrés Calpan, San Nicolás de los Ranchos, Tianguismanalco, Atlixco y Tochimilco del Estado de Puebla, y Tetela del Volcán del Estado de Morelos. En su artículo segundo se declara zona de protección forestal del poblado de Río Frio, Municipio de Tlalmanalco, Estado de México, la zona comprendida por un radio de 2 kilómetros a partir de la parroquia del lugar.

Por último 11 de febrero de 1999 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto acuerdo por el que se declara extinguida la unidad industrial de explotación forestal que se estableció a favor de fábricas de papel de San Rafael y Anexa, S.A.

Al respecto, no se estima que el Proyecto genere un impacto ambiental significativo ya que las áreas naturales protegidas mencionadas se encuentran a una distancia de más de 20 km de los linderos de donde se pretende realizar la obra de Proyecto.

### III.9.2 Áreas Naturales Protegida Estatales

En la siguiente tabla se describen las características de las áreas naturales protegidas de competencia Estatal que se encuentran próximas del Proyecto.

Tabla III. 22 Áreas Naturaleza Protegidas de competencia Estatal que se encuentran próximas a la zona donde se ubica el Proyecto.

Estatus	Número	Nombre	Municipio	Fecha de Decreto	Fecha de Programa de Manejo	Distancia aproximada al Proyecto en línea recta
Parque Estatal	24	Ing. Gerardo Cruickshanck	Chimalhuacán Texcoco	4 de junio de 2001	Sin Programa	3 km al sur del Proyecto
Parque Estatal	36	Sierra de Guadalupe	Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlan	10 de agosto de 1976	9 de febrero de 1999	5.5 km al nor este del Proyecto
Reserva Ecológica Estatal	63	Sistema Tetzcotzingo	Texcoco	4 de junio de 2001	Sin Programa	10.15 km al este del Proyecto

#### Parques Estatales

##### ⊕ **Ing. Gerardo Cruickshanck García, ubicada en el municipio de Chimalhuacán**

El 4 de junio del 2001, se publicó en la Gaceta del Gobierno del Estado de México, la declaratoria del Ejecutivo del Estado en la que se establece el área natural protegida con la categoría de Parque Estatal denominado Ing. Gerardo Cruickshanck García, ubicado el municipio de Chimalhuacán. En su artículo Tercero, se establece que la zona declarara área natural protegida será destinada a la restauración, reforestación y conservación de la flora y fauna, recuperación de mantos freáticos, preservación de los ecosistemas y sus elementos y la realización de las actividades de recreación, turismo y educación ecológicos. Asimismo, en el artículo cuarto se establece que el uso o aprovechamiento de los recursos naturales del Parque Estatal, se regulará de la forma siguiente:

- I. El uso del suelo quedará permanentemente sujeto a las previsiones contenidas en la presente declaratoria;
- II. Queda prohibida cualquier obra o actividad que contravenga el destino o el aprovechamiento de los elementos naturales dentro del área natural protegida;
- III. Queda prohibida la introducción de especies vegetales y animales no compatibles con las condiciones ecológicas del parque;
- IV. Se permitirá el desarrollo de instalaciones y equipamiento para fines de recreación, turismo y educación ecológicos, sin contravenir las normas de protección de los recursos naturales; y
- V. La Secretaría de Ecología formulará y desarrollará los programas de recuperación, restauración y manejo.

Asimismo, en el artículo Quinto, se establece que la Secretaría de Ecología determinará los lineamientos para la:

I. La realización de las acciones de preservación, recuperación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del parque; II. La administración y vigilancia del área natural protegida; y III. La elaboración de las reglas administrativas a que se sujetarán las actividades dentro del área natural protegida.

Por otro lado en el artículo Sexto se establece que los lineamientos del programa del manejo del parque deberán incluir los criterios ecológicos siguientes:

- I. De protección de recursos naturales,
- II. De restauración y de recuperación en las zonas que presenten deterioro ecológico,
- III. De aprovechamiento para la realización de actividades compatibles con la preservación ecológica del área, especificando el tipo, extensión y duración.

Mientras que en el artículo Séptimo, se describe que la autorización para la explotación, explotación o aprovechamiento y los recursos naturales del parque, estará sujeto al programa de manejo elaborado por la Secretaría de Ecología.

Al respecto, cabe mencionar que hasta el momento no se cuenta con un plan de manejo y conservación de esta área natural protegida, sin embargo el Proyecto dará cumplimiento a todas las normatividad ambiental aplicable y vigente.

#### ⊕ **Sierra de Guadalupe**

El 10 de agosto de 1976, se publicó en la Gaceta del Gobierno del Estado de México, el decreto del Ejecutivo del Estado por el que se crea el Parque Estatal denominado "Sierra de Guadalupe" que comprende la zona montañosa conocida como Sierra de Guadalupe, ubicada dentro del Valle de México al norte del Distrito Federal y comprendida en los municipios de Tlalnepantla, Ecatepec de Morelos, Coacalco y Tultitlan, Estado de México. En los considerandos de dicho decreto, se establece que:

La causa de utilidad pública que origina la creación del Parque, es precisamente la posibilidad de que se puedan plantar árboles de variedades apropiadas para su clima, al forestarse debidamente este Parque se convertirá en una zona de recreo, para las habitantes de la parte central de la es Valle y personas que visiten esta región, que contará con espacios abiertos para zonas de esparcimiento físico y mental, ya que se establecerán , zonas deportivas, juegos infantiles, pradera, paseos arbolados y otros atractivos de gran utilidad para el esparcimiento popular.

Asimismo se indica que dicho Parque se crea para proveer los problemas de desarrollo urbano al evitarse el alto costo de construcción de los servicios municipales, en lugares no apropiados por la configuración topográfica de terreno, para asentamientos humanos; el enorme costo de operación y mantenimiento de esos servicios municipales, la dificultad para la comunicación vial en laderas y terrenos accidentados y problemas para el control, reparto de correspondencia, entre otros.

De acuerdo a su artículo Segundo, el Parque tendrá una extensión de 6,322.50 hectáreas y de situará en la cota de 2,350 m.s.n.m. excluyendo las zonas ya pobladas densamente arriba de esta cota. En su artículo Sexto se indica que el uso preferente del Parque estatal, será el establecimiento de áreas arboladas y de recreo

### **Reserva Ecológica Estatal**

#### ⊕ **Sistema Tetzcotzingo**

El 4 de junio del 2001, se publicó en la Gaceta del Gobierno del Estado de México, declaratoria del Ejecutivo del Estado por la que se establece como área natural protegida con la categoría de reserva estatal denominada Sistema Tetzcotzingo, ubicada en el Municipio de Texcoco, Estado de México. El área natural protegida tendrá una superficie total de 7810-95-14 hectáreas de las cuales 126-01-95 hectáreas corresponden a Zona Arqueológica de Tetzcotzingo y 7684-93-19 hectáreas pertenecen al sistema de terrazas agrícolas.

En su artículo Sexto, se establece que el uso o aprovechamiento de los elementos y recursos naturales del parque estatal, se regirá de la forma siguiente:

- a) Queda prohibida cualquier obra o actividad que contravenga el destino y aprovechamiento de los elementos naturales y arqueológicos dentro del área natural protegida y los criterios que se determinan para el programa de manejo respectivo
- b) Queda prohibido el aprovechamiento de los mantos acuíferos, de la flora y fauna silvestre y la tala de árboles excepto las de carácter fitosanitario;
- c) Queda prohibida la caza de fauna silvestre. a excepción de aquella que sea nociva para la conservación de ecosistema,
- d) Queda prohibida la introducción de especies animales y vegetales no compatibles con las condicione ecológicas del área natural protegida;
- e) Queda prohibida la apertura de minas y la explotación de yacimientos pétreos y cualquier otra actividad de extracción del subsuelo o superficie a cielo abierto: y
- f) Cualquier programa de recuperación, restauración y manejo que se pretenda aplicar sobre la reserva estatal, deberá estar aprobado por la Secretaria de Ecología y, en su caso por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

En su artículo Séptimo se establecen que los lineamientos del programa de manejo del área natural protegida, sin menoscabo de las atenuaciones que le corresponden al Instituto Nacional de Antropología e Histona, deberán incluir los críatenos siguientes:

- I. De protección, cuyo objetivito es la conservación y resguardo de lodo vestigios arqueológico en ella contenidos, así como, la preservación de los recursos naturales de suelo, agua, flora y fauna existentes en la zona,
- II. De recuperación en referencia al deterioro ecológico, agrícola y arqueológico que se presente y al ya existente en vestigios, áreas de pérdida de suelo, biodiversidad y contaminación de cuerpos de agua y
- III. De aprovechamiento mediante la utilización y fortalecimiento de sistemas regulados de producción agrícola con tecnologías precolombinas, y de todas aquellas actividades compatibles con la preservación ecológica y arqueológica de la zona especificando su tipo, extensión y duración.

En su artículo Octavo se establece que la autorización para exploración, explotación, investigación y aprovechamiento de recursos naturales e históricos, así como, la realización de obras en el área natural protegida, estará sujeta al programa de manejo aprobado por la Secretaría de Ecología y el Instituto Nacional de Antropología e Historia en el ámbito de sus respectivas competencias.

Como ya se mencionó el desarrollo del proyecto no implica obras o actividades dentro de ninguna para natural procedida de competencia Estatal, por lo que se no se tiene contemplada la afectación de tal forma que no se contraviene ninguno de los preceptos establecidos en los decretos y/o programas de manejo de las mismas.

### III.10 Normas Oficiales Mexicanas aplicables

Las Normas Oficiales Mexicanas que tienen incidencia en el Proyecto durante sus etapas de Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, incluyen diversos aspectos entre los que se mencionan los siguientes:

#### III.1.1 Agua

Tabla III. 23 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Agua.

Norma Oficial Mexicana	Nombre	Actividades que la Promovente realizará para el cumplimiento
<b>Para las aguas residuales</b>		
NOM-001-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales	El Proyecto tiene contemplado realizar descargas de aguas residuales por lo que se solicitará y obtendrá el permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua", cumpliendo con los parámetros de descarga establecidos en dicho permiso o apegándose estas normas, mediante la aplicación de sistema de tratamiento de aguas residuales. Asimismo antes de ser vertidas a algún sistema de alcantarillado, se verificará el cumplimiento con lo estipulado en estas Normas Oficiales Mexicanas, mediante análisis de calidad del agua residual realizados por un laboratorio acreditado.
NOM-002-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	

#### III.1.2 Aire

Tabla III. 24 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Aire.

Norma Oficial Mexicana	Nombre	Actividades que la Promovente realizará para el cumplimiento
<b>Para las aguas residuales</b>		
NOM-041-SEMARNAT-2006	Que establece los límites permisibles de emisiones de gases contaminaste del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible	Para dar cumplimiento con lo establecido en estas Normas, se aplicara un programa de verificación vehicular obligatoria que incluya la obtención de la verificación correspondiente por cada uno de los automotores utilizado durante la operación del Proyecto de manera semestral.
NOM-045-SEMARNAT-2006	Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de pruebas y características técnicas del equipo de medición.	

### III.1.3 Residuos

Tabla III. 25 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Residuos.

Norma Oficial Mexicana	Nombre	Actividades que la Promovente realizará para el cumplimiento
<b>Para el control y manejo de residuos peligrosos</b>		
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación y los listados de los residuos peligrosos.	Conforme a esta Norma, se identificarán los residuos peligrosos generados durante las etapas de Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento. Asimismo, se implementará un plan de manejo para residuos peligrosos.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial	Se realizará el estudio de compatibilidad de residuos peligrosos generados durante las etapas de Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento con el fin de que dichos residuos se almacenen temporalmente conforme los resultados obtenidos en el estudio de compatibilidad.
<b>Para el control y manejo de los residuos de manejo especial</b>		
NTEA-011-SMA-RS-2008	Que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción para el Estado de México	Los residuos de la construcción serán seleccionados y separados desde la fuente de generación, realizando esta separación de acuerdo a la etapa de Construcción. Asimismo, los residuos de la construcción serán almacenados en un área dentro del predio evitando esparcimiento de lodos, sólidos granulares y las obstrucción de vía pública y el alcantarillado. Los residuos serán dispuestos en sitios debidamente autorizados.

### III.1.4 Ruido

Tabla III. 26 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Ruido.

Norma Oficial Mexicana	Nombre	Actividades que la Promovente realizará para el cumplimiento
<b>Para el control de suelos contaminados</b>		
NOM-080-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Para dar cumplimiento a esta norma, se establecerá un programa de mantenimiento que incluya actividades preventivas y correctivas que aseguren que ruido proveniente del escape de los vehículos es el mínimo.

### III.1.5 Flora y Fauna

Tabla III. 27 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Flora y Fauna.

Norma Oficial Mexicana	Nombre	Actividades que la Promovente realizará para el cumplimiento
<b>Para la protección de flora y fauna silvestre</b>		
NOM-059-SEMARNAT-2010	Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.	Se elaborará e implementará durante las etapas de Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, un Programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat y un Programa de rescate de fauna, para las especies listadas en esta Norma Oficial Mexicana.

### III.1.6 Suelo

Tabla III. 28 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Suelo.

Norma Oficial Mexicana	Nombre	Actividades que la Promovente realizará para el cumplimiento
<b>Para el control de suelos contaminados</b>		
NOM-138-SEMARNAT/SS-2003.	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación	En caso de derrames o fugas de hidrocarburos, se realizará una caracterización después de haber tomado las medidas de urgente aplicación y prestar el programa de remediación ante la SEMARNAT.





## **CAPÍTULO IV**

### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN**

## ÍNDICE

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN .....	IV-1
IV.1.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el Proyecto.....	IV-4
IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental regional (SAR).....	IV-16
IV.3 Medio abiótico.....	IV-16
IV.3.1 Clima .....	IV-16
IV.3.2 Aire .....	IV-33
IV.3.3 Ruido .....	IV-42
IV.3.4 Fisiografía.....	IV-43
IV.3.5 Geología y geomorfología .....	IV-46
IV.3.6 Edafología .....	IV-68
IV.3.7 Hidrología .....	IV-94
IV.3.8 Hidrología Superficial .....	IV-100
IV.3.9 Hidrología Subterránea .....	IV-112
IV.4 Medio Biótico .....	IV-129
IV.4.1 Flora .....	IV-129
IV.4.2 Fauna .....	IV-180
IV.5 Medio socioeconómico .....	IV-222
IV.6 Paisaje .....	IV-247
IV.7 Diagnóstico ambiental .....	IV-252
IV.7.1 Integración e interpretación del inventario .....	IV-252
IV.7.2 Sistema abiótico .....	IV-252
IV.7.3 Sistema biótico .....	IV-259
IV.7.4 Estructura por componentes del ecosistema .....	IV-264

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV.1 Coordenadas extremas (UTM) del predio del Proyecto.....	IV-1
Tabla IV.2 Distribución de los tipos climáticos en el SAR y el AIP.....	IV-17
Tabla IV.3 Envoltente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático BS1kw.....	IV-19
Tabla IV.4 Envoltente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w1). .....	IV-19
Tabla IV.5 Envoltente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w2) .....	IV-20
Tabla IV.6 Envoltente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(wo). .....	IV-20
Tabla IV.7 Envoltente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático Cb'(w2).....	IV-21
Tabla IV.8 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático BS1kw.....	IV-28
Tabla IV.9 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w1). .....	IV-28
Tabla IV.10 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w2). .....	IV-29
Tabla IV.11 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(wo). .....	IV-30
Tabla IV.12 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático Cb'(w2).....	IV-31
Tabla IV.13 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2012, para NO, NO2 y NOX.....	IV-40
Tabla IV.14 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2012, para SO2, CO y O3.....	IV-40
Tabla IV.15 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2012, para PM10 y PM 2.5. ....	IV-40
Tabla IV.16 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2013, para NO; NO2 y NOX.....	IV-41
Tabla IV.17 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2013, para O3, SO2 y CO.....	IV-41

Tabla IV.18 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2013, para PM10 y PM 2.5. ....	IV-41
Tabla IV.19 Fisiografía en el SAR, el AIP y el Proyecto. ....	IV-43
Tabla IV.20 Distribución de las topoformas en el SAR, el AIP y el Proyecto. ....	IV-45
Tabla IV.21 Distribución de las unidades litológicas en el SAR, el AIP y el Proyecto. ....	IV-46
Tabla IV.22 Unidad Morfogenéticas PII61 del Proyecto. ....	IV-54
Tabla IV.23 Distribución de los rangos de la pendiente en el SAR, el AIP y el Proyecto. ....	IV-59
Tabla IV.24 Distribución de Fallas y Fracturas en el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto. ....	IV-65
Tabla IV.25 Distribución de las unidades edafológicas en el SAR, el AIP y el Proyecto. ....	IV-68
Tabla IV.26 Tipo de suelos en el SAR, el AIP y el Proyecto. ....	IV-78
Tabla IV.27 Perfil de suelo 1 del Proyecto. ....	IV-82
Tabla IV.28 Tipos de erosión presentes en el SAR, el AIP y el Proyecto. ....	IV-84
Tabla IV.29 Origen de los tipos de afectación del suelo. ....	IV-85
Tabla IV.30 Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia "R" en la República Mexicana. ....	IV-87
Tabla IV.31 Erosionalidad de los suelos (K) en función de la textura y el contenido de materia orgánica. ....	IV-89
Tabla IV.32 Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdida de suelo. ....	IV-90
Tabla IV.33 Degradación del suelo sin Proyecto. ....	IV-92
Tabla IV.34 Datos históricos de altura del sistema lagunar en el año de 1804. ....	IV-95
Tabla IV.35 Hidrología superficial presente en el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto. ....	IV-100
Tabla IV.36 Corrientes superficiales que alimentan al Ex-Lago de Texcoco. ....	IV-103
Tabla IV.37. Corrientes superficiales que alimentan al Ex-Lago de Texcoco. ....	IV-104
Tabla IV.38 Cuerpos de agua artificiales. ....	IV-106
Tabla IV.39 Cuerpos de agua para regulación. ....	IV-107
Tabla IV.40 Valores correspondientes a los iones principales del lago Nabor Carrillo y máximos permitidos para riego. ....	IV-109
Tabla IV.41 Valores máximos y mínimos bacteriológicos (UFC/100 mL) para el lago Nabor Carrillo. ....	IV-110
Tabla IV.42 Condición de aprovechamiento de los acuíferos de acuerdo al REPDA y su disponibilidad. ....	IV-119
Tabla IV.43 Aprovechamientos de la cuenca del Valle de México. ....	IV-121
Tabla IV.44 Aprovechamiento por uso. ....	IV-121
Tabla IV.45 Uso de suelo y vegetación en la Microcuenca Texcoco o AIP-Flora. ....	IV-135
Tabla IV.46 Uso de suelo y tipo de vegetación en el predio del Proyecto. ....	IV-140
Tabla IV.47 Grados de degradación de la vegetación en el SAR y la poligonal del Proyecto. ....	IV-141
Tabla IV.48 Área de los diferentes tipos de vegetación y componentes existentes en el predio. ....	IV-143
Tabla IV.49 Coordenadas de los sitios de muestreo 1, 2 y 3. ....	IV-155
Tabla IV.50 Coordenadas de los sitios de muestreo 4 y 5. ....	IV-156
Tabla IV.51 Coordenadas del sitio de muestreo 6. ....	IV-156
Tabla IV.52 Coordenadas del sitio de muestreo 7. ....	IV-157
Tabla IV.53 Coordenadas del sitio de muestreo 8. ....	IV-158
Tabla IV.54 Coordenadas del sitio de muestreo 9. ....	IV-158
Tabla IV.55 Coordenadas del sitio de muestreo 10. ....	IV-159
Tabla IV.56 Coordenadas del sitio de muestreo 11. ....	IV-160
Tabla IV.57 Coordenadas del sitio de muestreo 13. ....	IV-161
Tabla IV.58 Coordenadas del sitio de muestreo 15. ....	IV-161
Tabla IV.59 Coordenadas del sitio de muestreo 16. ....	IV-162
Tabla IV.60 Coordenadas del sitio de muestreo 17. ....	IV-163
Tabla IV.61 Coordenadas del sitio de muestreo 18. ....	IV-163
Tabla IV.62 Coordenadas del sitio de muestreo 19. ....	IV-164
Tabla IV.63 Coordenadas del sitio de muestreo 20. ....	IV-165
Tabla IV.64 Coordenadas del sitio de muestreo 21. ....	IV-165
Tabla IV.65 Coordenadas del sitio de muestreo 22. ....	IV-166
Tabla IV.66 Coordenadas del sitio de muestreo 23. ....	IV-167
Tabla IV.67 Coordenadas del sitio de muestreo 24. ....	IV-167
Tabla IV.68 Coordenadas del sitio de muestreo 25. ....	IV-168
Tabla IV.69 Coordenadas del sitio de muestreo 26. ....	IV-169
Tabla IV.70 Lista de especies del predio del Proyecto. ....	IV-172
Tabla IV.71 Lista preliminar de especies del predio del Proyecto. ....	IV-173
Tabla IV.72 Índices de diversidad del estrato arbóreo. ....	IV-176
Tabla IV.73 Índices de diversidad del estrato arbustivo. ....	IV-176

Tabla IV.74 Índices de diversidad del estrato herbáceo. ....	IV-177
Tabla IV.75 Índices de Máxima Diversidad presentes en los tres estratos de la vegetación.....	IV-177
Tabla IV.76 Índice de Valor de Importancia (IVI) de importancia para las especies presentes en área sujeta a cambio de uso de suelo.....	IV-179
Tabla IV.77 Lista de mamíferos reportados bibliográficamente en el SAR bajo alguna categoría de protección.....	IV-180
Tabla IV.78 Lista de Anfibios reportados para el SAR en alguna categoría de protección.....	IV-181
Tabla IV.79 Lista de reptiles reportados bibliográficamente para el SAR en alguna categoría de protección.....	IV-182
Tabla IV.80 Lista de peces reportados bibliográficamente en el SAR bajo alguna categoría de protección. ....	IV-183
Tabla IV.81 Abundancia de la herpetofauna identificada en los trabajos de campo.....	IV-192
Tabla IV.82 Abundancia de herpetofauna identificada en los trabajos de campo en la poligonal del Proyecto. ....	IV-193
Tabla IV.83 Abundancia de herpetofauna fuera del área bajo estudio. ....	IV-193
Tabla IV.84 Importancia relativa de las especies de herpetofauna dentro la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco. ....	IV-193
Tabla IV.85 Índices de diversidad por área (herpetofauna). ....	IV-195
Tabla IV.86 Abundancia por tipo de vegetación en la Zona Federal (mastofauna). ....	IV-196
Tabla IV.87 Abundancia por tipo de vegetación en el Área del Proyecto (mastofauna). ....	IV-196
Tabla IV.88 Abundancia por tipo de vegetación en los terrenos fuera del Área del Proyecto (mastofauna). ....	IV-196
Tabla IV.89 Importancia relativa de las especies dentro del sistema (mastofauna). ....	IV-197
Tabla IV.90 Índices de diversidad por área (mastofauna).....	IV-197
Tabla IV.91 Relación de la avifauna registrada en el AICA y las zonas estudiadas. ....	IV-208
Tabla IV.92 Estatus de protección de la fauna registrada en el predio del Proyecto. ....	IV-215
Tabla IV.93 Población del SAR a nivel de entidad federativa. ....	IV-222
Tabla IV.94 Municipios que conforman el AID. ....	IV-223
Tabla IV.95 Municipios y Delegaciones Políticas que conforman el AII.....	IV-223
Tabla IV.96 Área de Influencia socioeconómica global del Proyecto.....	IV-226
Tabla IV.97 Evolución demográfica quinquenal 1990-2010 de la ZMVM. ....	IV-227
Tabla IV.98 Evolución poblacional de la ZMVM diferenciada entre municipios y delegaciones y población total del AII al 2010. . IV-227	
Tabla IV.99 Estructura de la población por género a nivel municipal en el AID, 2010.....	IV-228
Tabla IV.100 Distribución y crecimiento de la población en municipios y delegaciones en el AID y municipios y delegaciones colindantes. ....	IV-228
Tabla IV.101 Principales localidades en términos demográficos de los municipios en que se ubica el área del Proyecto. ....	IV-229
Tabla IV.102 Distribución de la población del municipio de Atenco por localidad mayor y más cercana al predio del Proyecto (2010).....	IV-229
Tabla IV.103 Distribución de la población del municipio de Texcoco por localidad mayor y/o más cercana al área del Proyecto. IV-230	
Tabla IV.104 Estructura de la población del AID por edades 2010.....	IV-230
Tabla IV.105 Densidad de Población en los municipios y delegaciones de las AID y AII en 2010.....	IV-231
Tabla IV.106 Población de Origen Indígena en los principales municipios del AID.....	IV-232
Tabla IV.107 Proyección del crecimiento poblacional en principales localidades relacionadas con el AID.....	IV-232
Tabla IV.108 Grado de marginación municipal. ....	IV-233
Tabla IV.109 Indicadores de Migración.....	IV-234
Tabla IV.110 Valor de la Producción Agrícola (Millones de pesos). ....	IV-238
Tabla IV.111 Población Económicamente Activa.....	IV-241
Tabla IV.112 Proyecciones para la generación de empleos. ....	IV-242
Tabla IV.113 Criterios para evaluar la Calidad Visual.....	IV-247
Tabla IV.114 Modelo de Rojas y Kong (1988) modificado y valorizado utilizando para la evaluación de la calidad visual. ....	IV-248
Tabla IV.115 Criterios para evaluar la fragilidad visual de una unidad de paisaje. ....	IV-249
Tabla IV.116 Modelo de Rojas y Kong (1998) modificado y valorizado utilizando para la evaluación de la fragilidad visual. ...	IV-250
Tabla IV.117 Resumen de la valorización del paisaje del sitio del Proyecto. ....	IV-250
Tabla IV.118 Clases y escala utilizadas para evaluar la calidad visual. ....	IV-251
Tabla IV.119 Evaluación del Paisaje del predio del Proyecto. ....	IV-251
Tabla IV.120 Superficie del SAR y de la poligonal del Proyecto. ....	IV-252
Tabla IV.121 Parámetros para la determinación del índice de conservación. ....	IV-271
Tabla IV.122 Jerarquización del estado de conservación de los ecosistemas. ....	IV-271
Tabla IV.123 Clasificación de la pérdida total del hábitat.....	IV-272
Tabla IV.124 Análisis de bloques de hábitats. ....	IV-272

Tabla IV.125 Grado de fragmentación del hábitat.....	IV-273
Tabla IV.126 Conversión anual.....	IV-273
Tabla IV.127 Análisis del grado de Protección.....	IV-274
Tabla IV.128 Estado de conservación instantáneo.....	IV-274
Tabla IV.129 Jerarquización del estado de conservación de los ecosistemas.....	IV-276
Tabla IV.130 Análisis de amenazas.....	IV-276
Tabla IV.131 Jerarquización del estado de conservación de los ecosistemas.....	IV-277

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV.1 Ubicación geográfica nacional y estatal del Proyecto.....	IV-2
Figura IV.2 Ubicación geográfica municipal del Proyecto.....	IV-2
Figura IV.3 Vialidades de acceso al Proyecto.....	IV-3
Figura IV.4 Delimitación cartográfica del predio del Proyecto y la proyección del "NAICM".....	IV-4
Figura IV.5 Sobreposición de la Cuenca de México y la poligonal del Proyecto.....	IV-5
Figura IV.6 Sobreposición de la Cuenca de México, la poligonal del Proyecto y los Acuíferos Texcoco y Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).....	IV-5
Figura IV.7 Sobreposición de la Cuenca de México, la poligonal del Proyecto y los Conos de Ruido que se tendrán en la fase de Operación y Mantenimiento del Proyecto bajo evaluación.....	IV-6
Figura IV.8 Sobreposición de la Cuenca Atmosférica de la ZMCM, la topografía del terreno en cotas de nivel cada 500m y hasta un máximo de 3,000m así como la Cuenca de México.....	IV-7
Figura IV.9 Sobreposición de las cotas de nivel que delimitan la Cuenca Atmosférica de la ZMCM hasta los 3,000 m sobre el nivel del piso, la Cuenca de México y la poligonal del Proyecto.....	IV-8
Figura IV.10 Trazo de las rutas de vuelo de las aves dentro de la ZMCM y su vinculación con los cuerpos de agua existentes o Área de Influencia de las Aves (AI-Av).....	IV-10
Figura IV.11 Sobreposición del Área de Influencia de las Aves en la Cuenca de México y la poligonal del Proyecto.....	IV-10
Figura IV.12 Diámetros de recorrido hacia el Proyecto.....	IV-11
Figura IV.13 Delimitación de los municipios adyacentes a la poligonal del Proyecto.....	IV-12
Figura IV.14 Sobreposición del Área de Influencia para el análisis socioeconómico del Proyecto sobre el territorio de la Cuenca de México.....	IV-12
Figura IV.15 Proyección cartográfica de los Criterios analizados y que sobrepasan el área geográfica de la Cuenca de México.....	IV-13
Figura IV.16 Sistema Ambiental Regional del Proyecto.....	IV-14
Figura IV.17 Flujo de viento estacional.....	IV-27
Figura IV.18 Cuenca atmosférica de la ZMCM y el SAR del Proyecto.....	IV-34
Figura IV.19 Consumo de energéticos por tipo de consumidor.....	IV-35
Figura IV.20 Contaminantes y precursores por fuente de generación dentro la ZMVM.....	IV-36
Figura IV.21 Emisiones de gases invernadero en la Cuenca de México.....	IV-36
Figura IV.22 Generación de hidrocarburos (benceno, tolueno, etilbenceno y BTEX) de puntos fijos.....	IV-37
Figura IV.23 Principales contaminantes en la ZMVM.....	IV-37
Figura IV.24 Emisión horaria de los principales contaminantes presentes en la ZMVM.....	IV-38
Figura IV.25 Distribución de la RAMA en la ZMVM y el área del Proyecto.....	IV-39
Figura IV.26 Ubicación de las estaciones de monitoreo atmosférico Los Laureles (LLA), San Agustín (SAG) y Montecillo (MON).....	IV-39
Figura IV.27 Sobreposición de la Cuenca de México, la poligonal del Proyecto y los Conos de Ruido que se tendrán en la fase de Operación y Mantenimiento del Proyecto bajo evaluación.....	IV-42
Figura IV.28 Columna geológica formaciones en el SAR, el AIP y el Proyecto.....	IV-49
Figura IV.29 Columnas geológicas de los pozos profundos de la Ciudad de México.....	IV-55
Figura IV.30 Sección hidrogeológica que muestra la disposición de materiales hasta 400 metros de profundidad en el municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México.....	IV-56
Figura IV.31 Sección geológica en la zona de Sosa Texcoco I - G.....	IV-57
Figura IV.32 Zonas de riesgo por sismicidad en el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.....	IV-63
Figura IV.33 Fallas y fracturas presentes en el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.....	IV-64
Figura IV.34 Zonificación de las áreas de peligro por caída de materiales volcánicos en relación a la poligonal del Proyecto.....	IV-67
Figura IV.35 Litoestratigrafía local de la zona federal del Ex-Lago de Texcoco.....	IV-81

Figura IV.36 Mapa de erosividad de la República Mexicana.....	IV-86
Figura IV.37 Lago de Texcoco y la ubicación aproximada del Proyecto.....	IV-94
Figura IV.38 Ex-Lago de Texcoco en relación a la Ciudad de México (círculo), el año de 1929.....	IV-95
Figura IV.39 Evolución del Ex-Lago de Texcoco en relación a la ZMCM (color amarillo) en el año de 1980.....	IV-96
Figura IV.40 Evolución del Ex-Lago de Texcoco en relación a la ZMCM (amarillo) en el año 2000.....	IV-97
Figura IV.41 Ex-Lago de Texcoco en relación a la ZMCM en el año 2014.....	IV-97
Figura IV.42 Arroyos y corrientes que alimentan al Ex-Lago de Texcoco por su extensión.....	IV-99
Figura IV.43 Arroyos y corrientes que alimentan al Ex-Lago de Texcoco por su aporte en m <sup>3</sup> /segundo.....	IV-99
Figura IV.44 Infraestructura actual el funcionamiento hidráulico-hidrológico del Ex-Lago de Texcoco.....	IV-105
Figura IV.45 Sistema de acuíferos.....	IV-114
Figura IV.46 Secciones geológicas tipo.....	IV-115
Figura IV.47 Sección hidrogeológica desde la Sierra de las Cruces hasta la Sierra de Río Frio que cruza la ciudad de México y Texcoco.....	IV-117
Figura IV.48 Recarga del acuífero Texcoco.....	IV-120
Figura IV.49 Microcuenca hidrológica Texcoco, considerada como el área de influencia para el componente vegetal, del Proyecto.....	IV-130
Figura IV.50 Manchones con vegetación al extremo Suroeste del predio del Proyecto.....	IV-143
Figura IV.51 Manchones de vegetación en la porción Sureste del predio del Proyecto.....	IV-144
Figura IV.52 Manchones de vegetación en la porción media central al Este del predio del Proyecto.....	IV-144
Figura IV.53 Vegetación en la porción media central al Oeste del predio del Proyecto.....	IV-145
Figura IV.54 Polígonos de vegetación en la porción Noroeste del predio del Proyecto.....	IV-145
Figura IV.55 Polígonos de vegetación en el extremo Norte del predio del Proyecto.....	IV-146
Figura IV.56 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.....	IV-147
Figura IV.57 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.....	IV-147
Figura IV.58 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.....	IV-148
Figura IV.59 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.....	IV-148
Figura IV.60 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.....	IV-149
Figura IV.61 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.....	IV-149
Figura IV.62 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.....	IV-150
Figura IV.63 Primera ubicación de puntos de muestreo de pastizal halófilo en el predio del Proyecto.....	IV-151
Figura IV.64 Zona con pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.....	IV-152
Figura IV.65 Zona de pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.....	IV-152
Figura IV.66 Zona de pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.....	IV-153
Figura IV.67 Zona con pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.....	IV-153
Figura IV.68 Zona con pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.....	IV-154
Figura IV.69 Zona de Pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.....	IV-154
Figura IV.70 Zona de pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.....	IV-155
Figura IV.71 Sitio de muestreos 1, 2 y 3.....	IV-155
Figura IV.72 Sitio de muestreo 4 y 5.....	IV-156
Figura IV.73 Sitio de muestreo 6.....	IV-157
Figura IV.74 Sitio de muestreo 7.....	IV-157
Figura IV.75 Sitio de muestreo 8.....	IV-158
Figura IV.76 Sitio de muestreo 9.....	IV-159
Figura IV.77 Sitio de muestreo 10.....	IV-159
Figura IV.78 Sitio del muestreo 11 y 12.....	IV-160
Figura IV.79 Sitio de muestreo 13 y 14.....	IV-161
Figura IV.80 Sitio de muestreo 15.....	IV-162
Figura IV.81 Sitio de muestreo 16.....	IV-162
Figura IV.82 Sitio de muestreo 17.....	IV-163
Figura IV.83 Sitio de muestreo 18.....	IV-164
Figura IV.84 Sitio de muestreo 19.....	IV-164
Figura IV.85 Sitio de muestreo 20.....	IV-165
Figura IV.86 Sitio de muestreo 21.....	IV-166
Figura IV.87 Sitio de muestreo 22.....	IV-166
Figura IV.88 Sitio de muestreo 23.....	IV-167
Figura IV.89 Sitio de muestreo 24.....	IV-168

Figura IV.90 Sitio de muestreo 25.....	IV-168
Figura IV.91 Sitio de muestreo 26.....	IV-169
Figura IV.92 Principales rutas migratorias de aves acuáticas en Norteamérica.....	IV-184
Figura IV.93 Áreas de consideración para el estudio de las aves.....	IV-184
Figura IV.94 Requerimientos del espejo de agua para algunas especies de ornitofauna.....	IV-187
Figura IV.95 Localización de las Unidades de Muestreo de fauna menor.....	IV-188
Figura IV.96 Croquis de ubicación de los sitios de conteo dentro del Ex-Lago de Texcoco.....	IV-189
Figura IV.97 Principales áreas de distribución de Herpetofauna.....	IV-198
Figura IV.98 Área de distribución de la mastofauna.....	IV-198
Figura IV.99 Delimitación del Sistema Ambiental Regional en donde se encuentran seis cuerpos de agua relevantes para las aves acuáticas en el Valle de México, incluyendo el Ex-Lago de Texcoco.....	IV-216
Figura IV.100 Croquis de ubicación del AICA – 01 Lago de Texcoco. Polígono tomado de la página de la Conabio.....	IV-219
Figura IV.101 Croquis de ubicación del predio del proyecto dentro del AICA – 01. Lago de Texcoco.....	IV-220
Figura IV.102 Ubicación Geográfica del Área de Influencia Indirecta del Proyecto (ZMVM).....	IV-226
Figura IV.103 Expansión de la mancha urbana en los 100 años.....	IV-227
Figura IV.104 Estimación de empleo generados por el Proyecto.....	IV-242
Figura IV.105 Distribución de municipios y delegaciones aledaños al Proyecto.....	IV-243
Figura IV.106 Cercanía del Proyecto con el AICM.....	IV-245
Figura IV.107 Ejemplo teórico del Modelo ecológico Conceptual de un Sistema Ambiental Regional Tipo.....	IV-267
Figura IV.108 Red de interacciones ambientales del SAR y el predio del Proyecto.....	IV-269

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa IV.1 Sistema Ambiental Regional del Proyecto.....	IV-14
Mapa IV.2 Distribución climática en el SAR, AIP y el Proyecto.....	IV-18
Mapa IV.3 Fisiografía del SAR, el AIP y el Proyecto.....	IV-44
Mapa IV.4 Geología del SAR, AIP y predio del Proyecto.....	IV-47
Mapa IV.5 Principales rasgos del relieve en la parte central del SAR, el AIP y el Proyecto.....	IV-51
Mapa IV.6 Unidades Morfogenéticas de la porción central de la Cuenca de México.....	IV-53
Mapa IV.7 Rangos de pendiente del SAR, el AIP y el Proyecto.....	IV-59
Mapa IV.8 Análisis topográfico y batimétrico del predio del Predio.....	IV-61
Mapa IV.9 Curvas de nivel del SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.....	IV-62
Mapa IV.10 Zonificación por riesgo de avenidas e inundaciones en el Ex-Lago de Texcoco y en la poligonal del Proyecto.....	IV-66
Mapa IV.11 Distribución de las unidades edafológicas en el SAR, el AIP y el Proyecto.....	IV-69
Mapa IV.12 Características del suelo y su relación con las PM10.....	IV-83
Mapa IV.13 Distribución de la erosión en los suelos del SAR, el AIP y el Proyecto.....	IV-85
Mapa IV.14 Degradación del suelo sin proyecto.....	IV-92
Mapa IV.15 Degradación del suelo con proyecto.....	IV-93
Mapa IV.16 Cuenca hidrológicas de la RHA XIII Aguas del Valle de México.....	IV-98
Mapa IV.17 Hidrología superficial del SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.....	IV-101
Mapa IV.18 Cuerpos de agua artificiales.....	IV-107
Mapa IV.19 Distribución de los acuíferos sobre los que se encuentran el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.....	IV-112
Mapa IV.20 Configuración de la elevación del nivel estático en la planicie de Texcoco en el año 2010.....	IV-113
Mapa IV.21 Calidad del agua 1990, temporada seca.....	IV-122
Mapa IV.22 Calidad del agua 1990, temporada húmeda.....	IV-122
Mapa IV.23 Calidad del agua 1998, temporada seca.....	IV-123
Mapa IV.24 Calidad del agua 1998, temporada húmeda.....	IV-123
Mapa IV.25 Calidad del agua 2006, temporada seca.....	IV-124
Mapa IV.26 Calidad del agua 2006, temporada húmeda.....	IV-124
Mapa IV.27 Calidad del agua 2010, temporada seca.....	IV-125
Mapa IV.28 Calidad del agua 2010, temporada húmeda.....	IV-125
Mapa IV.29 Uso de suelo y vegetación dentro del SAR.....	IV-135
Mapa IV.30 Uso del suelo y vegetación en el área de la Microcuenca Ex-Lago de Texcoco.....	IV-136
Mapa IV.31 Mapa de usos de suelo y vegetación en el predio del Proyecto, derivado de los trabajos de campo.....	IV-140
Mapa IV.32 Deforestación en el SAR y en la poligonal del Proyecto.....	IV-141

Mapa IV.33 Grados de degradación de la vegetación en el SAR y en la poligonal del Proyecto. ....	IV-142
Mapa IV.34 Ubicación del el área del Proyecto, que se constituye en el área de influencia para anfibios, reptiles y mamíferos. .	IV-183
Mapa IV.35 Distribución de los Núcleos de población en el SAR y el AIP. ....	IV-222
Mapa IV.36 Vialidades principales de acceso al Proyecto. ....	IV-235

### ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía IV.1 Sistema de Topoformas de Llanura (Vaso lacustre salino).....	IV-44
Fotografía IV.2 Geomorfología presente en el Proyecto. ....	IV-54
Fotografía IV.3 Estrato arbóreo – arbustivo de <i>Tamarix chinensis</i> y <i>Tamarix aphylla</i> . ....	IV-170
Fotografía IV.4 Pastizal halófilo.....	IV-171
Fotografía IV.5 Vegetación existente en la poligonal del proyecto bajo evaluación. ....	IV-172
Fotografía IV.6 Vegetación existente en la poligonal del proyecto bajo evaluación. ....	IV-173
Fotografía IV.7 Vista típica de la vegetación del predio del Proyecto. ....	IV-175
Fotografía IV.8 Vista típica de la vegetación del predio del Proyecto. ....	IV-175
Fotografía IV.9 Vista típica de la vegetación del predio del Proyecto. ....	IV-175
Fotografía IV.10 Vista típica de la vegetación del predio del Proyecto. ....	IV-176
Fotografía IV.11 Realizando conteo de aves en el Ex-Lago de Texcoco. ....	IV-190
Fotografía IV.12 Grupos de <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón) en el Lago Nabor Carrillo, lugar donde se encontró la mayor cantidad de individuos de esta especie. ....	IV-201
Fotografía IV.13 Variaciones en los hábitats en sitios del Lago de Texcoco. ....	IV-203
Fotografía IV.14 Grupo de <i>Fulica americana</i> (gallaretas) en Xalapango, Lago de Texcoco. ....	IV-206
Fotografía IV.15 Cinco especies de aves acuáticas en el Lago Nabor Carrillo. ....	IV-207
Fotografía IV.16 <i>Hirundo rustica</i> (golondrina) en la Laguna Facultativa. ....	IV-207
Fotografía IV.17 <i>Calidris mauri</i> (Playero occidental) y <i>Charadrius nivosus</i> (chorlo nevado) en la Laguna Cuatro Caminos. ...	IV-208



#### IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

En este capítulo se delimita y describe el Sistema Ambiental Regional (SAR) que comprende la denominada "Poligonal del Proyecto" que es predio en donde se pretende ubicar el Proyecto; cuyas obras principales, descripción y etapas se incluyen en el Capítulo II de esta MIA-R. Así la descripción a detalle del Proyecto y sus coordenadas de ubicación se encuentra en el Capítulo II de este documento, cuya delimitación, extensión y componentes fueron considerados para la determinación del Sistema Ambiental Regional ("SAR").

Se plantea asimismo la problemática ambiental de la zona, tomando en cuenta las características bióticas y abióticas, así como la caracterización socioeconómica que se llevan a cabo en el área.

El predio donde se desarrollará el Proyecto se ubica en el municipio Texcoco, estado de México y tiene una extensión de 44,311,640.5450 m<sup>2</sup> (4,431.164 ha).

Las coordenadas extremas del predio se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV.1 Coordenadas extremas (UTM) del predio del Proyecto.

ID	X	Y
1	498622.787	2162050.63
2	501457.857	2162050.65
11	505610.01	2155178.05
16	499267.659	2152748.58

En la siguiente figura se muestra la ubicación geográfica del Proyecto.

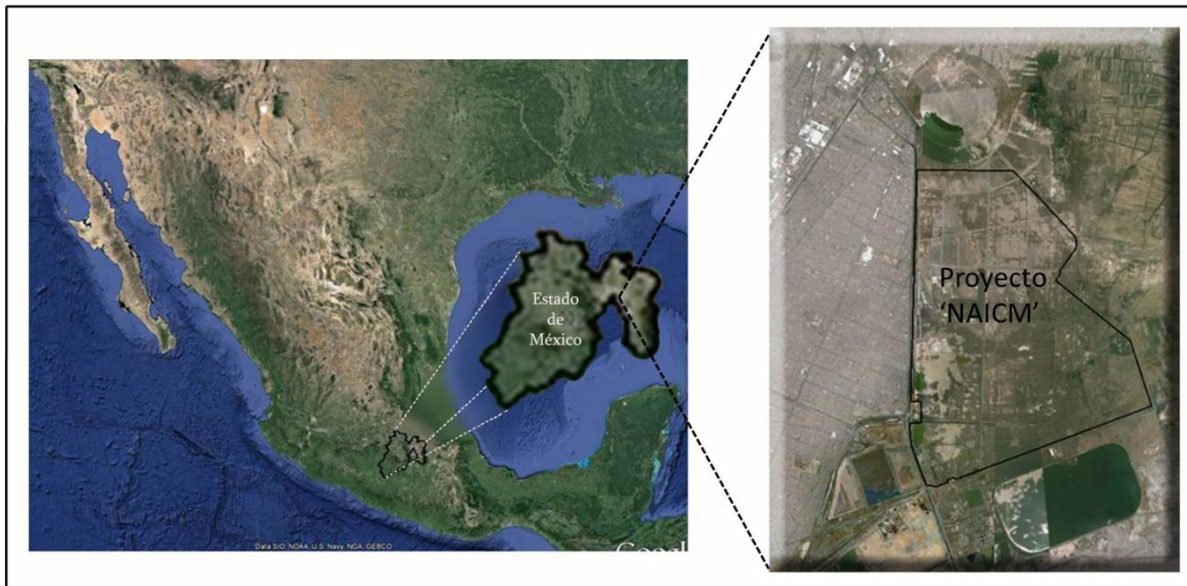


Figura IV.1 Ubicación geográfica nacional y estatal del Proyecto.

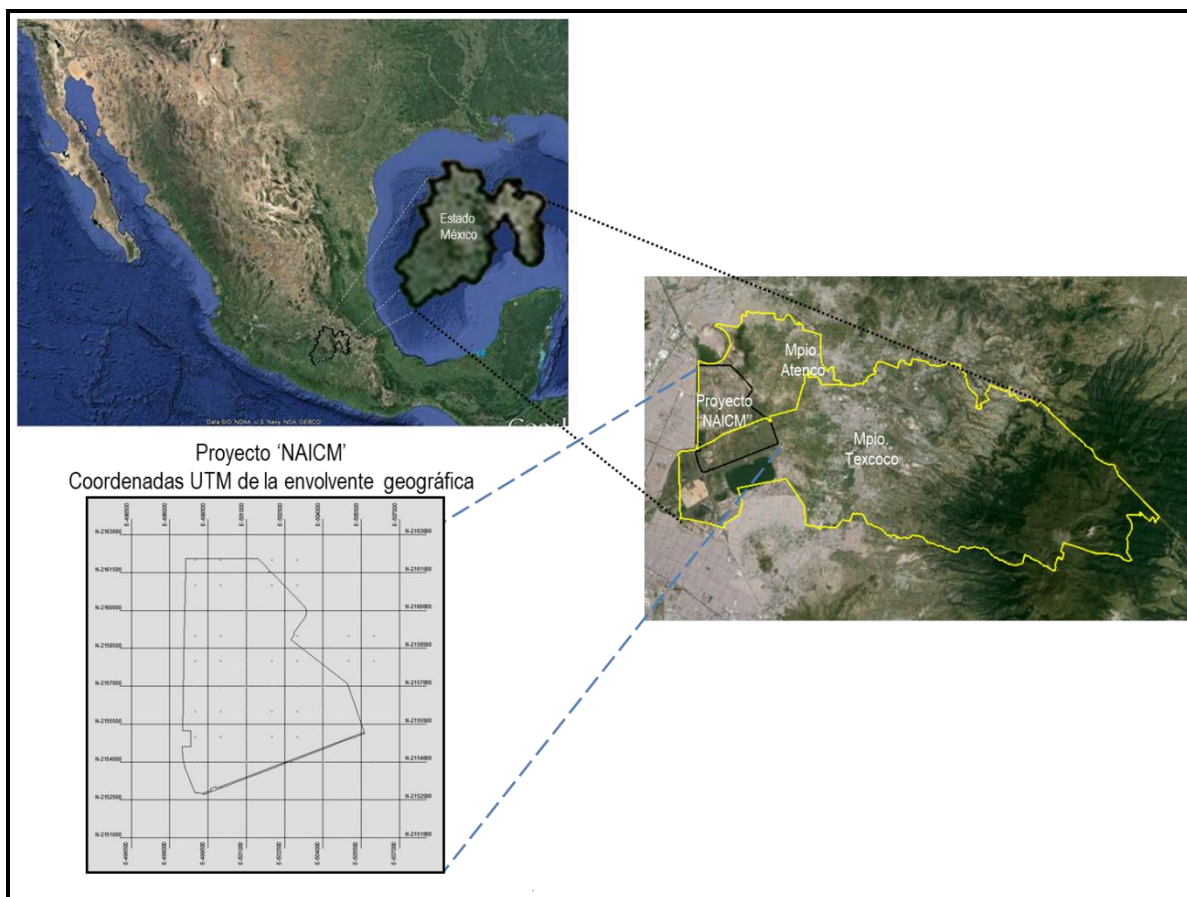


Figura IV.2 Ubicación geográfica municipal del Proyecto.

⊕ Accesos al Proyecto

Las vialidades de acceso al predio donde se pretende desarrollar el Proyecto se muestran en la siguiente figura.

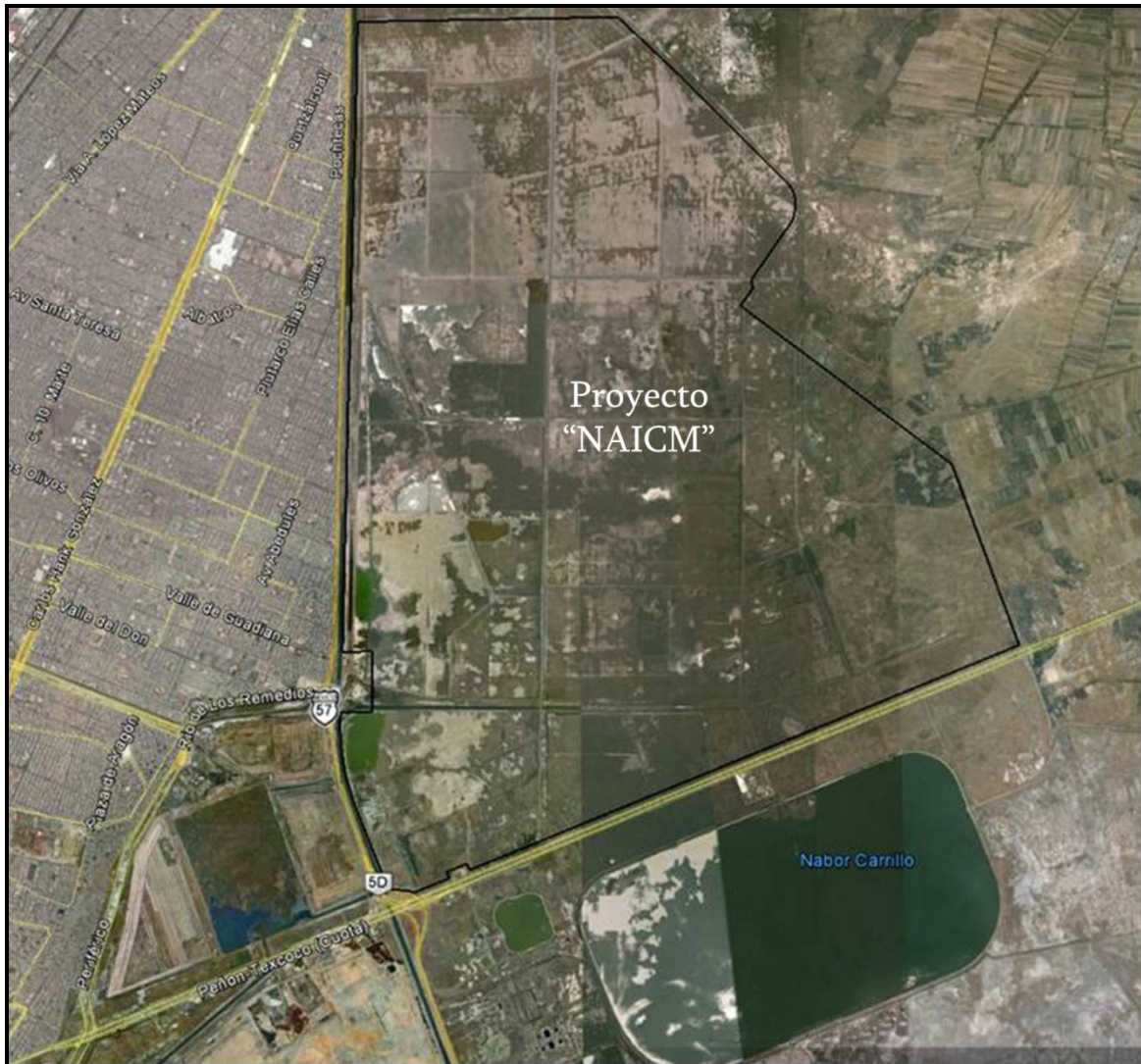


Figura IV.3 Vialidades de acceso al Proyecto.

Como se puede observar en la figura anterior, los accesos son a través de la carretera estatal No. 5D Peñón Texcoco en su tramo de cuota sentido noreste-suroeste y el Circuito Interior Mexiquense (anteriormente carretera federal No. 57) en su último tramo desde el Norte al Sur, sin embargo es necesario aclarar que dicho Circuito cuenta con barreda de contención que impide el paso al predio del Proyecto.

#### IV.1.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el Proyecto

##### Delimitación del SAR

La secuencia que se describirá para la delimitación y justificación del SAR iniciará con el área donde se pretende llevar a cabo y que se denominará poligonal del Proyecto, su extensión y orientación, así como la ubicación de la representación esquemática del "Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México" en ésta poligonal. Posteriormente se abordará la adecuación del área de la Cuenca de México (que es una cuenca hidrológica funcional) a fin de que abarque todos los criterios ambientales y socioeconómicos que son analizados e integrados en esta MIA-R y los impactos identificados y evaluados por la implantación del Proyecto, dentro de la dinámica ambiental territorial del SAR delimitado y su escenario definido.

La delimitación del SAR inició con la proyección cartográfica de la poligonal del Proyecto, como se muestra en las siguientes figuras.

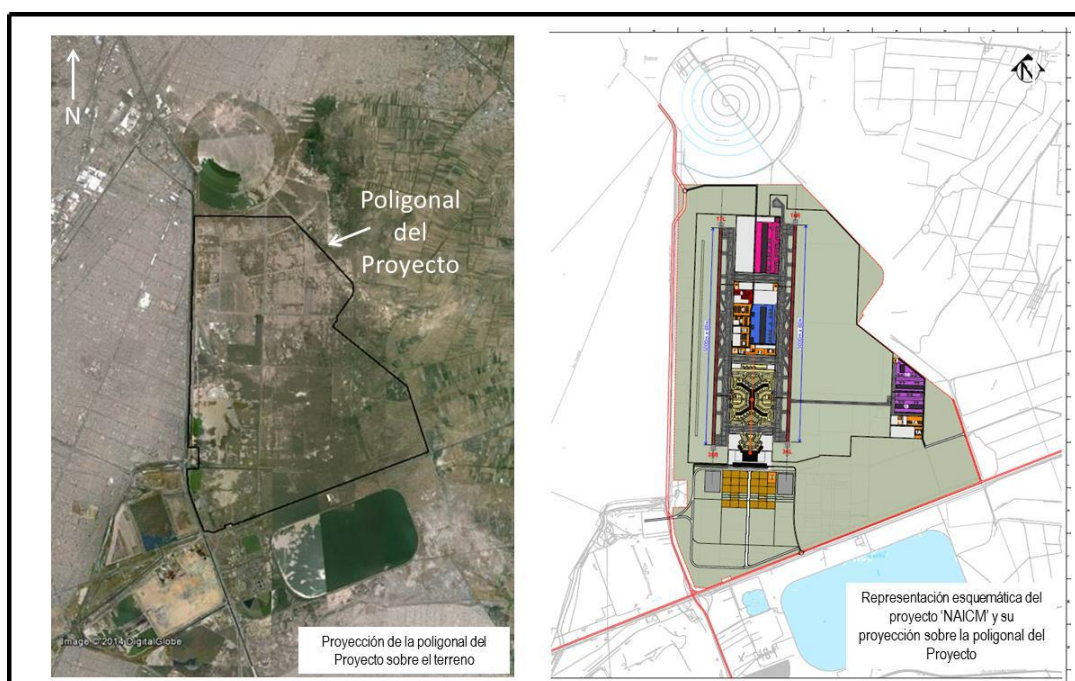


Figura IV.4 Delimitación cartográfica del predio del Proyecto y la proyección del "NAICM".

##### ⊕ Criterio: Cuencas Hidrológicas

Siguiendo el criterio aplicado fue el de Cuencas Hidrológicas, para lo cual se delimitó y cartografió a la Cuenca de México, la cual incluye completamente a la poligonal del Proyecto.

La Cuenca de México está conformada, de norte a sur, por 4 Subcuencas (Tezontepec, Tepotztlán, Texcoco-Zumpango, Toxhac-Tecocomulco) y 4 Microcuencas (Texcoco, Ciudad de México, Xochimilco y Río de la compañía).

Lo anterior se muestra en la siguiente figura

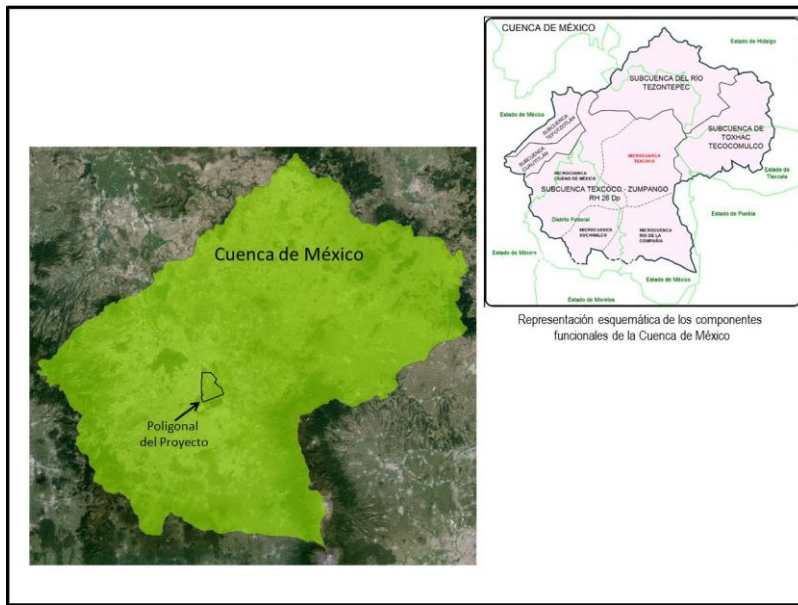


Figura IV.5 Sobreposición de la Cuenca de México y la poligonal del Proyecto.

⊕ Criterio: Hidrología Subterránea (acuíferos)

El siguiente criterio aplicado fue el de los acuíferos sobre los que se encuentra la poligonal del Proyecto y que el desarrollo del mismo (en alguna de sus faces) pudiera tener algún tipo de influencia, directa o indirecta. La sobreposición de las áreas se muestra en la siguiente figura.

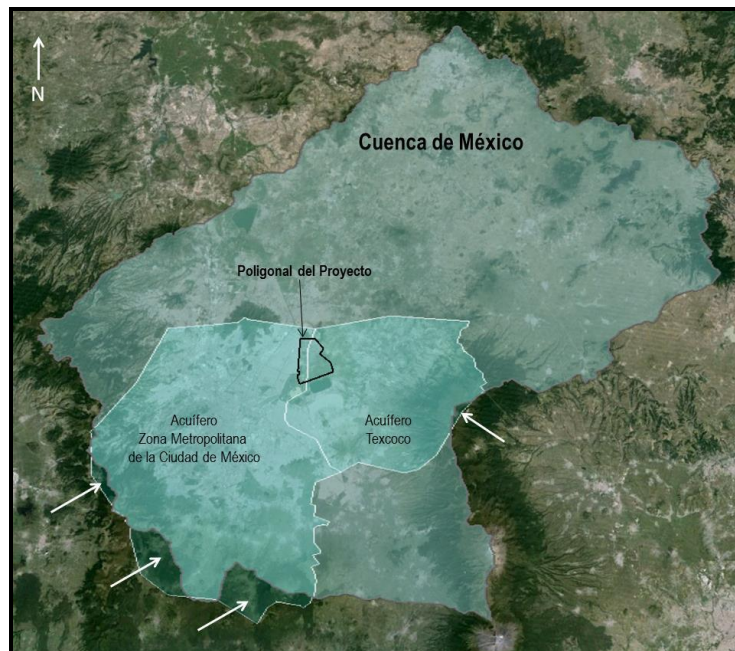


Figura IV.6 Sobreposición de la Cuenca de México, la poligonal del Proyecto y los Acuíferos Texcoco y Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

Como se puede apreciar en la figura anterior, existen áreas fuera de la Cuenca de México (señalada con una flecha color blanco), la cual será objeto de análisis más adelante en éste inciso. Además de los acuíferos con influencia directa por el Proyecto, se analizará la totalidad de los acuíferos que se encuentren en la Cuenca de México.

⊕ Criterio: Emisión de Ruido

El siguiente criterio aplicado fue el de generación de Ruido por las aeronaves en su despegue en dirección Norte, que como ya se indicó en el Capítulo II de esta MIA-R, será la operación normal del "NAICM" en su etapa de Operación y Mantenimiento.

En el inciso IV.3.3 Ruido de éste capítulo se tratará a detalle la metodología empleada para la obtención de los conos de ruido que se muestran en la siguiente figura.

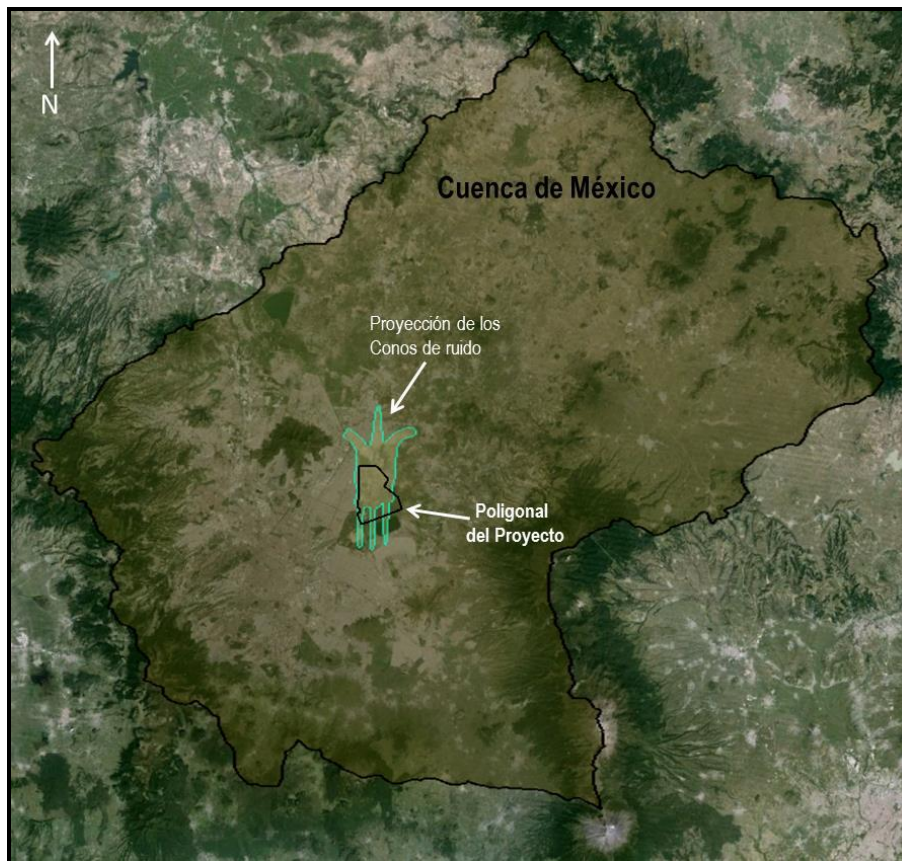


Figura IV.7 Sobreposición de la Cuenca de México, la poligonal del Proyecto y los Conos de Ruido que se tendrán en la fase de Operación y Mantenimiento del Proyecto bajo evaluación.

Como se observa en la figura anterior, el área de la Cuenca de México contiene a los Conos de Ruido esperados del Proyecto y se realizará el análisis y monitoreo del área total que abarcan los conos de ruido dentro de la Cuenca de México.

⊕ Criterio: Emisiones a la atmósfera dentro de la Cuenca Atmosférica de la ZMCM

El siguiente criterio evaluado fue el Emisiones a la Atmósfera, cuya metodología y descripción se presenta en el inciso IV.3.2 de éste capítulo. Para la determinación del SAR bajo éste criterio, se cartografió el área que abarca la denominada Cuenca Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, proyectada sobre el terreno y resaltando los rasgos geográficos por curvas de nivel (cada 500 m) sobre el nivel del piso y se incluyó el contorno de la Cuenca de México.

Considerando que la capa de mezcla atmosférica (anual promedio) se encuentra a 3,000 m sobre el nivel del suelo, se proyectó la operación esperada de las aeronaves que harán uso del Proyecto en su interacción con la capa de mezcla atmosférica a los 10,000 pies de altura (3,000m) sobre el nivel del suelo. El resultado de lo anterior puede observarse en la siguiente figura.

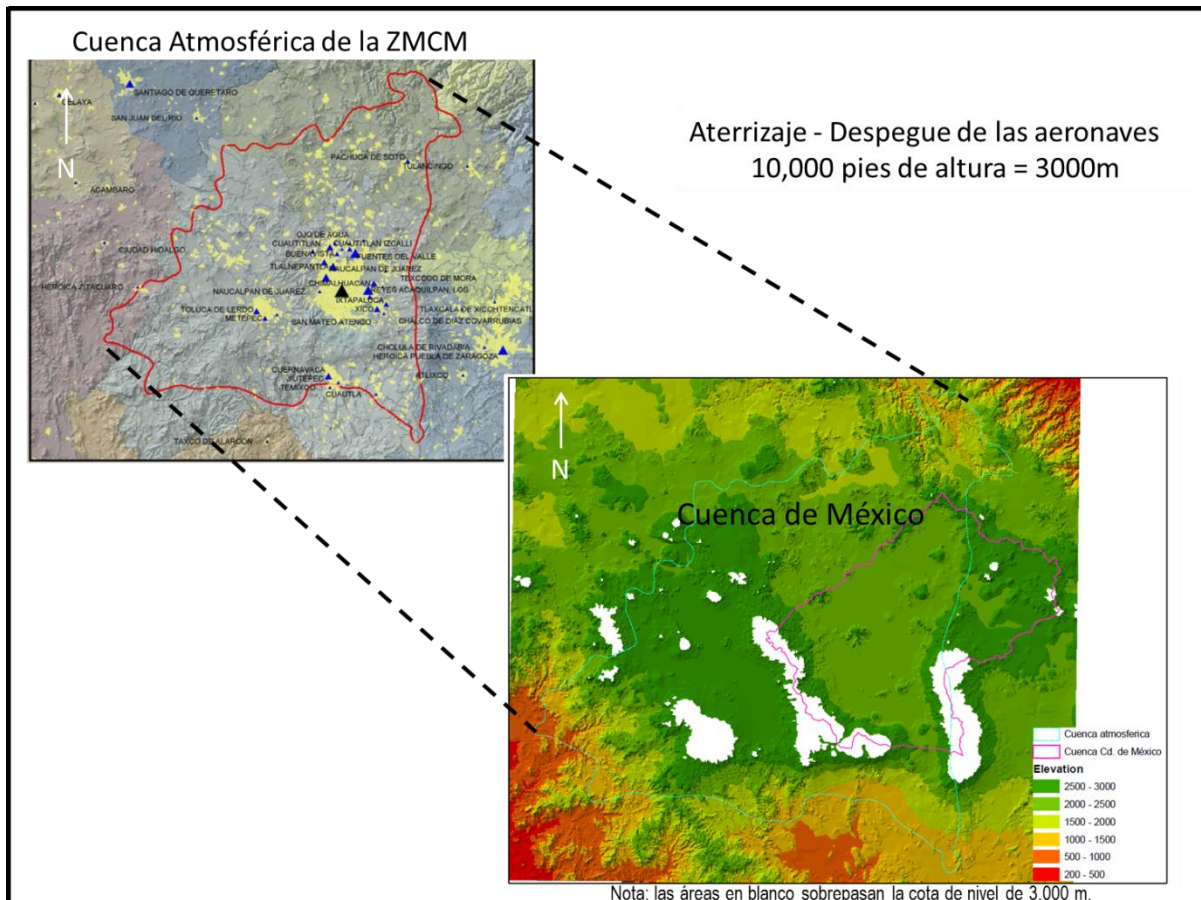


Figura IV.8 Sobreposición de la Cuenca Atmosférica de la ZMCM, la topografía del terreno en cotas de nivel cada 500m y hasta un máximo de 3,000m así como la Cuenca de México.

A través de la delineación de las cotas de nivel existentes, se puede observar que la Cuenca de México abarca la cota de 3,000 m sobre el nivel del suelo, lo cual es concordante con el criterio empleado por la SEMARNAT para la definición de las Cuencas Hidrológicas Funcionales, punto de partida en la identificación de la Microcuenca Texcoco (en primera instancia) y la Cuenca de México.

En la siguiente figura se observa que el territorio de la Cuenca de México cumple con dos condiciones primordiales para el Criterio Emisiones a la Atmósfera:

1.- La altura promedio anual de la capa de mezcla de la atmósfera en la ZMCM se encuentra a 3,000 m sobre el nivel del suelo.

- 2.- Las aeronaves tienen interacción con la capa de mezcla atmosférica a partir de los 10,000 pies de altura sobre el piso (3,000 m).
- 3.- El área de la Cuenca de México está delimitada por accidentes geográficos con altura máxima de 3,000 m sobre el nivel del suelo.

Lo anteriormente descrito se muestra en la siguiente figura.

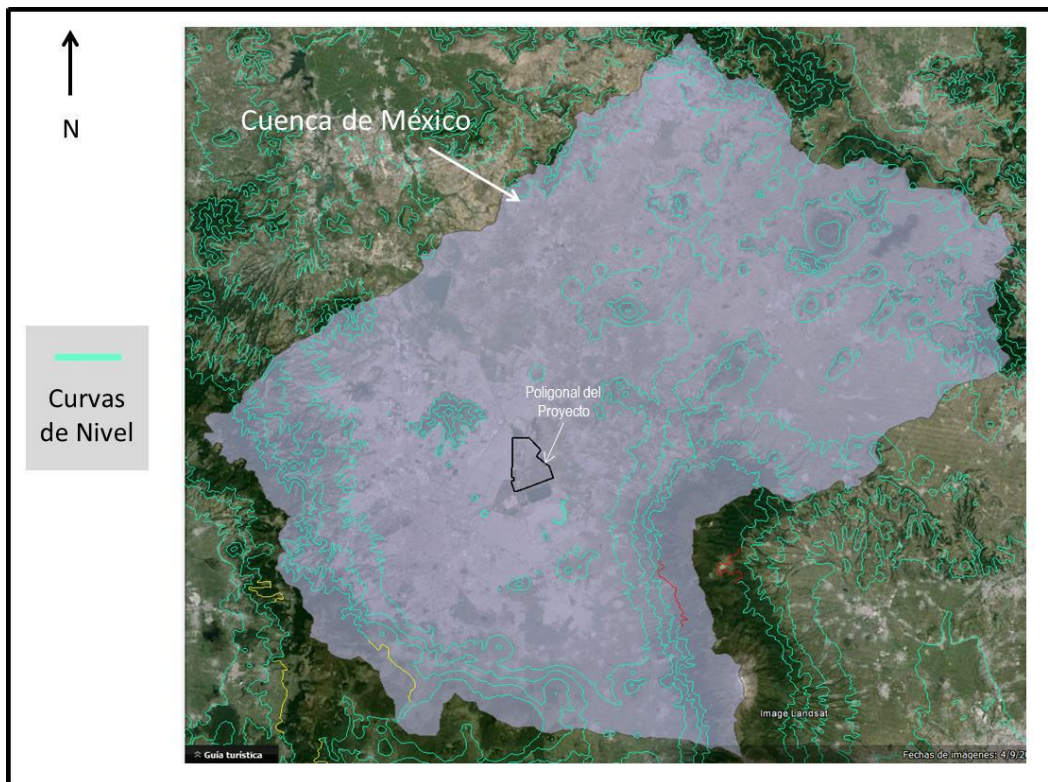


Figura IV.9 Sobreposición de las cotas de nivel que delimitan la Cuenca Atmosférica de la ZMCM hasta los 3,000 m sobre el nivel del piso, la Cuenca de México y la poligonal del Proyecto.

Por lo anterior, se llevará a cabo el análisis bibliográfico de las emisiones atmosféricas de la Cuenca Atmosférica de la ZMCM que abarque el SAR resultante y del Proyecto bajo evaluación.

#### ⊕ Criterio: Flora

La distribución de la Flora -el siguiente criterio aplicado- se encuentra acotada conforme a los límites naturales donde se ubica la poligonal del Proyecto. Estos límites naturales se deben a la presencia del tipo de suelos lacustre, aluvial y sedimentario principalmente, lo que da lugar a usos de suelo para la agricultura de temporal y riego; además de pastizal halófilo e inducido, adaptados a condiciones de salinidad en los suelos. La vegetación halófila domina actualmente en la poligonal del Proyecto.

Para la ubicación del Criterio Flora no fue necesario elaborar ninguna cartografía. Por lo anterior se llevará a cabo el análisis bibliográfico de la flora del SAR y a través de trabajo de campo en la poligonal del Proyecto.

#### ⊕ Criterio: Fauna (mamíferos, reptiles y anfibios)

La distribución de la Fauna (como otro criterio aplicable en la delimitación del SAR) fue abordado por tipo de Filum taxonómico. En primer lugar se consideró el caso de los mamíferos, reptiles, anfibios.

Para los mamíferos, reptiles y anfibios, cuya distribución en la poligonal del Proyecto se ve acotada por las barreras físicas que conforman el área urbana que la rodean; las vialidades que la circunscriben; la zonas agrícolas activas que



impiden su dispersión; los canales y túneles de intercomunicación que fueron construidos a raíz de las obras del Ex-Lago de Texcoco. Lo anterior ha propiciado que los mamíferos, reptiles y anfibios permanezcan dentro del predio del Proyecto con extensión limitada hacia la denominada Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco.

Para la ubicación del Criterio Fauna (mamíferos, reptiles y anfibios) no fue necesario elaborar ninguna cartografía. Por lo anterior se llevará a cabo su análisis bibliográfico a nivel del SAR y a través de trabajo de campo en la poligonal del Proyecto.

#### ⊕ Criterio: Fauna (aves)

Tomando en consideración las características de los requerimientos de hábitat de las especies de aves presentes en el Ex-Lago de Texcoco y principalmente aquellas que presentaron dominancia durante el periodo de su caracterización (el cual se describirá a detalle en el inciso IV.4.2 Fauna de éste capítulo) se amplió el ámbito de estudio a otros espejos de agua en el Valle de México en los que se sabe que existen poblaciones importantes de aves acuáticas, principalmente de especies correspondientes al grupo de los patos o anátidos.

Para delimitar a la denominada "Área de Influencia para el grupo de las Aves" (AI-Av) se tomó en cuenta que el Proyecto se ubica en la Región Hidrológica Prioritaria número 68 (Remanentes del Complejo Lacustre de la Cuenca de México) conforme a la zonificación de la CONABIO, la cual tiene como recursos lenticos principales los canales y lagos relictos de Xochimilco y Chalco, los lagos de Texcoco, Zumpango, la Ciénega de Tláhuac, los vasos reguladores y de recreación y espejos de agua.

Considerando lo anterior, el AI-Av, se delimitó incluyendo los distintos espejos de agua en el Valle de México que son considerados de mayor importancia como sitios de refugio, alimentación o reproducción de las especies de aves acuáticas y terrestres, residentes y migratorias.

Los criterios utilizados para definir el AI-Av, fueron principalmente los cuerpos de agua que son utilizados históricamente por las aves acuáticas residentes y migratorias, y que han sido evaluados para dichas especies como: sitios de cultivo de riego y temporal adyacentes a los cuerpos de agua, así como accidentes del terreno (cerros, montañas, entre otros) que impiden el tránsito de las aves. Igualmente, aspectos como la ruta migratoria de las aves acuáticas migratorias, así como las características de los principales cuerpos de agua existentes en el Valle de México y que cuentan con hábitats similares a los encontrados en el Ex-Lago de Texcoco. (Dolbeer, R.A.; Cleary, E.C. 2014; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2011; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2009; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 1996; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2002; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2003).

Después de un diagnóstico sobre la presencia de aves acuáticas migratorias, principalmente patos en algunos de los principales cuerpos de agua en el Valle de México, se encontró que son seis espejos de agua los que tienen características que permiten algún tipo de relación y comparación con el Ex-Lago de Texcoco, mismos que, junto con algunos otros elementos ambientales permiten configurar los límites del AI-Av.

Los espejos de agua son:

1. Lago de Texcoco
2. Parque Ecológico Xochimilco
3. Ciénega de Tláhuac
4. Presa de Guadalupe
5. Presa Zumpango
6. Presa Cuevecillas

Estos espejos de agua sirven para dar refugio, alimentación o reproducción de especies acuáticas y terrestres, residentes y migratorias.

Cuando se proyectan los espejos de agua anteriores y las rutas de vuelo de las aves dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se obtiene la siguiente figura.



Figura IV.10 Trazo de las rutas de vuelo de las aves dentro de la ZMCM y su vinculación con los cuerpos de agua existentes o Área de Influencia de las Aves (AI-Av).

Cuando se hace la proyección del Área de Influencia de las Aves sobre la Cuenca de México y la poligonal del Proyecto, se obtiene la siguiente figura.



Figura IV.11 Sobreposición del Área de Influencia de las Aves en la Cuenca de México y la poligonal del Proyecto.

Como se puede apreciar en la figura anterior, existe un área fuera de la Cuenca de México (señalada con una flecha color blanco), la cual será objeto de análisis más adelante en éste inciso. Al igual que los casos anteriores, será analizado a nivel bibliográfico la fauna conformado por aves en el total del SAR resultantes y con trabajos de campo el área de influencia ya indicada.

⊕ Criterio: Socioeconómico

La SCT, en congruencia con la OACI, determina el Área de Influencia de un aeropuerto, de acuerdo a líneas isócronas de traslado desde el centro de la ciudad principal a la que atiende. Para el caso del Proyecto, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es a la que le brindará sus servicios en forma preponderante.

Al realizar una sobreposición de los diámetros de traslado hacia el Proyecto, se observa que la primera línea (color amarillo) es la que delimita los recorridos de 40 min hacia y desde la poligonal del Proyecto. Dentro de esta línea se genera hasta el 80% de la demanda del Proyecto en su fase de Operación y Mantenimiento. En la línea de 1 hora de traslado (color azul) se ubica el 20% restante. Lo anterior se muestra en

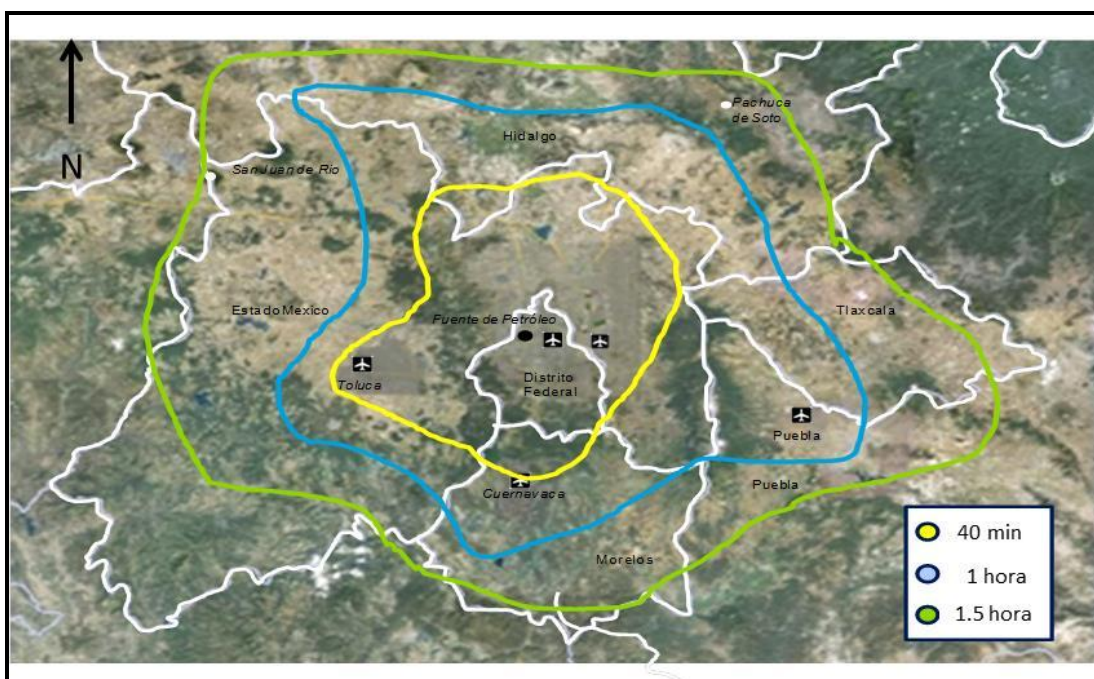


Figura IV.12 Diámetros de recorrido hacia el Proyecto.

Una vez determinado que el Distrito Federal será la ciudad a la que le brindará sus servicios el Proyecto -en forma preponderante- también se tienen que considerar los municipios que conforman su Zona Metropolitana: los 5 municipios colindantes con la poligonal del Proyecto (Ecatepec, Atenco, Texcoco, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán) y los adyacentes a éstos (Tezoyuca, Acolman, Chiantla, Chiconcuac, Chicoloapán, La Paz). En el inciso IV.5 Medio socioeconómico, de éste capítulo se describirá la metodología a detalle.

En la siguiente figura se muestra la delimitación geográfica de los municipios seleccionados.

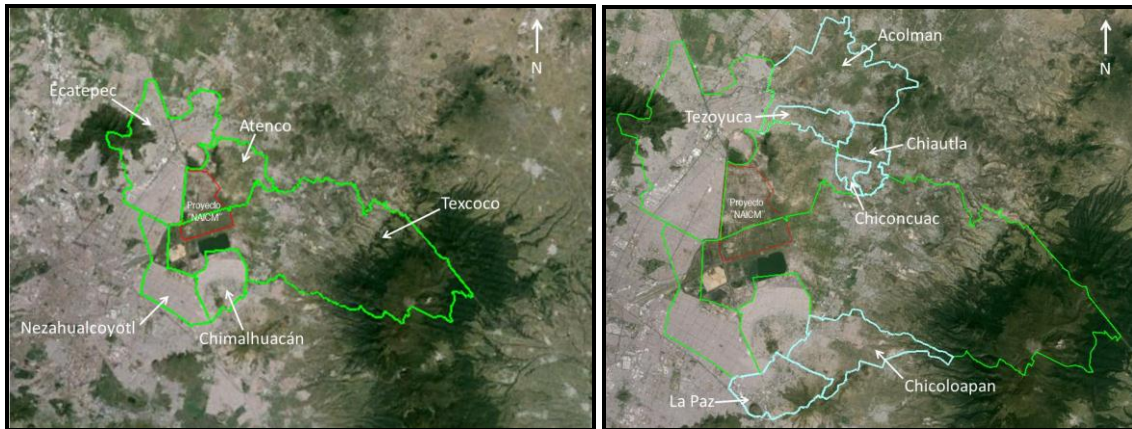


Figura IV.13 Delimitación de los municipios adyacentes a la poligonal del Proyecto.

El Área de Influencia para el análisis socioeconómico del Proyecto proyectada sobre la Cuenca de México se muestra en la siguiente figura.

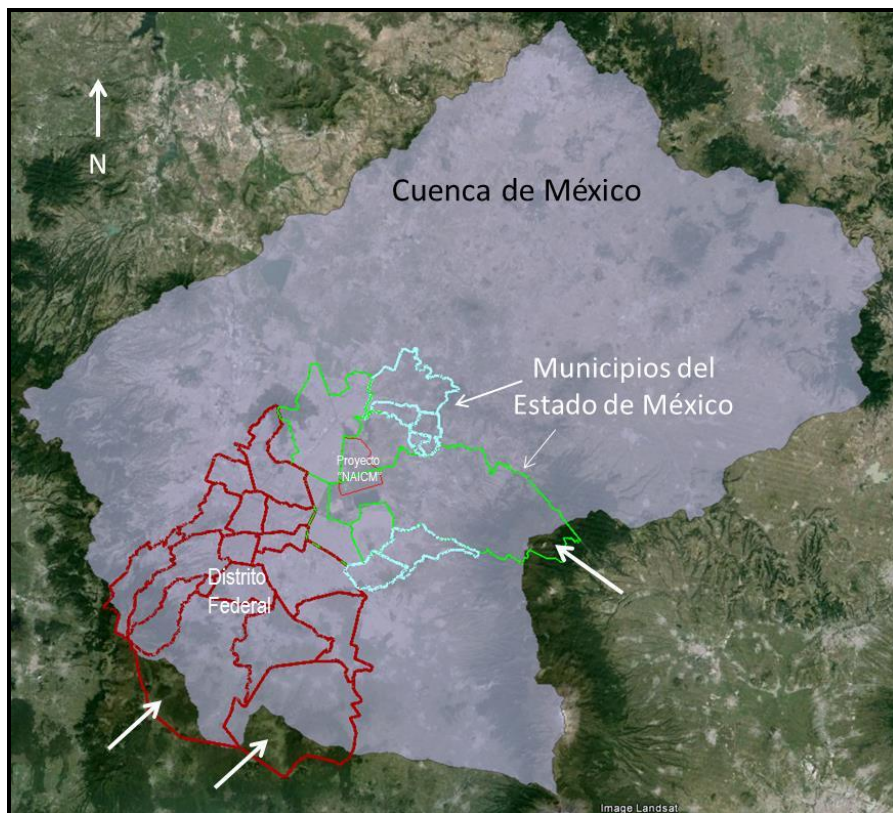


Figura IV.14 Sobreposición del Área de Influencia para el análisis socioeconómico del Proyecto sobre el territorio de la Cuenca de México.

Como se puede apreciar en la figura anterior, existen áreas fuera de la Cuenca de México (señalada con una flecha color blanco), la cual será objeto de análisis más adelante en éste inciso.

Se llevará a cabo el análisis de la totalidad de los municipios del SAR y de manera particular los descritos como Área de Influencia socioeconómica.

⊕ Proceso de integración del SAR

Los criterios que se consideraron para la delimitación del SAR son:

- Hidrología superficial (cuenca hidrológica funcional)
- Hidrología subterránea (acuíferos)
- Conos de ruido
- Emisiones a la atmósfera como parte de la Cuenca Atmosférica de la ZMCM
- Flora
- Fauna (mamíferos, reptiles y anfibios)
- Fauna (aves)
- Socioeconómico

La proyección cartográfica de cada uno de los criterios arrojó el hecho que los acuíferos subterráneos, el Área de Influencia de las Aves y el Área de Influencia socioeconómica sobrepasan el área geográfica de la Cuenca de México, como se muestra en la siguiente figura.

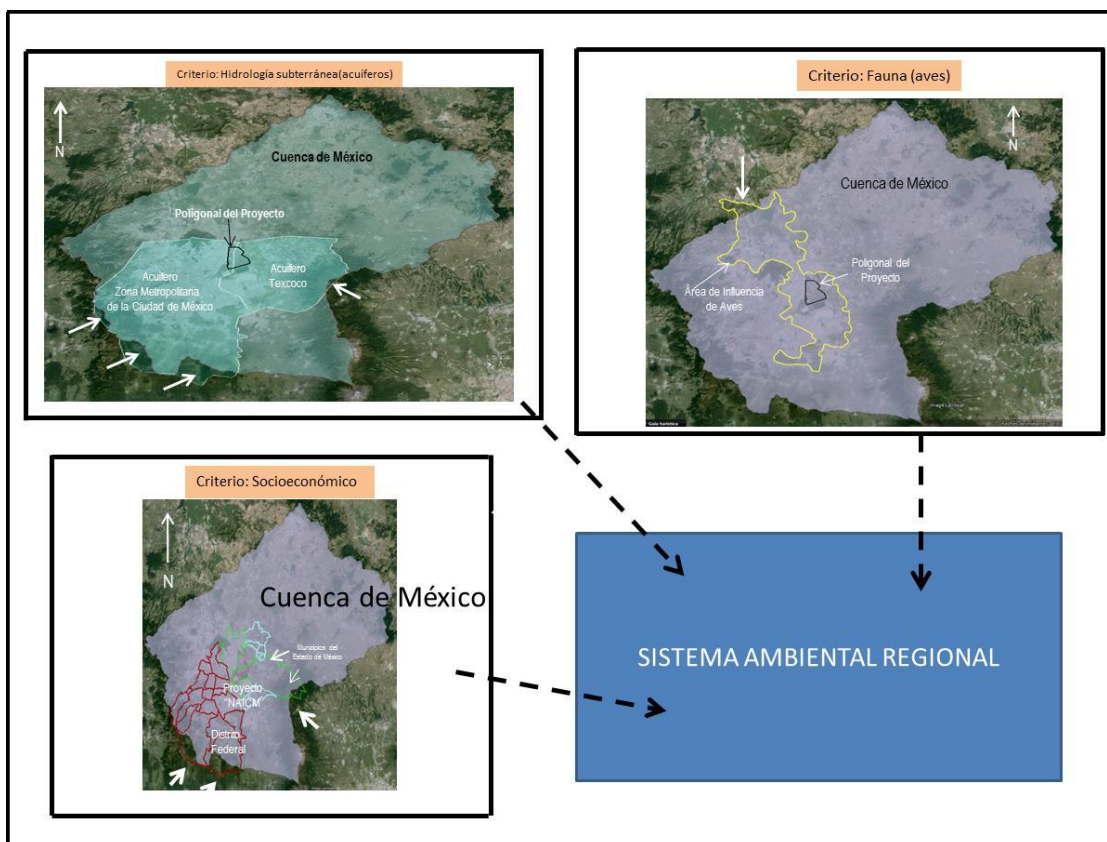


Figura IV.15 Proyección cartográfica de los Criterios analizados y que sobrepasan el área geográfica de la Cuenca de México.

Con la finalidad de que el SAR incluya todas las áreas de los Criterios analizados, se amplió el espacio geográfico base (la Cuenca de México) y se obtuvo finalmente el SAR que se muestra en la siguiente figura.

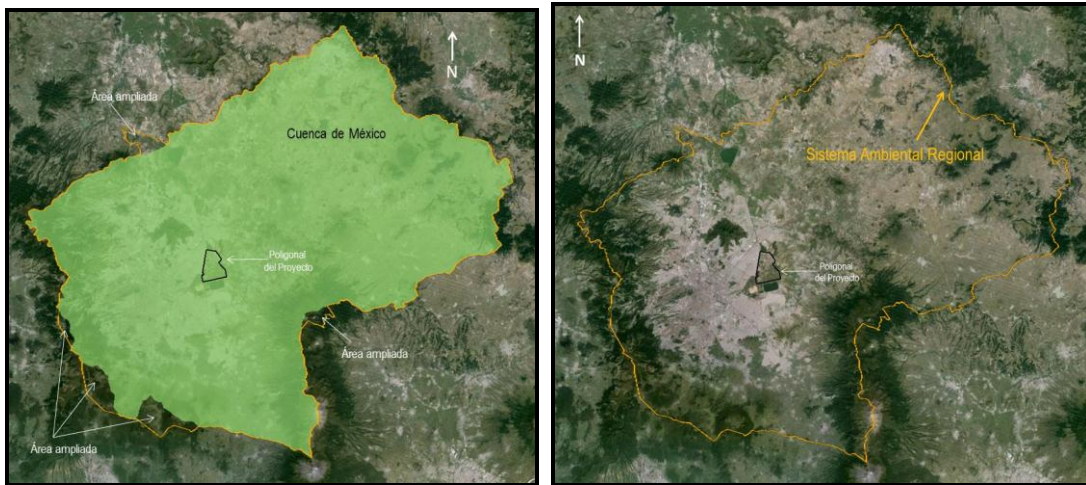
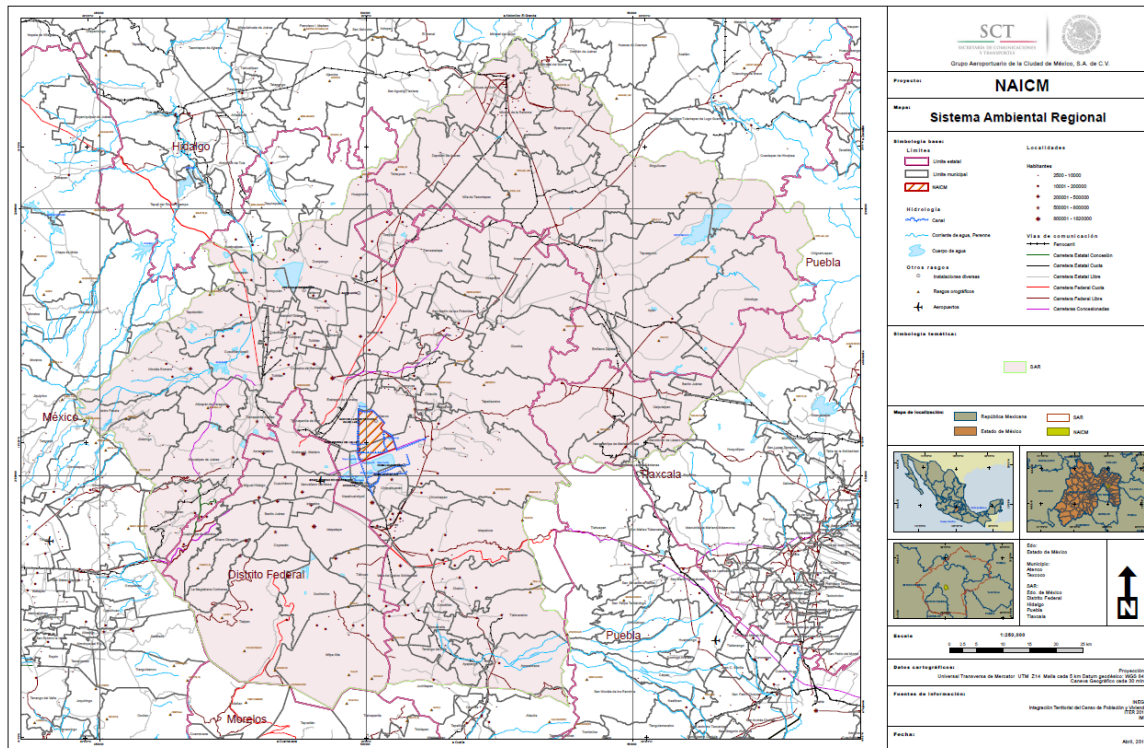


Figura IV.16 Sistema Ambiental Regional del Proyecto.

El SAR resultante del proceso ya descrito se muestra en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.3 SAR.



Mapa IV.1 Sistema Ambiental Regional del Proyecto.

#### ⊕ Superficies

El desglose de las superficies es:

El SAR tiene una extensión de: 9,535,703.10 m<sup>2</sup> (953,570.31 ha).

La poligonal del Proyecto: 44,311,640.5450 m<sup>2</sup> (4,431.1640 ha).

Área de Influencia del Proyecto (AIP) tienen una extensión de: 9,535,703.10 m<sup>2</sup> (953,570.31 ha).

El Área de Influencia del Proyecto (AIPE) está conformado por la suma de las áreas que comprenden a la Cuenca de México más la superficie total del Distrito Federal, la superficie total de los municipios de Ecatepec, Atenco, Texcoco, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Tezoyuca, Acolman, Chiautla, Chiconcuac, Chicoloapán y La Paz; el área de dispersión de las aves (anátidos) que hacen uso del Ex-Lago de Texcoco y de los cuerpos de agua adyacentes a la Ciudad de México y en su interior. Al considerar la suma de éstas superficies se asegura la caracterización ambiental del Proyecto y que los impactos y medidas de prevención, corrección, restauración, compensación (según sea el caso) quedarán autocontenidos en el espacio geográfico en donde se generarán, por tal motivo la superficie del Área de Influencia del Proyecto (AIP) es la misma que del SAR.

Sin embargo, en éste capítulo se van a analizar factores tales como el factor biótico (flora y fauna) y el socioeconómico que tienen sus propias Áreas de Influencia, a las cuales se les hace mención especial en el desarrollo del tema, sin olvidar que todas ellas se encuentran contenidas en el SAR y en el AIP.

## IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental regional (SAR)

Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del Sistema Ambiental Regional

### IV.3 Medio abiótico

#### IV.3.1 Clima

Los tipos climáticos, según la clasificación de Köppen, modificada por E. García, están determinados por zonas de transición entre los climas semiárido templado al templado subhúmedo y semifrío, como se indica continuación (en orden alfabético de su clave de identificación). El primero que se describirá es el Semiárido debido a que cubre la poligonal del Proyecto y una de sus variantes lo ocupa en su totalidad.

##### Clima Semiárido

Se caracteriza debido a que al comenzar la estación de lluvias, la insolación disminuye, los días son más frescos y se mantienen temperaturas máximas entre 26 y 29°C de julio a octubre; mientras que en la estación fría, la temperatura máxima varía de 26 a 28°C. Durante la estación lluviosa, las temperaturas mínimas oscilan entre 7 y 10°C. La temperatura media anual es de 14 a 16°C (Cruickshank, 1995). Las temperaturas más bajas se presentan en invierno de 4 a 8°C en el centro de la Ciudad de México y de -3 a -5°C en el área del humedal. La temperatura media anual del decenio pasado fue de 15.3°C con una variación de 6.4°C, siendo el valor más bajo para el mes de enero de 11.6°C y la media más baja en junio con 18.0°C. Las temperaturas mínimas extremas tuvieron un promedio de 18°C, presentándose la más baja en enero con 10°C y la más alta en julio con 38°C. No obstante que se registran bajas temperaturas en el área, se observa la llegada de aves migratorias provenientes del Norte durante los meses invernales.

BS1kw.- Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

También de acuerdo a la ubicación geográfica del territorio del Valle de México, el clima dominante debería ser tropical; sin embargo, las variaciones del relieve originan diversidad de climas. Existen los templados en los valles elevados; semifríos y fríos en las montañas; semisecos en las zonas del noreste, Semicálido y cálidos en las regiones del sur y suroeste. Según la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García, el clima presente en el valle de México corresponde a los siguientes tipos dentro del Clima Templado:

En la poligonal del Proyecto se puede identificar un microclima variante del BS1Kw que se describe a continuación.

BS1Kw(w)(1'), Semiseco con verano fresco (temperatura media del mes más caliente inferior a 18°C) y lluvioso, e invierno con total de lluvia menor del 5% del total anual. La temperatura media anual es de 16.1°C, con una variación de 6.4°C; la media más baja se registra durante el mes de enero, con 11.6°C, y la media más alta en el mes de junio, con 18°C. Las temperaturas máximas extremas son de 28°C la más baja durante diciembre, y de 36°C la más alta durante abril, con una variación de 8°C.

Con base en los datos reportados para el periodo 1967 – 1996 por la estación meteorológica ubicada en el campamento central de la Comisión del Lago de Texcoco, la precipitación media anual es de 544.2mm, con una precipitación anual máxima de 697.3mm y una mínima de 432.1mm. Existe un periodo definido de lluvias que comprende de finales de mayo a principios de octubre, siendo julio el mes más lluvioso y febrero el mes más seco; la precipitación en términos de porcentaje se distribuye en un 87% para el periodo lluviosos y 12.2 % para el periodo seco. Esta precipitación se presenta generalmente de tipo torrencial.

##### Climas templados

C(w1).- Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.



C(w2).- Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

C(wo).- Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Las características comunes que presentan los climas anteriores son: las lluvias en verano, con una temperatura media anual de 12 °C, una máxima de 18°C y la mínima de entre -3.4 y 18°C. Las lluvias acontecen generalmente en verano; la precipitación pluvial del mes más seco, menor de 40 mm, con lluvias en verano con índice P/T menor de 43.2% y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual; el promedio anual de lluvias es de 121 días. Las heladas son variables y cuando suceden es entre los meses de noviembre a febrero; los vientos se presentan en los meses de febrero y marzo, de norte a este, y durante la primavera de sur a norte. La altitud promedio es de 2,240 msnm en los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio se tienen cambios muy variables de temperatura, siendo la mínima de 7°C en invierno.

Clima Semifrío

Cb'(w1).- Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5oC y 12oC, temperatura del mes más frío entre -3oC y 18oC, temperatura del mes más caliente bajo 22oC. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal del 5 al 10.2% del total anual.

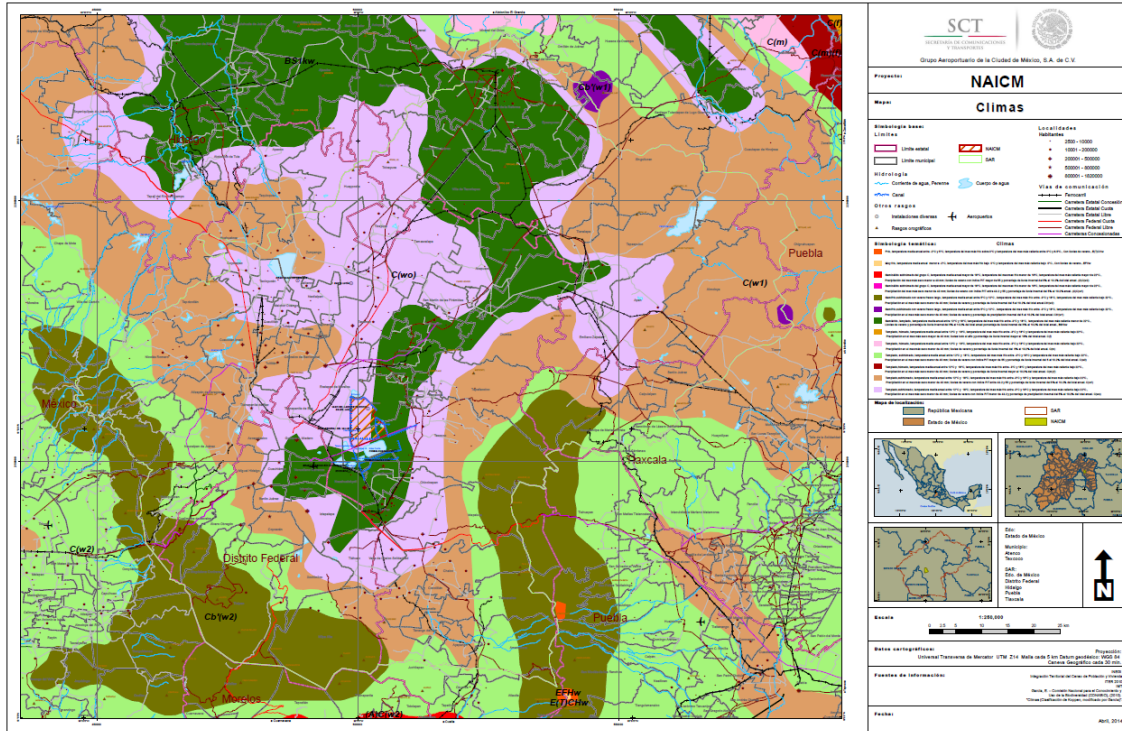
Cb'(w2).- Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5oC y 12oC, temperatura del mes más frío entre -3oC y 18oC, temperatura del mes más caliente bajo 22oC. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

Tabla IV.2 Distribución de los tipos climáticos en el SAR y el AIP.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	HECTAREAS	
		SAR	Proyecto
BS1kw	Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C.	169,780.00	1,155.16
C(w1)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	313,716.80	
C(w2)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	89,935.84	
C(wo)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	249,900.04	3,276.00
Cb'(w1)	Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	1,627.63	
Cb'(w2)	Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	128,610.00	

Clasificación de Köppen, modificada por E. García.

La distribución climática en el área bajo evaluación, se muestra cartográficamente en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.4 Clima.



Mapa IV.2 Distribución climática en el SAR, AIP y el Proyecto.

IV.3.1.1 Normal climatológica

Las variables que componen la normal climatológica se resumen en las siguientes tablas y presentan datos de las estaciones climatológicas que la Comisión Nacional del Agua (CNA) mantiene en operación y que se ubican en el territorio que corresponde a cada grupo climático de la Cuenca de México, de tal forma que se obtuvo la envolvente climática del SAR, del AIP y el Proyecto, con registros continuos por series de tiempo. La información completa de cada estación meteorológica se encuentra en el Anexo VIII.4.1 Normal climatológica y climogramas.

⊕ Tipo climático BS1kw: Semiárido, templado

Tabla IV.3 Envolvente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático BS1kw.

Variable	TMN <sup>1</sup>	PP <sup>1</sup>	EVAP <sup>1</sup>	NIEB <sup>1</sup>	TMN <sup>2</sup>	PP <sup>2</sup>	EVAP <sup>2</sup>	NIEB <sup>2</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Enero	10.6	15		0.7	11.9	7.9	117.2	3.6
Febrero	12.1	13.9		0.3	13.2	5.7	138	2.9
Marzo	14.2	16.7		0.4	15.5	15.1	184.6	2
Abril	16.4	33		0.1	17.3	27.7	182.9	1.8
Mayo	16.8	60.1		0.4	18.1	46.2	177.2	1.7
Junio	16.8	89.5		0.6	17.9	103	144.2	1.5
Julio	15.8	87.3		0.6	16.9	108.7	123.7	2.1
Agosto	15.7	89.3		1.1	16.8	117.7	119.6	1.7
Septiembre	15.1	66.9		1.4	16.4	96.9	118.7	3.5
Octubre	14	37.2		1.9	15.2	38.4	119.7	4.5
Noviembre	12.3	16.1		1.6	13.4	10.7	107.6	3.4
Diciembre	11.5	3.8		1.2	12	6.7	103.7	2.3
Promedio	14.27	44.07		0.86	15.38	48.73	136.43	2.58

Fuente:

- 1.- Normal climatológica. Estación 13129. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.
- 2.- Normal climatológica. Estación 15044. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

⊕ Tipo climático C(w1): Templado

Tabla IV.4 Envolvente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w1).

Variable	TMN <sup>3</sup>	PP <sup>3</sup>	EVAP <sup>3</sup>	NIEB <sup>3</sup>	TMN <sup>4</sup>	PP <sup>4</sup>	EVAP <sup>4</sup>	NIEB <sup>4</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Enero	11.7	12.9	126.1	0	11	15.8	0.0	0.2
Febrero	12.8	11	143.6	0	11.5	21.3	0.0	0.5
Marzo	14.9	12.6	199.4	0	12.1	35.8	0.0	0
Abril	16.3	33.4	204.9	0	13	53.7	0.0	0.2
Mayo	16.6	43.6	202.9	0	12.8	91.6	0.0	0.7
Junio	15.9	65.2	172.6	0	12.7	164.5	0.0	1.5
Julio	15.3	67.7	160.9	0	11.9	172.9	0.0	1
Agosto	15.4	59.8	161.5	0	11.8	119.5	0.0	0.9
Septiembre	14.9	65.8	132.8	0	11.9	131	0.0	1.5
Octubre	13.8	38.8	129.8	0.1	11.4	57.8	0.0	0.2
Noviembre	12.8	12.7	121	0	11	33.1	0.0	0.1
Diciembre	12	6.9	116.5	0	11	13.5	0.0	0.8
Promedio	14.37	35.87	156	0.01	11.84	75.88	0.0	0.63

Fuente:

- 3.- Normal climatológica. Estación 13079. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.
- 4.- Normal climatológica. Estación 13132. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación ... Envolvente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w1).

Variable	TMN <sup>5</sup>	PP <sup>5</sup>	EVAP <sup>5</sup>	NIEB <sup>5</sup>	TMN <sup>6</sup>	PP <sup>6</sup>	EVAP <sup>6</sup>	NIEB <sup>6</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Enero	10	5.1		0	13.4	6.2	121.1	0.1

Variable	TMN <sup>5</sup>	PP <sup>5</sup>	EVAP <sup>5</sup>	NIEB <sup>5</sup>	TMN <sup>6</sup>	PP <sup>6</sup>	EVAP <sup>6</sup>	NIEB <sup>6</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Febrero	11	4.3		0.3	15.1	8.4	134.1	0
Marzo	12.3	9.8		0.2	17.8	10	180	0
Abril	13.6	26.2		0.1	19.1	21.8	177	0
Mayo	14.6	52.2		0.4	19.3	63.1	172.4	0.1
Junio	14.9	102.7		0.2	18.8	156.2	151.6	0
Julio	14	97.4		0.1	17.8	183.5	138.1	0
Agosto	14	115.5		0.1	17.9	185.6	137.6	0
Septiembre	13.8	99.9		0.7	17.6	153.7	127.9	0.1
Octubre	12.8	55.9		0.4	17	67.8	135.2	0
Noviembre	11.4	8		0	15.2	6.8	121.1	0
Diciembre	10.3	5.9		0	13.6	5.6	118	0.1
Promedio	12.73	48.58	0.0	0.21	16.88	72.39	142.84	0.03

Fuente:

5.- Normal climatológica. Estación 29162. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

6.- Normal climatológica. Estación 15058. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

⊕ Tipo climático C(w2) Templado, subhúmedo

Tabla IV.5 Envoltente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w2)

Variable	TMN <sup>7</sup>	PP <sup>7</sup>	EVAP <sup>7</sup>	NIEB <sup>7</sup>	TMN <sup>8</sup>	PP <sup>8</sup>	EVAP <sup>8</sup>	NIEB <sup>8</sup>	TMN <sup>9</sup>	PP <sup>9</sup>	EVAP <sup>9</sup>	NIEB <sup>9</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Enero	9.8	15.2		0.2	10.9	12.3	95.7	3.2	9.8	15.2		0.2
Febrero	10.8	14.5		0.2	12	9.4	105.9	2.1	10.8	14.5		0.2
Marzo	12.2	12.9		0.2	13.8	14.7	146.5	1.4	12.2	12.9		0.2
Abril	13.4	31.9		0	15.4	31.8	155.6	2.6	13.4	31.9		0
Mayo	13.6	50.9		0	16	78.1	147.6	3.1	13.6	50.9		0
Junio	13.2	82.2		0	15.7	157.1	106.2	3.7	13.2	82.2		0
Julio	12.4	98.3		0.1	14.9	156	98.5	4	12.4	98.3		0.1
Agosto	12.3	74.5		0.1	15	170.1	95.7	3.4	12.3	74.5		0.1
Septiembre	12.1	119.7		0.4	14.8	170.6	89.9	4.7	12.1	119.7		0.4
Octubre	11.3	53.9		0.5	14	64	95.5	3.4	11.3	53.9		0.5
Noviembre	10.3	16.4		0.3	12.4	12.7	88.5	3.7	10.3	16.4		0.3
Diciembre	9.9	6.8		0.3	11.3	7.5	92.3	2.6	9.9	6.8		0.3
Promedio	11.78	48.1	0.0	0.19	13.85	73.69	109.83	3.16	11.8	577.2		2.3

Fuente:

7.- Normal climatológica. Estación 15018. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

8.- Normal climatológica. Estación 15007. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

9.- Normal climatológica. Estación 13150. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

⊕ Tipo climático C(wo) Templado, subhúmedo

Tabla IV.6 Envoltente de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(wo).

Variable	TMN <sup>10</sup>	PP <sup>10</sup>	EVAP <sup>10</sup>	NIEB <sup>10</sup>	TMN <sup>11</sup>	PP <sup>11</sup>	EVAP <sup>11</sup>	NIEB <sup>11</sup>	TMN <sup>13</sup>	PP <sup>13</sup>	EVAP <sup>13</sup>	NIEB <sup>13</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Enero	12.3	33		0	11.7	9.1	128.1	0.9	11.2	8.7	100.7	2.4
Febrero	13.4	14.6		0.2	13.2	10	148.2	0.3	12.5	8.7	119.6	1.2
Marzo	15.4	17		0	15.2	12.3	197	0.2	14.7	12.8	166.6	0.8
Abril	17.4	36.8		0	17	32.7	202	2.2	16.6	28.9	172.3	0.4
Mayo	17.6	54.3		0.1	18	54.3	194.3	1.7	17.6	49.4	181	0.3
Junio	17.3	110.1		0.3	17.6	106	166.2	2	17.7	103.8	151.2	0.5
Julio	16.5	91.1		0.5	16.8	97.2	148	2.2	16.9	124.8	130.7	1.2
Agosto	16.5	78.3		0.5	16.6	101.1	148.9	1.4	16.9	108.1	126.3	1.5
Septiembre	16	88.7		0.8	16.2	83.8	119	1.2	16.5	97.2	108.7	2.4
Octubre	14.7	41.4		0.2	15.3	42.2	136.7	2.5	15.1	50.3	106.6	4.1
Noviembre	13.5	9.2		0.4	13.4	8.1	127.1	1.5	13	13.5	96.7	3.8
Diciembre	12.9	6.1		0.3	12.3	3.1	126.1	1.1	11.8	6.9	93.4	4.4
Promedio	15.29	48.38	0.0	0.28	15.28	46.66	153.47	1.43	15.04	51.09	129.48	1.92

Fuente:

10.- Normal climatológica. Estación 13131. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.  
 11.- Normal climatológica. Estación 13091. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.  
 12.- Normal climatológica. Estación 15115. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación ... Envoltorio de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(wo).

Variable	TMN <sup>13</sup>	PP <sup>13</sup>	EVAP <sup>13</sup>	NIEB <sup>13</sup>	TMN <sup>14</sup>	PP <sup>14</sup>	EVAP <sup>14</sup>	NIEB <sup>14</sup>	TMN <sup>15</sup>	PP <sup>15</sup>	EVAP <sup>15</sup>	NIEB <sup>15</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Enero	11	9.1	121.7	3.8	11.6	6	146.9	1.2	23.6	10.2	101	2.5
Febrero	12.3	9.3	141	1.9	13.1	3.8	168	0.9	24.7	8.4	99.5	1.9
Marzo	14.5	11.9	191.7	1.1	15.2	13	215.2	0.1	26.8	10.2	124.2	2.4
Abril	16.4	20.9	197.6	0.7	17.4	26.9	231	0.1	28	17.3	130.3	2.3
Mayo	17.3	46.7	195.2	1.3	18.2	57.8	219.5	0.5	28.4	50	129.2	0.6
Junio	17.5	101.5	162	0.9	18.4	97	192.8	0	26.4	89	112.9	2.6
Julio	16.7	120.4	145	1.8	17.5	111.5	169.2	0.7	24.8	112.1	111.8	1.6
Agosto	16.6	116.8	137.1	2.5	17.4	104.6	160.9	0.9	24.6	109.3	108.1	1.9
Septiembre	16.4	107.1	125.4	3.5	17.1	78.2	148.2	0.6	24.6	93.2	96.9	1.1
Octubre	15	47.6	123.1	5.4	15.4	45.9	151.1	1	24.8	42.7	105.3	1.8
Noviembre	12.9	12	111.4	4.9	13.5	10.5	132.6	1.8	23.9	4.5	96.4	1.9
Diciembre	11.3	4.4	107.3	5.1	12	3.5	124.4	1.6	23.4	3.2	94.8	2
Promedio	14.83	50.64	146.54	2.74	15.57	46.56	171.65	0.78	25.33	45.84	109.2	1.88

Fuente:

13.- Normal climatológica. Estación 15041. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.  
 14.- Normal climatológica. Estación 15383. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.  
 15.- Normal climatológica. Estación 09051. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación ... Envoltorio de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(wo).

Variable	TMN <sup>16</sup>	PP <sup>16</sup>	EVAP <sup>16</sup>	NIEB <sup>16</sup>
	°C	mm	mm	día
Enero	9.8	15.2		0.2
Febrero	10.8	14.5		0.2
Marzo	12.2	12.9		0.2
Abril	13.4	31.9		0
Mayo	13.6	50.9		0
Junio	13.2	82.2		0
Julio	12.4	98.3		0.1
Agosto	12.3	74.5		0.1
Septiembre	12.1	119.7		0.4
Octubre	11.3	53.9		0.5
Noviembre	10.3	16.4		0.3
Diciembre	9.9	6.8		0.3
Promedio	11.78	48.1	0.0	0.19

Fuente:

16.- Normal climatológica. Estación 13150. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

⊕ Tipo climático Cb'(w1) Semifrío, subhúmedo.

No existen estaciones climatológicas en este tipo climático.

⊕ Tipo climático Cb'(w2).- Semifrío, subhúmedo

Tabla IV.7 Envoltorio de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático Cb'(w2)

Variable	TMN <sup>17</sup>	PP <sup>17</sup>	EVAP <sup>17</sup>	NIEB <sup>17</sup>	TMN <sup>18</sup>	PP <sup>18</sup>	EVAP <sup>18</sup>	NIEB <sup>18</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Enero	6.4	29.4	65.9	8.2	7.5	15.8		0.6
Febrero	7.2	28.7	78.5	9.9	8.5	10.3		0.5
Marzo	8.9	23.7	111.3	8.6	9.9	16.1		0.4
Abril	10.5	44.9	109.7	11.8	11.4	39.4		0.5
Mayo	10.9	91.9	101.6	14.4	12.1	90.4		0.5
Junio	10.8	261.9	89.1	13.5	12.2	235.9		2.4

Variable	TMN <sup>17</sup>	PP <sup>17</sup>	EVAP <sup>17</sup>	NIEB <sup>17</sup>	TMN <sup>18</sup>	PP <sup>18</sup>	EVAP <sup>18</sup>	NIEB <sup>18</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Julio	10.2	304.9	76.7	13.2	11.3	273.2		2.7
Agosto	10.3	297	71.8	15.2	11.4	281.2		4.5
Septiembre	9.7	277.1	57.5	15.1	11.3	225.2		6.4
Octubre	8.6	116.2	63.2	13.5	10.2	92.2		4.7
Noviembre	7.5	37.7	63.4	11.1	8.4	20		2.6
Diciembre	6.3	14.5	58.2	10	7.7	9.8		1.1
Promedio					10.16	109.13	0.0	2.24

Fuente:

17.- Normal climatológica. Estación 15231. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

18.- Normal climatológica. Estación 15045. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación ... Envoltorio de la normal climatológica del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático Cb'(w2)

Variable	TMN <sup>19</sup>	PP <sup>19</sup>	EVAP <sup>19</sup>	NIEB <sup>19</sup>	TMN <sup>20</sup>	PP <sup>20</sup>	EVAP <sup>20</sup>	NIEB <sup>20</sup>
	°C	mm	mm	día	°C	mm	mm	día
Enero	9.1	14.7	92.8	2	9.9	13.1	84.4	0.1
Febrero	9.2	7.7	100.8	1.9	11	12.8	88.3	0
Marzo	10.1	19.9	144.8	1.3	12.7	23	113.6	0
Abril	10.4	51.1	147.5	1.4	13.8	38.1	118.4	0.1
Mayo	10.9	82.2	138.1	1	13.6	78	111.9	0.1
Junio	10.8	219	113.6	1.5	12.2	150.2	81.2	0.5
Julio	10.5	267.8	102	2	11.4	126.8	70.1	0.6
Agosto	10.3	281.9	99.2	2.2	11.5	126.4	74.7	0.3
Septiembre	10.2	232.7	89.7	2.4	11.4	123.2	62.9	0.4
Octubre	9.9	91	94.1	2.3	11.1	60.6	72.9	0.3
Noviembre	9.5	15.6	80.1	2.1	10.6	12.2	80.1	0.2
Diciembre	9.4	7.5	87.9	1.6	10	8.6	80.3	0
Promedio					11.6	64.42	86.57	0.22

Fuente:

19.- Normal climatológica. Estación 09022. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

20.- Normal climatológica. Estación 15018. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

### CLAVES

TMN = Temperatura Media Normal.

PP = Precipitación Pluvial

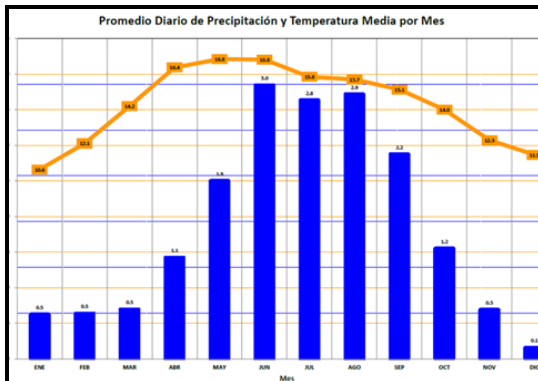
EVAP = Evaporación

NIEB = Niebla

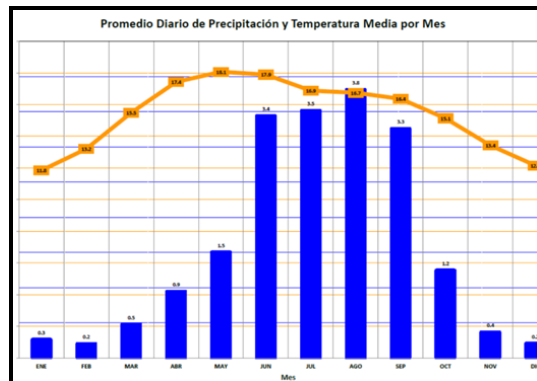
IV.3.1.2 Climogramas por tipo climático.

Con los datos anteriores y por la ubicación de las estaciones climatológicas aledañas al Proyecto que se muestran en el Anexo VIII.4.1 Normal climatológica y climogramas, en las siguientes gráficas se muestran los climogramas correspondientes.

☒ Tipo climático BS1kw: Semiárido, templado

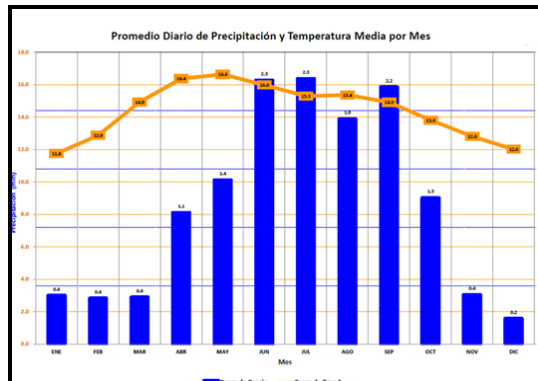


Climograma Estación 13129

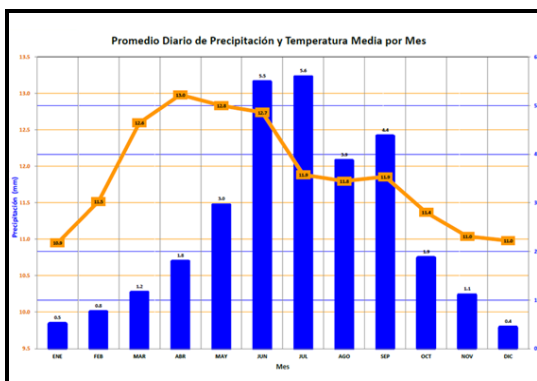


Climograma Estación 15044

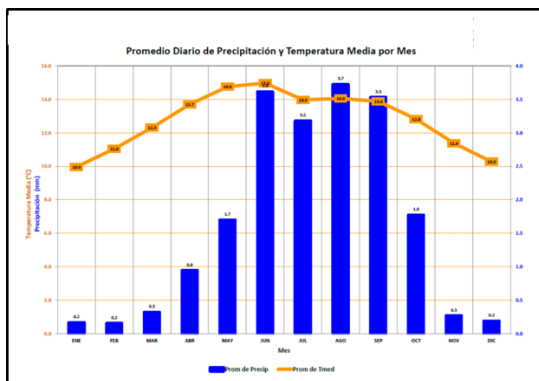
☒ Tipo climático C(w1): Templado



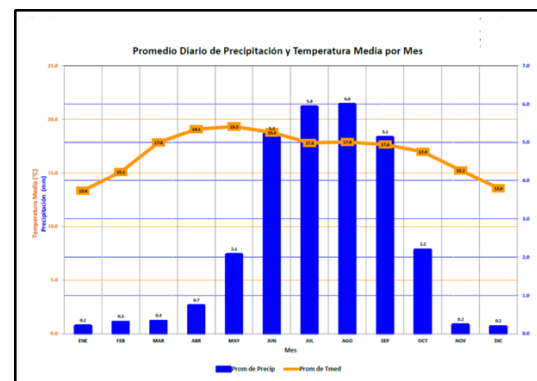
Climograma Estación 13079



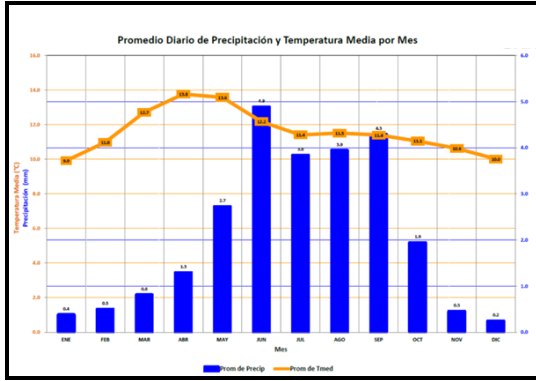
Climograma Estación 13132



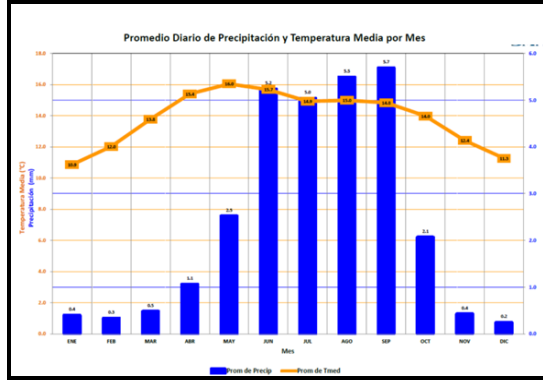
Climograma Estación 29162



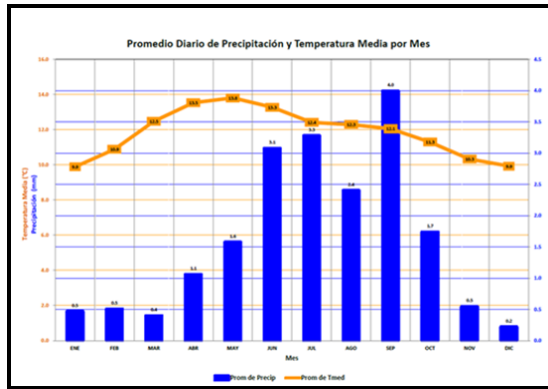
Climograma Estación 15058



Climograma Estación 15018

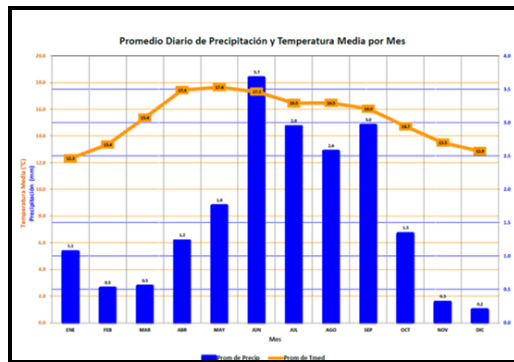


Climograma Estación 15007

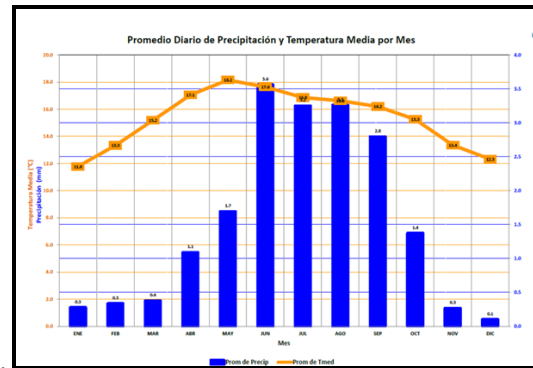


Climograma Estación 13150

☉ Tipo climático C(wo) Templado, subhúmedo

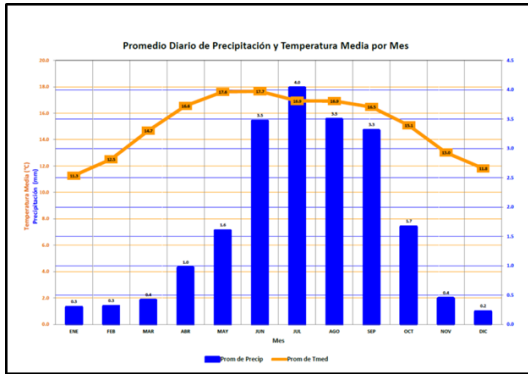


Climograma Estación 13131

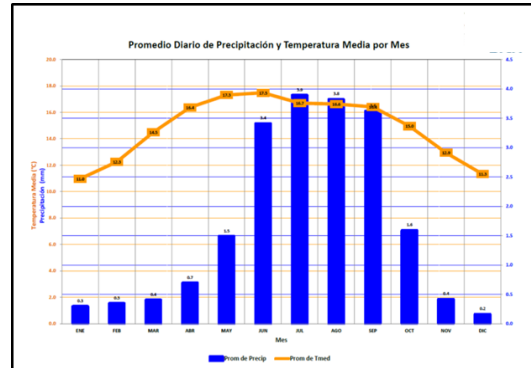


Climograma Estación 13091

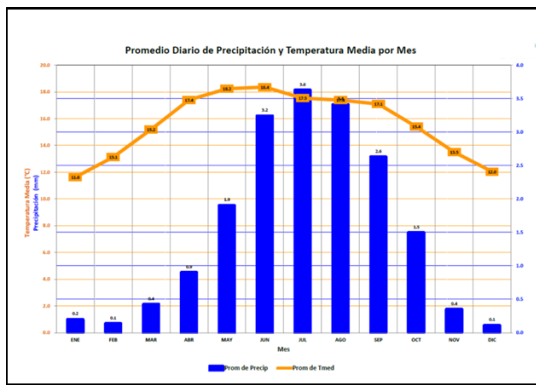




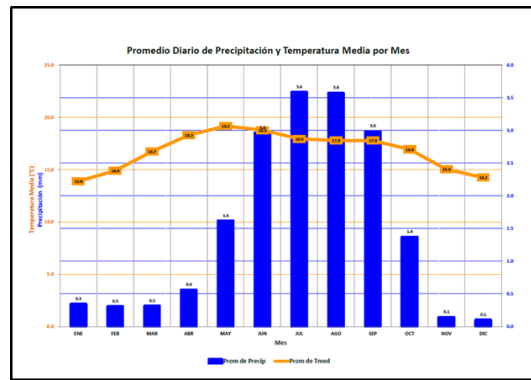
Climograma Estación 15115



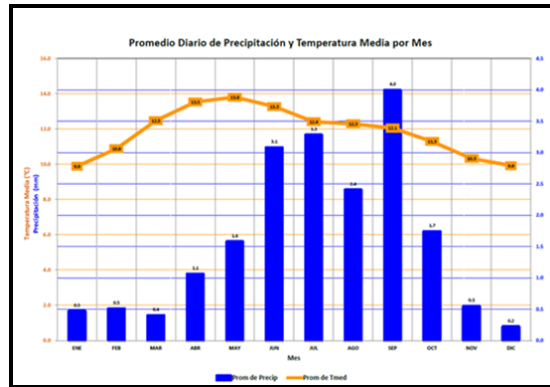
Climograma Estación 15041



Climograma Estación 15383



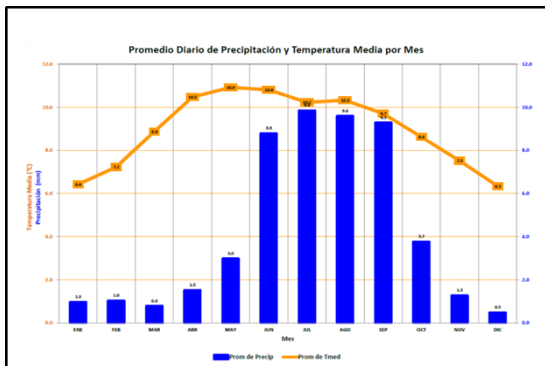
Climograma Estación 09051



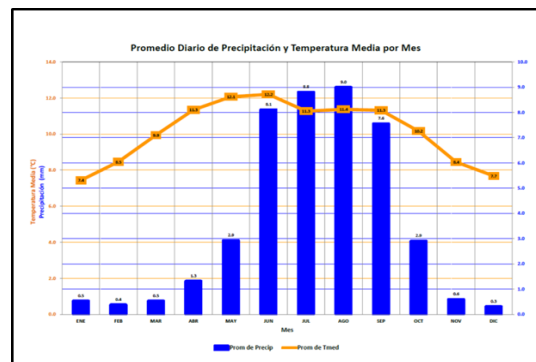
Climograma Estación 13150

☒ Tipo climático Cb'(w1) Semifrío, subhúmedo. No existen estaciones climatológicas en éste tipo climático.

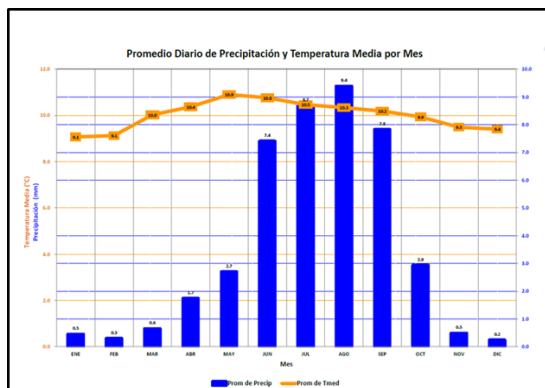
⊕ Tipo climático Cb'(w2).- Semifrío, subhúmedo



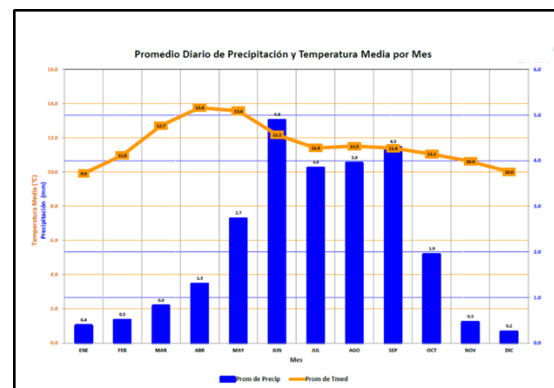
Climograma Estación 15231



Climograma Estación 15045



Climograma Estación 09022



Climograma Estación 15018

⊕ Análisis climatológico

De los datos mostrados en el anexo anterior se infiere que los vientos son dominantes del noroeste en otoño e invierno, del este en primavera y del sur en verano.

El clima del área donde se pretende llevar a cabo el Proyecto y el SAR, está determinado por los sistemas atmosféricos tropicales y extra-tropicales, distinguiéndose dos estaciones bien definidas, el semestre de seco concentrado en invierno (de noviembre a abril) y la estación lluviosa, que se presenta de mayo a octubre.

Las perturbaciones que viajan dentro de la corriente aérea del Oeste, en forma de ondulaciones o vaguadas, ocasionan una intensificación del viento a su paso por la Cuenca de México, el SAR, levantando en algunas ocasiones altas y densas cortinas de polvo, especialmente en la segunda mitad del periodo seco, es decir de febrero a abril. Las características físicas de la superficie terrestre influyen en el desplazamiento del flujo de viento. Los rasgos topográficos provocan turbulencia térmica o mecánica de la atmósfera. La turbulencia térmica se produce por el calentamiento diferencial de la superficie, es decir, los rasgos del terreno absorben y emiten calor a tasas distintas. En cambio, la turbulencia mecánica es causada por la rugosidad del terreno.

En este sentido los vientos que predominan son de tres tipos (Cruickshank, 1995):

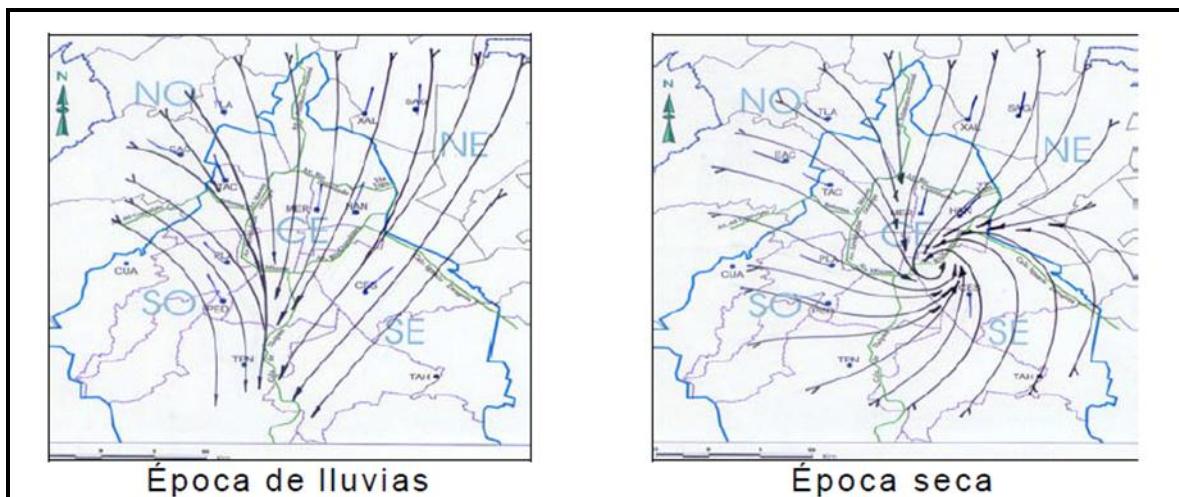
- Vientos de altura: Proviene de la Sierra del Ajusco a una altura de 3,000 msnm.
- Vientos rasantes: Proviene del Noreste, Sureste, Norte y Noroeste. Los del Noroeste son vientos polares que entran al Lago de Texcoco; los del Sureste provienen del Antiguo Lago de Chalco; los del Norte son vientos fríos que corren de Norte a Sur durante las noches y los Vientos del Noreste provienen de la Región de Pachuca.

- Vientos conectivos: Se producen durante las horas más calientes, provocando los remolinos que alcanzan grandes alturas, llevando en suspensión grandes cantidades de polvo.

Las áreas urbanas presentan accidentes topográficos y características térmicas propias debido a la presencia de elementos hechos por el hombre. La influencia térmica domina sobre la fricción debida a las edificaciones. Los materiales de construcción como el ladrillo y el concreto absorben y retienen el calor de manera más eficiente que el suelo y la vegetación. Cuando el sol se pone, el área urbana continúa irradiando calor desde los edificios y las superficies pavimentadas. El aire que éste complejo urbano calienta, asciende creando un domo sobre la ciudad conocido como isla de calor. La ciudad emite calor durante toda la noche. Recién cuando el área urbana empieza a enfriarse, sale el sol y empieza a calentar el complejo urbano nuevamente.

Desde el punto de vista estacional, se observa dos flujos de viento promedio para las épocas seca y de lluvia; se observa que durante la temporada húmeda (verano), el flujo tiene una intensa componente del norte en todo el valle. Por otro lado, la temporada seca presenta una característica importante: un vórtice (remolino) se forma muy cerca del centro del Distrito Federal, lo cual se debe al efecto conocido como "Isla de Calor", situación meteorológica generada por el aumento de la temperatura del suelo de tipo urbano, con materiales de construcción de cemento y asfalto, en contraste con las áreas forestales que la circundan, éste vórtice interno del Valle de México se alimenta de los vientos predominantes del Noroeste y Noreste ya que éstos permanecen en su trayectoria durante todo el año.

En el Anexo VIII.4.2 Flujo del viento, se muestran las gráficas de flujo horario.



Fuente: Gestión ambiental del aire en el Distrito Federal 2000-2006. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente.

Figura IV.17 Flujo de viento estacional.

Por lo anteriormente expuesto se puede decir que los vientos predominantes a nivel del rasante, tienen dirección Noroeste y Noreste y ambos hacia el sur.

IV.3.1.3 Fenómenos climatológicos extremos

Dentro del SAR, el AIP y el Proyecto y los tipos climáticos que los cruzan, en las siguientes tablas se muestran los fenómenos climáticos extremos medidos en las estaciones climatológicas existentes.

⊕ Tipo climático BS1kw: Semiárido, templado

Tabla IV.8 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático BS1kw.

	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
Enero	24.0	-3.8	60.5	0	0.2	25	-1.6	54.6	0	0
Febrero	26.3	-2.4	76.3	0.1	0.3	26.3	-2.1	27.5	0	0
Marzo	29.3	-1.2	82.9	0	1.5	29.1	1.2	54	0	0
Abril	31.5	3.9	83.4	0.2	3.5	30.9	3.9	96.2	0.1	0.1
Mayo	31.7	5	130.5	0.2	3.3	32.5	6	135.3	0.1	0.2
Junio	30.0	6.7	171.5	0	3.4	31.4	7.6	232.5	0.1	0.3
Julio	26.0	6.1	261.9	0.6	2.8	27.8	7.9	183.6	0.1	0.7
Agosto	25.1	5.9	168.3	0.1	2.1	26.5	7.2	261.3	0.2	0.8
Septiembre	25.0	3.3	189.5	0	1.6	26.8	7	251	0.1	0.7
Octubre	24.4	0.2	106.3	0	0.6	25.6	3.1	82.8	0	0.3
Noviembre	25.0	-0.8	64.4	0	0.7	26.7	-0.6	48.3	0	0
Diciembre	24.6	-2.3	22.2	0	0.1	24.5	-1.6	47.7	0	0
Promedio				1.2	20.1				0.7	3.1

Fuente:

- 1.- Normal climatológica. Estación 13129. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.
- 2.- Normal climatológica. Estación 15044. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Para el tipo climático BS1kw, la temperatura máxima mensual es la variable preponderante para los meses de Marzo-Mayo, mientras que la precipitación máxima mensual puede representar un riesgo en el mes de julio.

⊕ Tipo climático C(w1): Templado

Tabla IV.9 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w1).

	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
Enero	26.8	-0.6	89.8	0	0	22.7	0.2	96	0	0
Febrero	28.3	0.2	95.9	0	0.1	26.2	1.1	99.5	0	0
Marzo	32	1.7	58.1	0	0	21.9	1.4	183.4	0	0
Abril	32.7	3	112.7	0	0.1	32.5	2.8	192.9	0	0
Mayo	34.9	1.3	141.1	0	0.4	26.7	2.9	210	0	0
Junio	32.1	1.5	156.7	0	0.4	25.7	2.5	540.5	0	0
Julio	32.5	2.6	404.8	0	0.4	22.8	2.2	426.2	0	0
Agosto	28.6	3.5	154.5	0	0.5	21.8	2.5	327.5	0	0
Septiembre	29.7	2.8	226.7	0	0.2	21.9	2.4	394.5	0	0
Octubre	29	3.8	201.3	0	0.1	22.2	2	149	0	0
Noviembre	28.9	1.9	56.8	0	0.1	21.5	1.5	137.6	0	0
Diciembre	27	-0.4	68.8	0	0	21.9	0	79	0	0
Promedio				0	2.3				0	0

Fuente:

- 3.- Normal climatológica. Estación 13079. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.
- 4.- Normal climatológica. Estación 13132. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación... Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w1).

	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
Enero	23.4	-3.6	31	0	0	25.3	1.3	33.1	0	0
Febrero	23.4	-2.6	32.5	0	0	28.3	2	43.4	0	0
Marzo	24.8	-0.4	30	0	0	30	5.2	54.8	0	0.1
Abril	25.9	2.2	60	0	0	32.1	6.1	66.6	0.2	0.2

	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
<b>Mayo</b>	26.7	4.1	113	0	0.1	33.3	8	142.8	0.5	0.6
<b>Junio</b>	24.9	5.4	278	0.1	0.1	30.5	8.2	384.1	0.6	1
<b>Julio</b>	24	4.2	175	0	0	27.5	7.9	319.8	0.8	0.7
<b>Agosto</b>	24.9	3.8	178	0	0	28.4	8.7	323.5	0.6	1.4
<b>Septiembre</b>	24.5	3.7	193	0	0	26.5	8.8	386.1	0.3	1.2
<b>Octubre</b>	24	1.4	159	0.1	0	26.9	6	196.3	0.3	0.2
<b>Noviembre</b>	24.5	-0.5	35	0	0	26.1	2.3	37.6	0	0
<b>Diciembre</b>	24.1	-2.1	19.5	0	0	25	1.5	47	0	0
<b>Promedio</b>				0.2	0.2				3.3	5.4

Fuente:

5.- Normal climatológica. Estación 29162. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

6.- Normal climatológica. Estación 15058. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

En el tipo climático C(w1) la precipitación máxima mensual es el fenómeno climático extremo en los meses de Junio-Agosto.

⊕ Tipo climático C(w2) Templado, subhúmedo

Tabla IV.10 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w2).

	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
<b>Enero</b>	19.5	-0.5	96.7	0	0	22.7	-1.4	126.4	0	0
<b>Febrero</b>	21.1	1.4	78	0	0	23.8	-1	53.9	0	0
<b>Marzo</b>	22.8	1.5	129	0	0.1	24.6	0.9	58.2	0	0
<b>Abril</b>	24.3	4	104.3	0	0.1	26.5	3.7	100.7	0.1	0
<b>Mayo</b>	26.3	4.4	157.8	0.1	0	27	5.8	183.3	0.1	0.1
<b>Junio</b>	21.9	4.1	353.7	0	0.4	25.4	7	321.4	0.1	0.4
<b>Julio</b>	18.5	3.8	482.9	0.1	0.3	23.3	7.3	264.9	0.1	0.1
<b>Agosto</b>	18.8	4.1	372	0	0.2	23.2	6.8	338.3	0.1	0.4
<b>Septiembre</b>	18	3.9	322.1	0	0.4	22.1	6.3	278.1	0	0.2
<b>Octubre</b>	19.5	0.2	156	0	0.6	23.5	2.7	193.3	0	0.1
<b>Noviembre</b>	19.4	1	40.9	0.1	0	23.3	0.4	68.3	0	0
<b>Diciembre</b>	19.3	0.5	42.1	0	0	22	-1.5	61.8	0	0
<b>Promedio</b>				0.3	2.1				0.5	1.3

Fuente:

7.- Normal climatológica. Estación 15018. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

8.- Normal climatológica. Estación 15007. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación.... Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(w2).

	TMaxM	TMinM	PMax	Granizo	TElec
<b>Enero</b>	21.1	1.6	67.6	0	0.7
<b>Febrero</b>	23.9	2.3	71.6	0	0.7
<b>Marzo</b>	27.3	3.6	58	0	0.4
<b>Abril</b>	30.4	5.2	92.5	0.1	1.5
<b>Mayo</b>	31.9	6.2	165	0.1	2.3
<b>Junio</b>	33.7	6.8	210	0.2	2.6
<b>Julio</b>	32.3	6.8	263.9	0	3
<b>Agosto</b>	31.4	6.4	175.5	0	2.3
<b>Septiembre</b>	29.6	6.3	369.5	0.1	2.2
<b>Octubre</b>	27.6	4.9	174.5	0.1	1.3
<b>Noviembre</b>	25.4	2.8	66	0	0.7
<b>Diciembre</b>	22.5	2	33	0	0.2
<b>Promedio</b>		4.6		0.6	17.9

9.- Normal climatológica. Estación 13150. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

En el tipo climático C(w2), el fenómeno climatológico extremo es la precipitación máxima mensual de Junio-Agosto.

⊕ Tipo climático C(wo) Templado, subhúmedo

Tabla IV.11 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(wo).

	TMaxM	TMinM	PMax	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
<b>Enero</b>	25.3	0	237	0	0.1	23.3	-2.5	34.5	0.1	0.1
<b>Febrero</b>	25.4	1.7	87.9	0	0	24.4	-1	80	0	0
<b>Marzo</b>	28.3	2.4	53.9	0	0.1	29	1	39	0.1	0.2
<b>Abril</b>	31.1	5.8	84.8	0	0	29.1	5.3	91	0.1	0.6
<b>Mayo</b>	31.4	7	101.2	0	0	30.6	6.9	160	0.1	0.7
<b>Junio</b>	28.6	8	234.2	0.1	0	28.5	6.8	206	0.1	0.5
<b>Julio</b>	25.7	8.3	185.8	0	0	26.6	7.5	247	0.1	0.7
<b>Agosto</b>	25.6	7.3	124.4	0	0	25.7	6.8	170	0	1
<b>Septiembre</b>	25.4	7.2	218.5	0	0	25.4	6.8	188	0.1	0.4
<b>Octubre</b>	25.4	4.5	99.7	0	0	26.3	3.3	157.8	0.1	0.2
<b>Noviembre</b>	24.1	1.6	32.2	0	0	24.4	0.2	25	0.1	0.1
<b>Diciembre</b>	23.8	0.9	36.5	0	0	23.6	0.3	22.4	0	0
<b>Promedio</b>				0.1	0.2				0.9	4.5

Fuente:

10.- Normal climatológica. Estación 13131. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

11.- Normal climatológica. Estación 13091. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación... Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(wo).

	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
<b>Enero</b>	24.1	-0.5	44.9	0	0.1	25.5	-3.1	52.5	0	0
<b>Febrero</b>	26.1	-0.9	83	0	0	25.9	-3.9	98.3	0	0
<b>Marzo</b>	28.2	1.7	55.7	0.1	0.2	28.7	-0.3	83.9	0.1	0
<b>Abril</b>	30	4.8	87.7	0.2	0.4	30	2.3	91.2	0	0
<b>Mayo</b>	30.1	7.1	118.9	0.1	0.4	30.6	4.7	148	0.1	0.2
<b>Junio</b>	29.8	7.3	238.2	0.1	0.5	29.1	5.2	240.2	0	0
<b>Julio</b>	27.9	9	277	0.2	1.1	27.6	6	223	0.1	0
<b>Agosto</b>	26.2	8.9	257.7	0.2	0.9	26.9	5.7	237.1	0.1	0.1
<b>Septiembre</b>	26	8.6	292.4	0.1	0.8	28.4	6.4	218.9	0	0.1
<b>Octubre</b>	26.7	3	128.4	0	0.4	27.2	2	125.7	0	0
<b>Noviembre</b>	24.8	1	78.5	0	0.1	26.6	-1.9	113.6	0	0
<b>Diciembre</b>	23.9	-1.3	34.9	0	0.1	24.1	-2.5	21.6	0	0
<b>Promedio</b>				1	5				0.4	0.4

12.- Normal climatológica. Estación 15115. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

13.- Normal climatológica. Estación 15041. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación... Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(wo).

	TMaxM	TMinM	PMaxM	TElec	Granizo	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
<b>Enero</b>	23.9	-3.8	21	0	0	28.2	-1.2	103.5	0	1.7
<b>Febrero</b>	25.4	-3.2	21	0	0	30.3	-1.1	86	0	0.9
<b>Marzo</b>	27.4	0.9	33.4	0	0	32.5	2.6	67.5	0	1.1
<b>Abril</b>	29.4	5.1	79.2	0	0	36.7	4.9	71.5	0	1.9
<b>Mayo</b>	30.8	6.2	247.4	0	0	35.6	4.3	128	0	2.9
<b>Junio</b>	28.5	8.8	182.8	0	0	30.7	8.9	169	0	4.2
<b>Julio</b>	26.3	7.8	247.4	0	0	28.9	9.1	226.4	0	5.8
<b>Agosto</b>	26.4	7.3	168.7	0	0	27.7	9.1	186.3	0.1	4
<b>Septiembre</b>	25.2	5.3	212.7	0	0	28.9	8.4	164.6	0	4.1
<b>Octubre</b>	25.1	3	106.8	0	0	27.7	4.9	142.5	0	4.9
<b>Noviembre</b>	25.4	-1.3	56.5	0	0	29.3	0.4	19	0	2.9
<b>Diciembre</b>	24.3	-3.5	29	0	0	27.8	-0.1	36.5	0	2
<b>Promedio</b>				0	0				0.1	36.4

Fuente:

14.- Normal climatológica. Estación 15383. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

15.- Normal climatológica. Estación 09051. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación... Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático C(wo).

	TMaxM	TMinM	PMax	Granizo	TElec
<b>Enero</b>	21.1	1.6	67.6	0	0.7
<b>Febrero</b>	23.9	2.3	71.6	0	0.7
<b>Marzo</b>	27.3	3.6	58	0	0.4
<b>Abril</b>	30.4	5.2	92.5	0.1	1.5
<b>Mayo</b>	31.9	6.2	165	0.1	2.3
<b>Junio</b>	33.7	6.8	210	0.2	2.6
<b>Julio</b>	32.3	6.8	263.9	0	3
<b>Agosto</b>	31.4	6.4	175.5	0	2.3
<b>Septiembre</b>	29.6	6.3	369.5	0.1	2.2
<b>Octubre</b>	27.6	4.9	174.5	0.1	1.3
<b>Noviembre</b>	25.4	2.8	66	0	0.7
<b>Diciembre</b>	22.5	2	33	0	0.2
<b>Promedio</b>		4.6		0.6	17.9

Fuente:

16.- Normal climatológica. Estación 13150. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

En el tipo climático C(wo), el fenómeno climatológico extremo es la precipitación máxima mensual de Junio-Septiembre.

⊕ Tipo climático Cb'(w1) Semifrío, subhúmedo.  
 No existen estaciones climatológicas en éste tipo climático.

⊕ Tipo climático Cb'(w2).- Semifrío, subhúmedo

Tabla IV.12 Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático Cb'(w2).

	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
<b>Enero</b>	20.6	-4.1	196.8	0.3	0	19.5	-5.2	123.3	0	0.5
<b>Febrero</b>	21.9	-5.2	297.0	0.6	0	20	-5	46.0	0.1	1.1
<b>Marzo</b>	26.5	-6.6	86.8	0.3	0	22	-3.4	79.0	0.2	1.4
<b>Abril</b>	29.4	-0.5	132.1	0.5	0	23.9	-1.2	94.7	0.2	3.4
<b>Mayo</b>	28.4	2.2	277.8	1.3	0.2	23.9	0	202.8	0.4	6.1
<b>Junio</b>	28.8	3.5	571.5	0.9	0.1	21.5	4.6	411.8	0.4	7.6
<b>Julio</b>	27.2	3.5	486.0	1.2	0.1	18.5	3.6	768.9	0.3	8.9
<b>Agosto</b>	27.4	3.5	494.5	1	0.1	18.5	4	914.1	0.4	8.1
<b>Septiembre</b>	21.8	3.5	548.7	0.7	0	18.9	3.8	437.2	0.2	5.5
<b>Octubre</b>	20.9	-0.4	259.8	0.5	0	18.6	1	235.9	0.2	3.6
<b>Noviembre</b>	21.6	-2.1	126.9	0.5	0	18.5	-2	65.2	0.1	1.9
<b>Diciembre</b>	18.8	-4.8	51.3	0.2	0	18.6	-4.3	52.3	0	0.2
<b>Promedio</b>				8	0.5				2.5	48.3

Fuente:

17.- Normal climatológica. Estación 15231. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

18.- Normal climatológica. Estación 15045. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

Continuación... Fenómenos climáticos extremos del SAR, el AIP y el Proyecto. Tipo climático Cb'(w2).

	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
<b>Enero</b>	24.0	-5.2	166.5	0.1	0.8	19.5	-0.5	96.7	0	0
<b>Febrero</b>	23.9	-4.8	63.0	0	1.1	21.1	1.4	78.0	0	0
<b>Marzo</b>	26.4	-2.5	131.0	0	0.9	22.8	1.5	129.0	0	0.1
<b>Abril</b>	26.8	0.8	194.0	0.1	0.8	24.3	4	104.3	0	0.1
<b>Mayo</b>	27.8	2	234.0	0.1	0.9	26.3	4.4	157.8	0.1	0
<b>Junio</b>	26.3	2.8	490.0	0.1	2.4	21.9	4.1	353.7	0	0.4
<b>Julio</b>	25.7	2.8	595.0	0.4	1.6	18.5	3.8	482.9	0.1	0.3
<b>Agosto</b>	24.0	2.5	976.5	0.4	1.3	18.8	4.1	372.0	0	0.2
<b>Septiembre</b>	23.3	2.8	658.0	0.1	1.4	18	3.9	322.1	0	0.4
<b>Octubre</b>	23.6	-2.8	450.0	0	2.2	19.5	0.2	156.0	0	0.6
<b>Noviembre</b>	23.3	-3.3	106.0	0	2.7	19.4	1	40.9	0.1	0

	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec	TMaxM	TMinM	PMaxM	Granizo	TElec
<b>Diciembre</b>	23.2	-3.4	54	0	1.8	19.3	0.5	42.1	0	0
<b>Promedio</b>				1.3	17.9				0.3	2.1

Fuente:

19.- Normal climatológica. Estación 09022. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

20.- Normal climatológica. Estación 15018. Período: 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional. CNA.

En el tipo climático Cb'(w2), los fenómenos climatológicos extremos es la temperatura mínima mensual en los meses de Noviembre-Abril y la precipitación máxima mensual de Mayo-Septiembre.

### Claves y Unidades de Medida

TMaxM = Temperatura Máxima Mensual (°C/promedio mensual)

TMinM = Temperatura Mínima Mensual (°C/promedio mensual)

PMaxM = Precipitación Máxima Mensual (mm/promedio mensual)

TElec = Tormenta Eléctrica (días y su promedio mensual)



### IV.3.2 Aire

#### ❖ Calidad Atmosférica

Para el desarrollo del apartado se recurrirá al concepto de Cuenca Atmosférica, sobre la cual existen tres enfoques que fueron retomados por el INE en su publicación "Modelación de cuencas atmosféricas como herramienta para la gestión de la calidad del aire" que se incluye en el Anexo VIII.4.3, en donde se encuentra su metodología y aplicación.

La primer definición es "área cubierta por un volumen de aire que tiene características similares y que está separada de otros volúmenes de aire por patrones de tiempo o topográficos (*Idaho Department of Environmental Quality*); la segunda es un "espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales con características meteorológicas y climáticas afines, donde la calidad del aire a nivel estacional está influenciada por las fuentes de emisión antropogénicas y naturales en el interior de la misma, y en cierto casos, por el transporte de contaminantes provenientes de otras cuencas atmosféricas (*propuesta de reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera*) y finalmente "región geográfica delimitada por los obstáculos topográficos (líneas costeras, formaciones montañosas, etc), de tal manera que dentro de ésta se modifica la circulación general de la atmósfera sobre la superficie (capa límite de la atmósfera), dando lugar a la formación de los vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre".

Como se podrá observar, la definición es complementaria hasta que en la última se integran la totalidad de sus componentes:

- Región geográfica delimitada.
- En su interior se modifica la circulación general de la atmósfera.
- Existen vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre.

Para el desarrollo del presente inciso se retoma el concepto de Cuenca Atmosférica del INE, debido a:

- 1.- Las fuentes de emisión y los impactos asociados están localizados en un área geográfica extendida.
- 2.- Los problemas de calidad del aire se relacionan con patrones meteorológicos, topográficos y de emisión comunes a un área.
- 3.- El transporte atmosférico de los contaminantes hacia adentro y hacia fuera de un área definible ocurre de manera regular.
- 4.- Basado en la dinámica atmosférica y no en fronteras políticas.
- 5.- Contempla a todos los contaminantes al mismo tiempo.
- 6.- En el Artículo 111 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, inciso X se indica como una de las facultades de la SEMARNAT para "Definir niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes, áreas, zonas o regiones, de tal manera que no se rebasen las capacidades de asimilación de las cuencas atmosféricas y se cumplan las normas oficiales mexicanas de calidad del aire", sin embargo no se define a la cuenca atmosférica.

La Cuenca Atmosférica de la ZMCM tiene un perímetro aproximado de 886 Km y un área de 2,702,328 ha.

Para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se definió el área de la Cuenca Atmosférica que se muestra en la siguiente figura y que como se observa, abarca a la totalidad del SAR (953,570.31 ha) definido para esta MIA-R y el Proyecto bajo evaluación (4,431.1640 ha).

El SAR se encuentra completamente inmerso en la Cuenca Atmosférica de la ZMCM y tiene la característica que se establecieron para el Criterio Emisiones a atmósfera (descrito a detalle en el inciso IV.1.1 de éste capítulo); su área geográfica está delimitada por los rasgos fisiográficos que conforman ésta región geográfica y se encuentra delimitada por obstáculos topográficos (líneas costeras, formaciones montañosas, etc.), de tal manera que dentro de ésta se modifica la circulación general de la atmósfera sobre la superficie (capa límite de la atmósfera), dando lugar a la formación de los vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre.

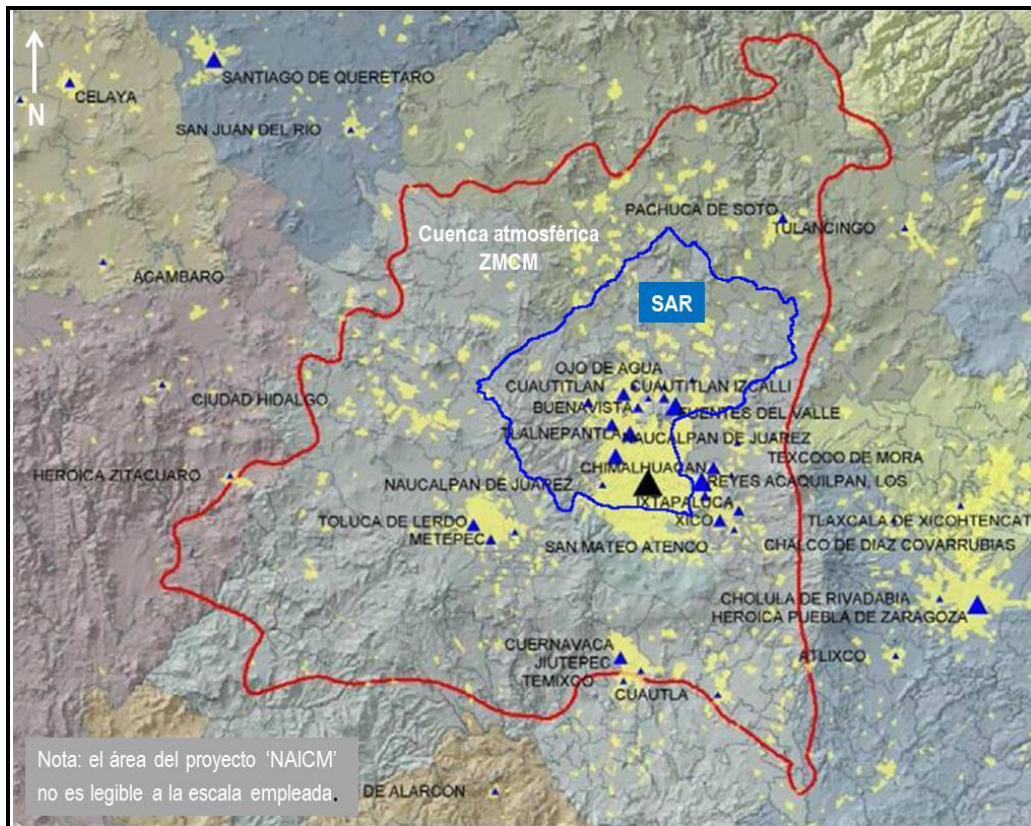


Figura IV.18 Cuenca atmosférica de la ZMCM y el SAR del Proyecto.

Por lo que respecta a la condición que dentro de ésta área se modifica la circulación general de la atmósfera sobre la superficie, dando lugar a la formación de vientos locales, diferentes del flujo libre, a continuación se justifica éste hecho. Como ya se indicó anteriormente, el flujo libre tiene dirección Noroeste y Noreste y ambos hacia el Sur dentro de la Cuenca de México y éste patrón se modifica en el Valle de México por la presencia de las elevaciones montañosas que lo rodean (con un promedio de 3,000 msnm).

En el Valle de México, el flujo del viento en superficie es influenciado por diversos factores como es que su nivel es por debajo de la troposfera; es decir, del flujo que determina el movimiento de las partículas de aire en las capas atmosféricas que se encuentran en contacto con la superficie terrestre y las que están dentro de los tres primeros kilómetros de altitud. Las características topográficas propias como son las sierras que rodean al Valle, la forma del mismo Valle y su posición geográfica. Ahora bien, el efecto de las características montañosas, que circundan al Valle, sobre el flujo del viento en los niveles bajos, se deja sentir en los patrones de viento propios de las áreas montañosas, que de acuerdo con los cambios diurnos de temperatura, se torna ascendente durante el día (desde el Valle hacia las montañas), o descendente por las noches (desde la montaña hacia el Valle), lo que meteorológicamente se conoce como brisa de Valle y brisa de montaña, respectivamente.

Finalmente, el flujo del viento en los niveles medios y altos de la troposfera (de cinco a quince mil metros de altura, aproximadamente) ya que modula el patrón del viento en estos últimos niveles, de tal manera que la configuración de los vientos de niveles bajos depende en gran medida de los patrones de viento de los niveles superiores. De esta suerte, el viento en el Valle de México no presenta un flujo raso de trayectorias rectas o de poca curvatura, sino más bien turbulento debido a la rugosidad del terreno; es decir, debido a los edificios, árboles, fuentes de calor, calentamiento de la superficie terrestre por el sol y demás obstáculos que se puedan encontrar en la zona urbana que formen trayectorias del viento convergentes, divergentes o vórtices (remolinos), tanto con giro ciclónico del viento, donde converge éste, así como con giro anticiclónico, donde por lo general el viento diverge.

El conjunto de las características mencionadas originan cambios diarios en el flujo de viento y por lo tanto de los contaminantes que transportan. De igual forma se cumple la última condición sobre la formación de los vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre, que nos permite indicar que el SAR está inmerso en la Cuenca Atmosférica ZMCM.

Dentro del SAR se encuentran dos grandes zonas generadoras de emisiones a la atmósfera que son el Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México. Debido a ésta característica, las evaluaciones de la calidad del aire que se han realizado pueden abarcar la ZMCM o el Distrito Federal o los municipios del estado de México en el área conurbada. Del resto de los núcleos poblacionales que conforman la Cuenca de México, se carece de información disponible.

- Evaluación atmosférica de la Zona Metropolitana del Valle de México

En mayo de 2011 el Centro Mario Molina publicó el "Desarrollo y actualización de los inventarios de emisiones contaminantes en el Valle de México", donde se evalúan los consumos de energéticos precursores o que generan algún tipo de contaminante atmosférico.

Los generadores de emisiones se dividieron en Transporte, Industria, Residencial y Servicios, para cada uno de ellos se calculó el consumo de energéticos como se muestra en la siguiente figura.

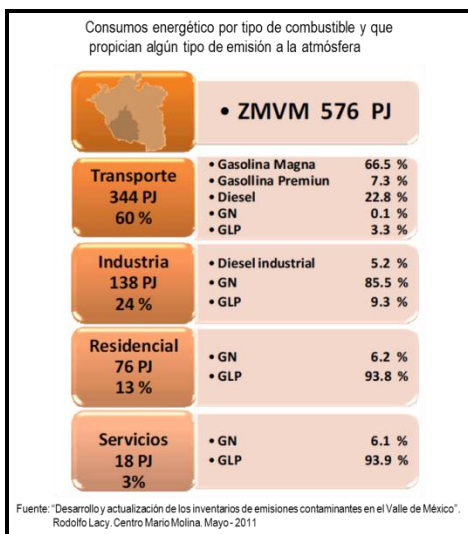


Figura IV.19 Consumo de energéticos por tipo de consumidor.

Como se podrá observar las fuentes móviles son los principales generadores de contaminación atmosférica y de éstos los transportista que emplean Gasolina Magna (vehículos pequeños) y Diesel (autotransporte de carga), seguido de la industria que consume gas natural; seguido de los generadores residenciales que consumen gas L:P: y finalmente los servicios que consumen gas L.P.

En la figura siguiente se indican los tipos de emisiones contaminantes y sus precursores químicos, para cada tipo de contaminantes se efectuó su cuantificación anual. Las fuentes de área (fijas) son las principales generadoras, seguidas de las puntuales y finalmente las móviles: PM10 (Partículas menores a 10 micras); PM2.5 (Partículas menores a 2.5 micras) SO2 (Dióxido de azufre), CO (Monóxido de carbono), COT (Compuestos orgánicos totales), COV (Compuestos orgánicos totales), N<sub>2</sub>H , NH3 (Amoniaco), Óxidos de nitrógeno (NOx).

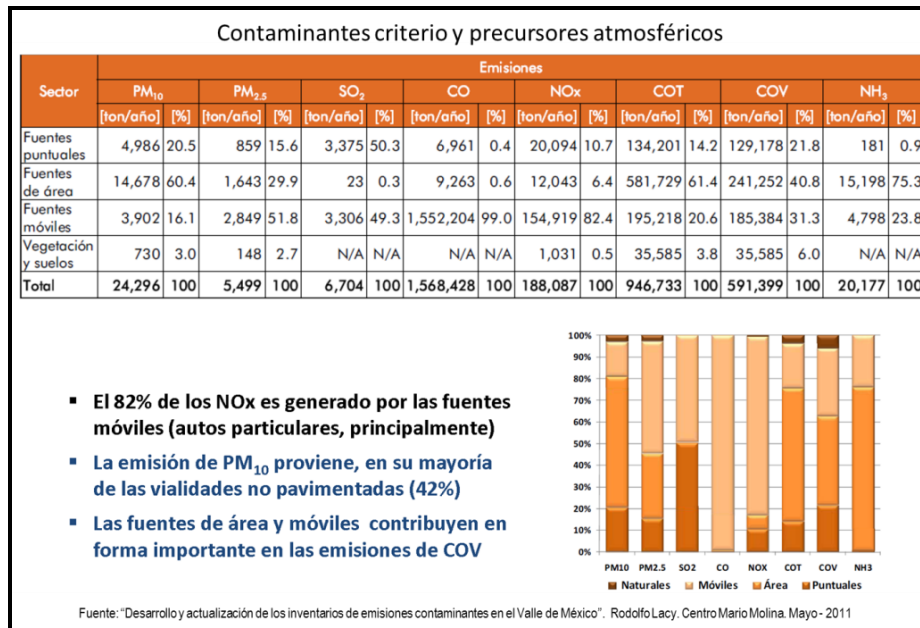


Figura IV.20 Contaminantes y precursores por fuente de generación dentro la ZMVM.

Los gases de efecto invernadero, de tipo CO<sub>2</sub> (Bióxido de carbono) son generados en primer lugar por el transporte carretero y la Industria; los de tipo CH<sub>4</sub> (Metano) de fuentes diversas y los N<sub>2</sub>O (Óxido de nitrógeno) por el transporte carretero, como se muestra en la siguiente figura.

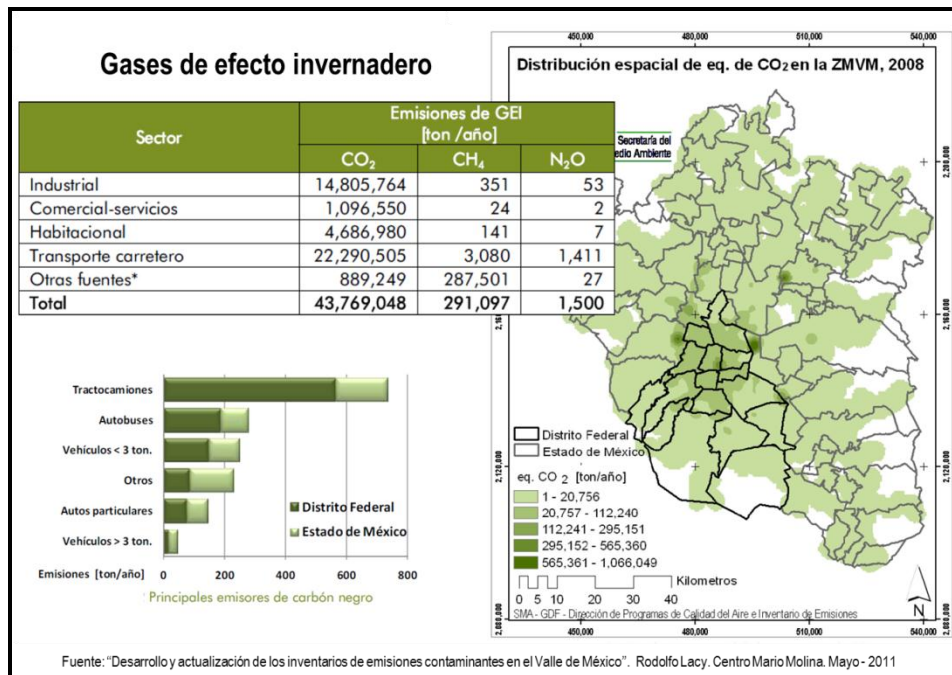


Figura IV.21 Emisiones de gases invernadero en la Cuenca de México.

Los hidrocarburos y sus mezclas son generados por las industrias y los vehículos particulares y de servicio. Por lo que respecta al tolueno existen dos fuentes fijas de emisión: El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y el área industrial ubicada al Norte del Distrito Federal, como se muestra en la siguiente figura.

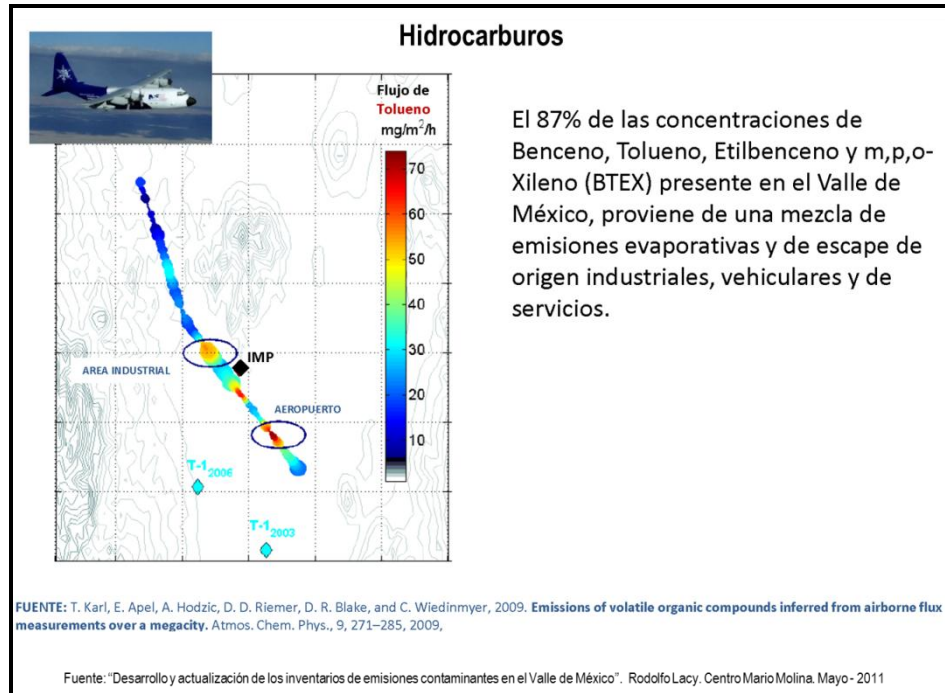


Figura IV.22 Generación de hidrocarburos (benceno, tolueno, etilbenceno y BTEX) de puntos fijos.

Los principales contaminantes presentes en la ZMVM se indican en la siguiente figura, siendo el Tolueno, Xileno y Metanol los que suman el 43% del total.

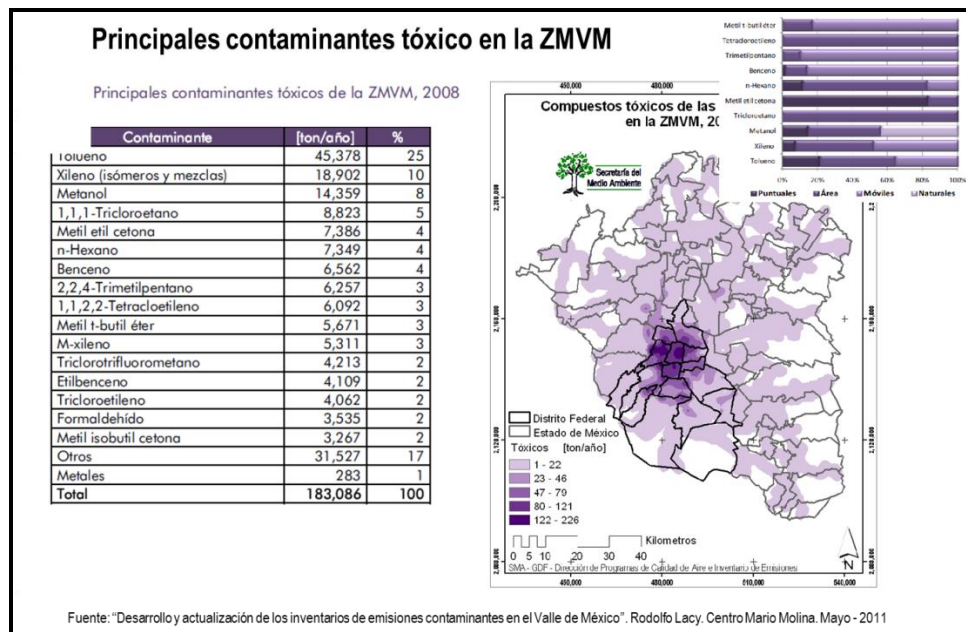


Figura IV.23 Principales contaminantes en la ZMVM.

En la siguiente figura se observan las gráficas horarias de emisión de contaminantes. De las 07:00 a las 17:00 horas se concentran más del 50% las PM10 (Partículas menores a 10 micras) y PM2.5 (Partículas menores a 2.5 micras); entre las 09:00 a las 16:00 horas se concentran más del 50% del NOx; de las 08:00 a las 17:00 horas se concentran más del 50% del SO2; entre las 06:00 a las 16:00 horas el CO (Monóxido de carbono) y finalmente los COV's (Compuestos Orgánicos Volátiles) de las 08:00 a las 16:00 horas.

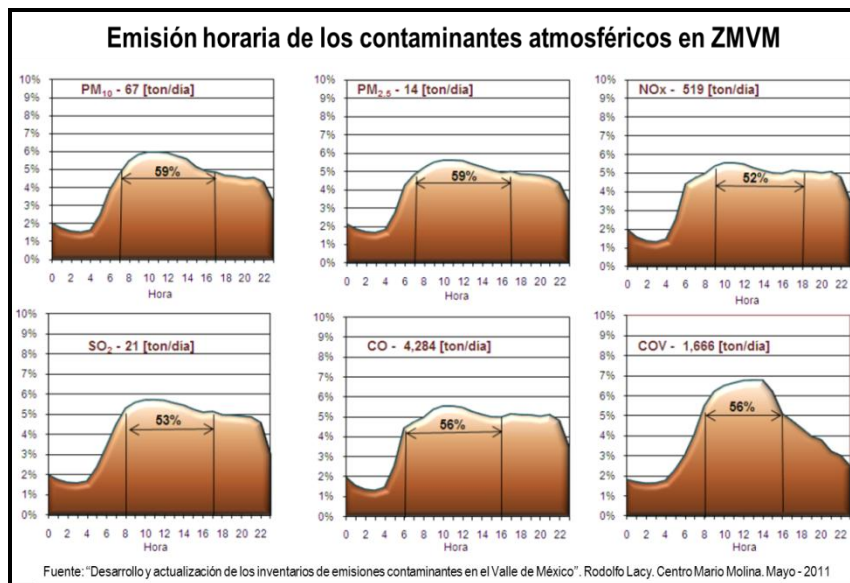


Figura IV.24 Emisión horaria de los principales contaminantes presentes en la ZMVM.

En conclusión se puede indicar que la Cuenca Atmosférica de la ZMVM, tiene sus propias fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera (de tipo fijo y móvil) además de un número no cuantificado de fuentes móviles externas; las fuentes de generación originan un amplio espectro de contaminantes que por la conformación fisiográfica y las características climáticas del Valle de México, propician su dispersión en un área superior a la misma Cuenca de México.

Esta dispersión de contaminantes origina que la Cuenca Atmosférica englobe completamente al SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.

#### Red de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la ZMVM

Dentro de la Cuenca Atmosférica de la Zona Metropolitana del Valle de México, únicamente opera la Red de Monitoreo Atmosférico, a cargo del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente.

Durante el año de 2011 el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT) llevó a cabo cambios importantes en su infraestructura y operación (dadas a conocer a través del Boletín No. 02/0877 de fecha 05-Ago-2011) por la revisión detallada de cada una de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire con el propósito de conocer su representatividad, cobertura espacial y capacidad para el cumplimiento de los objetivos del monitoreo. Los resultados llevaron a realizar un cambio en el número de estaciones activas en la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), e incrementar el número de parámetros que se evalúan en cada una de ellas.

A partir del mes de julio 2011, el SIMAT cuenta con 24 estaciones activas para el monitoreo de la calidad del aire. Las estaciones que han dejado de operar son las siguientes: Aragón (ARA), Azcapotzalco (AZC), Cerro de la Estrella (CES), Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Lagunilla (LAG), La Villa (LVI), Plateros (PLA), Tacuba (TAC), Taxqueña (TAX) y Vallejo (VAL).

Por otra parte, se realizó un cambio en el nombre y clave de las siguientes estaciones: Chapingo (CHA) por Montecillo (MON), ENEP-Acatlán (EAC) por FES-Acatlán (FAC) y La Perla (PER) por Nezahualcóyotl (NEZ).

Las unidades en las que se reportan los contaminantes Ozono (O<sub>3</sub>), Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Óxido nítrico (NO) y Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) cambia de partes por millón a partes por billón (1 ppm=1000 ppb).

A partir del 1 de julio de 2011 el SIMAT inicia el monitoreo de la fracción de partículas suspendidas PM<sub>10-2.5</sub>, conocida como fracción "gruesa" o "coarse" en las estaciones: Camarones (CAM), Merced (MER), Pedregal (PED), San Agustín

(SAG), Tlalnepantla (TLA), UAM-Iztapalapa (UIZ) y Xalostoc (XAL). La unidad para este parámetro será microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Por lo anterior, la distribución de la RAMA dentro del SAR, se muestra en la siguiente figura.

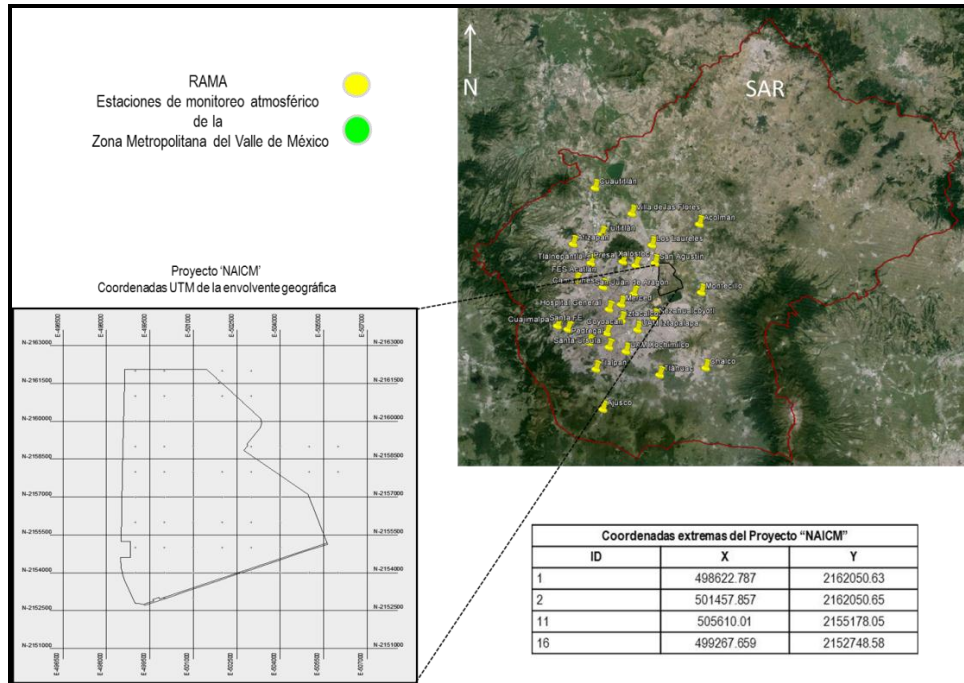


Figura IV.25 Distribución de la RAMA en la ZMVM y el área del Proyecto.

Alrededor al predio del Proyecto bajo evaluación, se encuentran las estaciones Los Laureles (LLA), San Agustín (SAG) y Montecillo (MON).

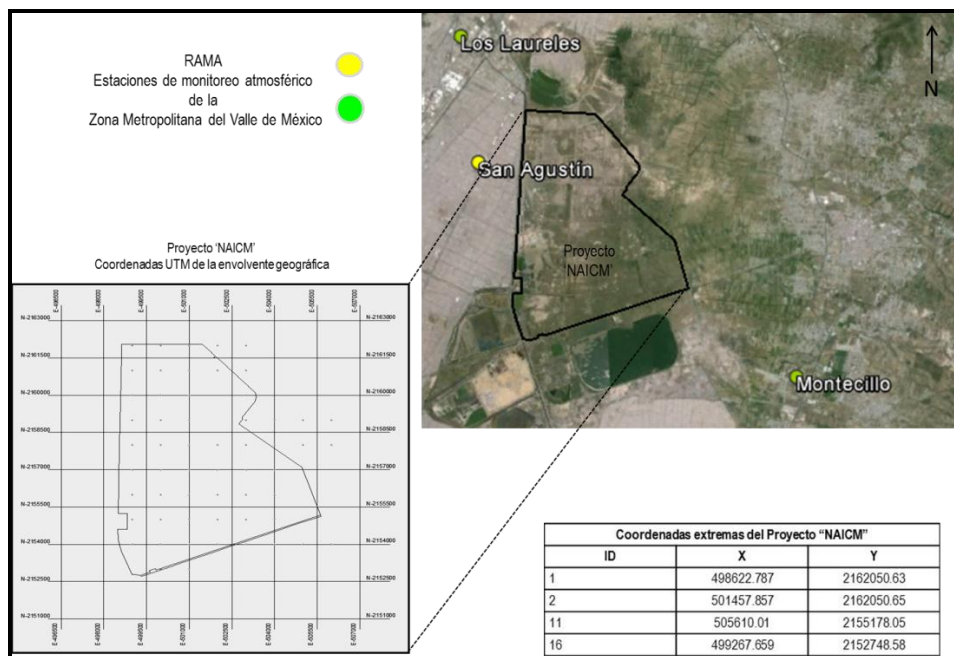


Figura IV.26 Ubicación de las estaciones de monitoreo atmosférico Los Laureles (LLA), San Agustín (SAG) y Montecillo (MON).

De las estaciones Los Laureles (LLA), San Agustín (SAG) y Montecillo (MON), se recabó la información de los promedios mensuales para los años 2012 y 2013 se muestran en las siguientes tablas, las cuales se consideran la línea base de emisiones a la atmósfera.

Tabla IV.13 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2012, para NO, NO2 y NOX.

Fecha	Contami- nante	Estación			Contami- nante	Estación			Contami- nante	Estación		
		LLA	MON	SAG		LLA	MON	SAG		LLA	MON	SAG
Ene	NO	-738	-87	-83	NO2	-740	-92	-86	NOX	-730	-72	-55
Feb		-180	-1	-361		-190	-4	-363		36	-332	-235
Mar		4	-344	-255		0	-345	-252		-335	9	30
Abr		-355	-8	2		-359	-7	10		-608	-20	-8
May		-618	-35	-35		-616	-29	-23		7	5	-42
Jun		-16	-10	-65		-11	-2	-59		10	15	-28
Jul		-14	0	-51		-7	7	-42		21	11	-4
Ago		0	-2	-25		4	4	-19		-5	10	31
Sep		-26	-4	9		-24	0	14		43	16	-578
Oct		20	1	-587		12	-7	-588		38	24	-999
Nov		11	7	-999		9	5	-999		12	-91	-999
Dic		-24	-110	-999		-36.681	-113.977	-999.000				

Tabla IV.14 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2012, para SO2, CO y O3.

Fecha	Contami- nante	Estación			Contami- nante	Estación			Contami- nante	Estación		
		LLA	MON	SAG		LLA	MON	SAG		LLA	MON	SAG
Ene	SO2	-49	-100	-109	CO	-5	-10	-11	O3	-135	-84	-96
Feb		-259	-16	-367		-21	-2	-38		-201	-10	-376
Mar		-41	-383	-267		-5	-36	-27		-31	-335	-251
Abr		-52	-20	-14		-15	-27	-1		4	-3	3
May		-90	-42	-19		-9	-5	-2		-59	-3	-52
Jun		-40	-89	-79		-3	-79	-8		-9	15	-56
Jul		-27	-31	-41		-2	-7	-4		-11	16	-20
Ago		-14	-5	-23		-1	-28	-2		3	16	-4
Sep		-7	-495	-3		-1	-12	0		5	7	18
Oct		-3	-347	-594		0	-2	-59		5	-7	-587
Nov		-10	-10	-999		-1	-1	-100		1	14	-999
Dic		-24	-130	-999		-1	-13	-100		-2	-107	-999

Tabla IV.15 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2012, para PM10 y PM 2.5.

Fecha	Contami- nante	Estación SAG	Contami- nante	Estación SAG
Ene		-999		-1038
Feb		-4485		-4500
Mar		-2380		-2414
Abr		-1036		-1074
May		-147		-188
Jun		-1223		-1246



Fecha	Contami- nante	Estación SAG	Contami- nante	Estación SAG
Jul	PM 10	-525	PM 2.5	-546
Ago		-1837		-1855
Sep		-182		-204
Oct		-6044		-6055
Nov		-9999		-9999
Dic		-6729		-6749

Tabla IV.16 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2013, para NO; NO2 y NOX.

Fecha	Contami- nante	Estación			Contami- nante	Estación			Contami- nante	Estación		
		LLA	MON	SAG		LLA	MON	SAG		LLA	MON	SAG
Ene	NO	-104	0	-999	NO2	-109	0	-999	NOX	-77	17	-999
Feb		-23	-33	-134		-40	-37	-140		8	-16	-107
Mar		-20	-4	-5		-19	-1	-1		10	10	23
Abr		2	-128	-3		1	-122	2		33	-115	25
May		-78	-41	-212		-68	-34	-202		-52	-27	-191
Jun		5	-2	-14		11	0	-10		27	9	20
Jul		5	-5	0		11	1	5		21	-44	-3
Ago		1	-55	-21		6	-51	-16		-913	-20	7
Sep		-914	-30	-12		-914	-28	-10		-999	-210	-148
Oct		-999	-220	-165		-999	-221	-165		s/d	s/d	s/d

Tabla IV.17 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2013, para O3, SO2 y CO.

Fecha	Contami- nante	Estación			Contami- nante	Estación			Contami- nante	Estación		
		LLA	MON	SAG		LLA	MON	SAG		LLA	MON	SAG
Ene	O3	-210	8	-999	SO2	-130	-11	-999	CO	-13	-1	-100
Feb		-2	-24	-147		-17	-51	-390		-52	-5	-95
Mar		5	20	-6		-12	-10	-999		-100	-46	-40
Abr		8	-71	14		-41	-867	-303		-100	-100	-100
May		-56	33	-269		-90	-999	-223		-100	-100	-100
Jun		13	21	4		-8	-999	-19		-100	-100	-100
Jul		13	17	10		-8	-999	-12		-100	-100	-100
Ago		-67	-35	5		-38	-999	-145		-100	-100	-100
Sep		-999	-18	-16		-916	-999	-27		-100	-100	-100
Oct		-999	-210	-164		-999	-999	-279		-100	-100	-100

Tabla IV.18 Línea base de la medición de emisiones a la atmósfera, del año 2013, para PM10 y PM 2.5.

Fecha	Contami- nante	Estación SAG	Contami- nante	Estación SAG
Ene	PM10	-522	PM 2.5	-563
Feb		-1351		-1391
Mar		-150		-189
Abr		-220		-257
May		-2083		-2107

Fecha	Contami- nante	Estación	Contami- nante	Estación
		SAG		SAG
Jun		-223		-328
Jul		-1829		-239
Ago		-810		-1842
Sep		-1924		-820
Oct		s/d		-1934

### IV.3.3 Ruido

En julio de 2012, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) solicitó a la empresa MITRE la modelación de los conos de ruido que se generarán en la fase de operación y mantenimiento del proyecto bajo evaluación. El trazo resultante de la modelación de los conos de ruido durante la operación normal de las aeronaves en su despegue hacia el Norte, se observa en la siguiente imagen y el estudio en mención se encuentra en el Anexo VIII.4.4 Evaluación conos de ruido.



Figura IV.27 Sobreposición de la Cuenca de México, la poligonal del Proyecto y los Conos de Ruido que se tendrán en la fase de Operación y Mantenimiento del Proyecto bajo evaluación.

Empleando esta proyección, se llevó a cabo el monitoreo del ruido en campo del 19 al 21 de Marzo de 2014, empleando la metodología establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.

Los resultados descritos en el Anexo VIII.4.5 Evaluación de ruido perimetral; se contrastaron con los límites máximos permisibles establecidos en al NOM-081-SEMARNAT-1994 y del Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicado en el DOF: 03/Dic/2013 y que establece el Límite Máximo Permitido de Emisión de ruido de 55 dBA diurno y 50 dBA nocturno.

De lo anterior se obtuvo lo siguiente:

- 1.- Al interior del predio del Proyecto no existen fuentes emisoras de ruido y por lo tanto no se emiten niveles sonoros.
- 2.- En ninguno de los puntos de medición se sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en al NOM-081-SEMARNAT-1994.

El Estudio de ruido perimetral y sus resultados, conforman la línea base de emisiones sonoras antes de la implantación del proyecto bajo evaluación.

IV.3.4 Fisiografía

Fisiográficamente el SAR, el AIP y el Proyecto se ubican dentro de la provincia de Eje Neovolcánico (X), se originó por un proceso de subducción en que la placa que se introduce en forma oblicua respecto a la fosa, se caracteriza principalmente por ser una enorme masa de rocas volcánicas de todos tipos, acumulada en innumerables y sucesivas etapas desde mediados del periodo terciario hasta el presente. La integran grandes sierras volcánicas, grandes coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto, depósitos de arena y cenizas.

El SAR y el AIP, a su vez se encuentran en dos subprovincias Lagos y Volcanes de Anáhuac (57) y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (52), siendo la primera la de mayor extensión dentro del SAR con un 97.62 % y sobre la cual se encuentra el Sitio de Proyecto. Consta de sierras volcánicas y grandes aparatos individuales que se alternan con amplias llanuras, vasos lacustres en su mayoría.

Las subprovincias antes mencionadas se encuentran conformadas por diferentes sistemas de topoformas, destacando la de mayor extensión dentro del SAR y el AIP, la topoforma de Llanura con el 40.96% de la superficie, a su vez existen subtipos de llanura, los cuales para el sitio de Proyecto se encuentran tres y son:

- Vaso Lacustre Salino
- Vaso Lacustre con Lomerío Salino
- Vaso Lacustre Inundable y Salino

En la siguiente tabla se muestran las características fisiográficas del SAR y el AIP, enfatizando en letra negra y sombreado en gris el sistema de topoforma y subtipo al que pertenece el sitio de Proyecto, asimismo gráficamente se muestra en la figura que continúa.

Tabla IV.19 Fisiografía en el SAR, el AIP y el Proyecto.

Fisiografía					
Provincia		Subprovincia		Sistema de Topoforma	Descripción
Clave	Nombre	Clave	Nombre	Nombre	Nombre
X	Eje Neovolcánico	57	Lagos y Volcanes de Anáhuac.	Llanura	Llanura de piso rocoso o cementado
					Llanura aluvial
					Llanura aluvial con lomerío
					Llanura con lomerío de piso rocoso o cementado
					Llanura aluvial de piso rocoso o cementado
					Vaso lacustre de piso rocoso o cementado
					Vaso lacustre con lomerío
					Vaso lacustre
					<b>Vaso lacustre salino</b>
					<b>Vaso lacustre con lomerío salino</b>
				<b>Vaso lacustre inundable y salino</b>	
				Lomerío	Lomerío de tobas
					Lomerío de tobas con llanuras
					Lomerío de basalto
					Lomerío de basalto con cráteres
				Meseta	Meseta basáltica con cañadas
					Meseta asociada con malpais
				Sierra	Sierra compleja
					Escudo volcanes
					Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados

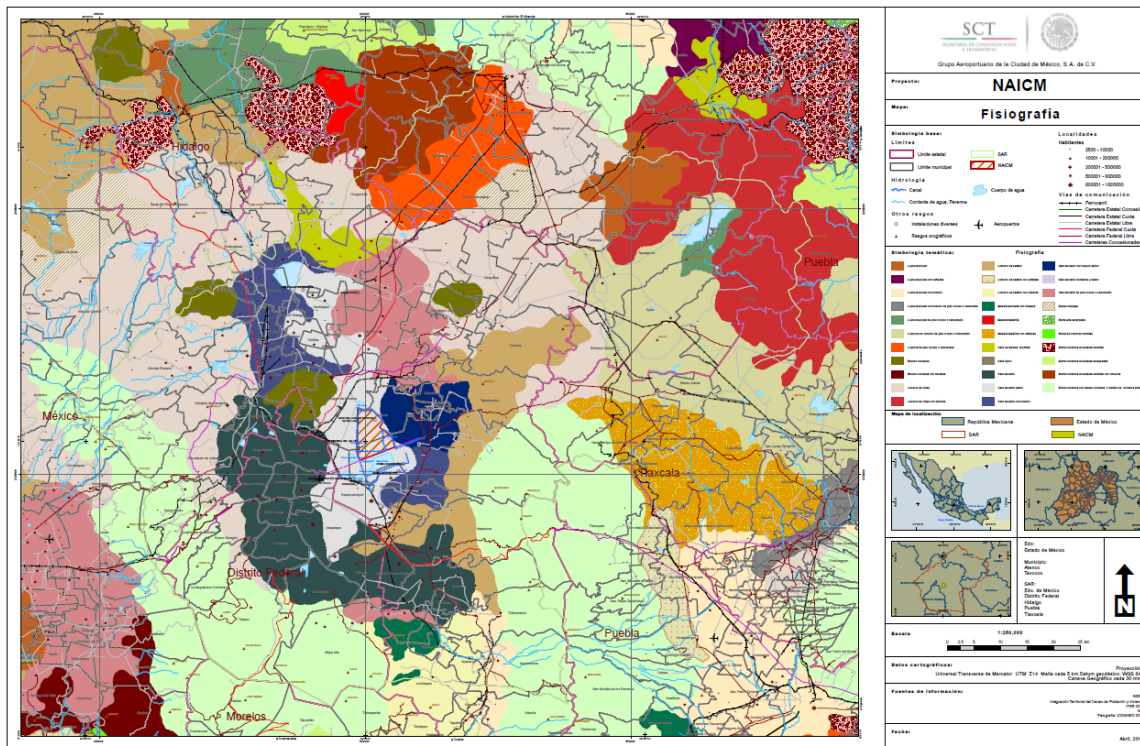
Fisiografía					
Provincia		Subprovincia		Sistema de Topografía	Descripción
Clave	Nombre	Clave	Nombre	Nombre	Nombre
				Valle	Valle de laderas tendidas
		52	Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo	Sierra	Sierra Volcánica con estratovolcanes o estratovolcanes aislados.
					Sierra Volcánica de laderas tendidas con lomerío

Fuente: INEGI, 2014.



Fotografía IV.1 Sistema de Topografías de Llanura (Vaso lacustre salino)

En el siguiente mapa se muestra la distribución de lo anteriormente indicado, así como en el Anexo VIII.3.5 Fisiografía.



Mapa IV.3 Fisiografía del SAR, el AIP y el Proyecto.

La distribución de las topoformas en el SAR, el AIP y el Proyecto, se indican en la siguiente tabla.

Tabla IV.20 Distribución de las topoformas en el SAR, el AIP y el Proyecto.

Topoformas	Descripción	SAR y AIP (ha)	Proyecto (ha)
Sierra	Escudo volcanes	17,280.48	
Llanura	Llanura aluvial	15,770.00	
Llanura	Llanura aluvial con lomerío	8,085.23	
Llanura	Llanura aluvial de piso rocoso o cementado	6,881.61	
Llanura	Llanura con lomerío de piso rocoso o cementado	76,520.00	
Llanura	Llanura de piso rocoso o cementado	40,260.00	
Lomerío	Lomerío de basalto	54,180.00	
Lomerío	Lomerío de basalto con cráteres	15,060.00	
Lomerío	Lomerío de tobas	181,750.86	
Lomerío	Lomerío de tobas con llanuras	59,490.00	
Meseta	Meseta asociada con malpais	7,037.58	
Meseta	Meseta basáltica con cañadas	16,810.00	
Cuerpo de agua	N/a	657.59	
Sierra	Sierra compleja	9,832.25	
Sierra	Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados	177,822.15	
Sierra	Sierra volcánica de laderas tendidas con lomerío	13,500.00	
Valle	Valle de laderas tendidas	9,489.35	
Llanura	Vaso lacustre	89,750.00	
Llanura	Vaso lacustre con lomerío	38,763.60	
Llanura	Vaso lacustre con lomerío salino	17,180.00	18.94
Llanura	Vaso lacustre de piso rocoso o cementado	43,201.00	
Llanura	Vaso lacustre inundable y salino	5,638.61	646.79
Llanura	Vaso lacustre salino	48,610.00	3,765.43

En referencia al Proyecto, éste se ubica en el contexto topográfico del Ex-Lago de Texcoco<sup>1</sup>, que en términos generales, es plano, con pendientes menores al 1%.

Las áreas aledañas al Proyecto se sitúan a una altitud de 2,240 msnm, es el caso de Ciudad Nezahualcóyotl al Poniente, San Isidro Atlahutenco al Norte, San Salvador Atenco y Tocuila al Oriente y el Ejido Chimalhuacán al Sur y lo anterior se indica ya que se observan dos geoformas predominantes, las cuales son:

- a. Una planicie volcánica, la cual se localiza en las faldas de la serranía oriental, y presenta estratos de rocas con pendientes de moderadas a fuertes en sentido Este – Oeste; geomorfológicamente es una planicie y se le califica de volcánica por la presencia de materiales piroclásticos. Por su génesis, se puede considerar que se formó por depósitos de sedimentos volcánicos de diferente graduación textural.
- b. Una planicie lacustre que corresponde en un 90% al área del Ex-Lago de Texcoco, la cual se formó por aporte de sedimentos volcánicos y clásticos, los primeros derivados de erupciones volcánicas, y los segundos fueron arrastrados por diferentes corrientes que descargaban sus aguas en el antiguo Lago de Texcoco. La topografía plana de esta geoforma indica gran homogeneidad en el carácter de los materiales depositados y presenta áreas agrícolas, áreas con problemas de drenaje y de ensalitramiento así como áreas de inundación.

<sup>1</sup> Estudio de evaluación ambiental para atender la demanda de servicios aeroportuarios en el centro del país. Diagnóstico Técnico de la Zona de Estudio (DTZE). Elaborado por el IPN (Instituto Politécnico Nacional) y el CIINEMAD (Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo). Diciembre, 2012).

### IV.3.5 Geología y geomorfología

#### Principales características

El SAR, el AIP y el Proyecto forman parte del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), por lo tanto, su evolución geológica está ligada al origen de este. El CVT, es una unidad volcánica tectónica que cruza el país de oeste a este, afectada por esfuerzos distensivos, que forman sistemas estructurales complejos de fosas y pilares, entre los que se desarrollan valles escalonados hacia el centro del CVT. Esta región, se caracteriza por sus grandes planicies azolvadas con sedimentos volcano-sedimentarios, inter-estratificadas con derrames de lava de composición química diversa.

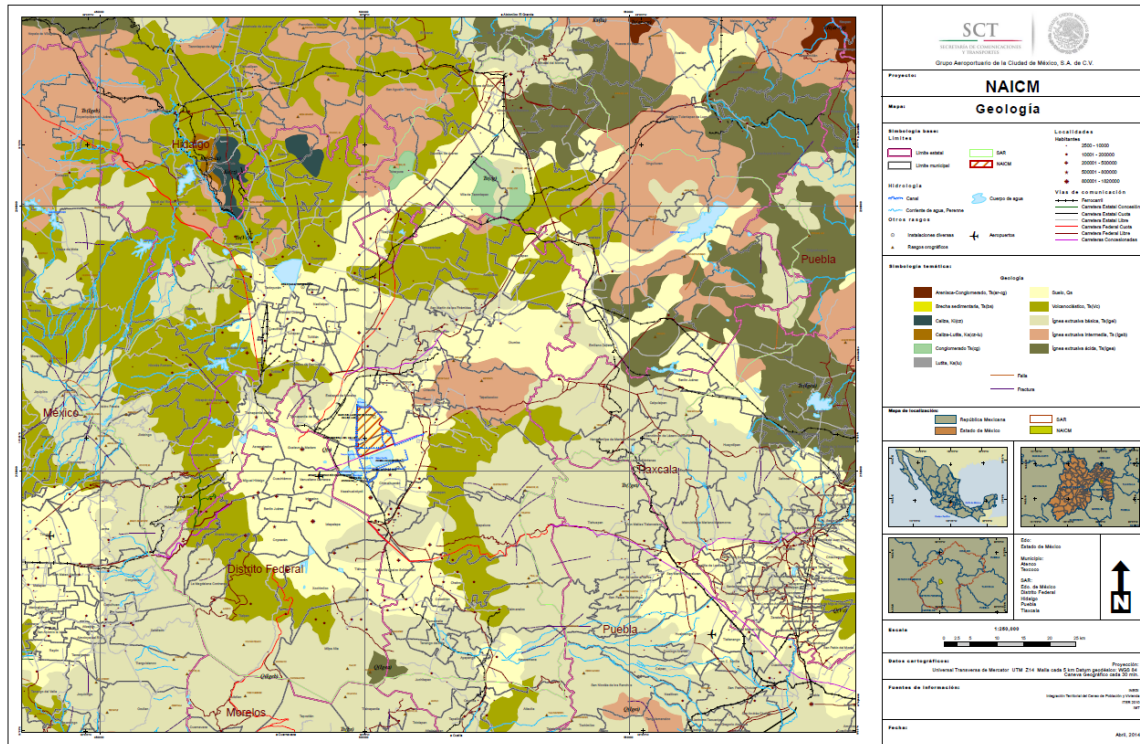
Dentro del contexto regional la zona de estudio fue originada por diversos procesos geológicos, por lo cual las características litológicas son variadas, para mayor comprensión de esto se muestra en la siguiente tabla, de forma general las principales unidades litológicas del SAR y el AIP, remarcando la fila que muestra la información para el Proyecto, esta información será la base para ampliar la descripción de la geología principal del SAR, el AIP y el Proyecto.

Tabla IV.21 Distribución de las unidades litológicas en el SAR, el AIP y el Proyecto.

Clave	Periodo de formación	Unidad geológica	SAR y AIP (ha)	Proyecto (ha)
Q(lgea)	Cuaternario	Ígnea extrusiva acida	2,845.10	
Q(lgeb)		Ígnea extrusiva básica	85,989.48	
Q(s)		Suelo	306,553.86	4,431.16
Ts(lgea)	Terciario Neógeno	Ígnea extrusiva acida	68,395.41	
Ts(lgeb)		Ígnea extrusiva intermedia	78,183.48	
Ts(lgei)		Ígnea extrusiva básica	185,981.44	
Ts(Vc)		Volcanoclástico	215,897.36	
Ts(cg)		Conglomerado	9,724.18	

Fuente: INEGI, 2014.

La anterior distribución se muestra en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.6 Geología.



Mapa IV.4 Geología del SAR, AIP y predio del Proyecto.

Las principales características de las unidades antes descritas son:

**Ígnea extrusiva ácida. Clave geológica: Ts(lgea)**

Rocas volcánicas de composición ácida (contiene un promedio del 66% de SiO<sub>2</sub>), en general son de color claro, conformadas por el enfriamiento de lavas ricas en sílice o cuarzo sobre la superficie terrestre. Suelen tener los siguientes elementos: sílice, aluminio, potasio, sodio y calcio. Pertenecen al Mioceno - Plioceno.

**Ígnea extrusiva básica. Clave geológica: Ts(lgeb)**

Rocas ígneas que tienen bajo silicio, 45 - 52%, y típicamente alto contenido de hierro -magnesio (ejemplo basalto).

**Suelo Q(s)**

Suelo depositado en el cuaternario. Materiales no consolidados, conformados tanto por sedimentos erosionados provenientes de las partes altas de la cuenca, como materiales volcánicos de caída, que se depositan bajo cuerpos de agua.

**Ígnea extrusiva intermedia. Clave geológica: Ts(lgei)**

Material formado por la cristalización del magma, cuyo enfriamiento se llevó a cabo de forma rápida sobre la superficie de la tierra, debido a ello los cristales consolidados son pequeños y por lo tanto su granulometría es fina, y están compuestas principalmente de feldespatos alcalinos y no contienen cuarzo (el cual requiere de un enfriamiento lento bajo la superficie de la tierra).

Pueden presentar cualquiera de las siguientes texturas:

-Textura vítrea. Las rocas con textura vítrea se originan durante algunas erupciones volcánicas en las que la roca fundida es expulsada hacia la atmósfera donde se enfría rápidamente; ello que ocasiona que los iones dejen de fluir y queden desordenados antes de que puedan unirse en una estructura cristalina ordenada. La obsidiana es un vidrio natural común producido de este modo.

-Textura afanítica o de grano fino. Se origina cuando el enfriamiento del magma es relativamente rápido por lo que los cristales que se forman son de tamaño microscópico y es imposible distinguir a simple vista los minerales que componen la roca. Es un ejemplo la riolita.

-Textura fanerítica o de grano grueso. Se origina cuando grandes masas de magma se solidifican lentamente a bastante profundidad, lo que da tiempo a la formación de cristales grandes de los diferentes minerales. Las rocas faneríticas, como el granito están formadas por una masa de cristales intercrecidos aproximadamente del mismo tamaño y lo suficientemente grandes como para que los minerales individuales puedan identificarse sin la ayuda del microscopio.

-Textura porfídica. Son rocas con cristales grandes (llamados fenocristales) incrustados en una matriz (llamada pasta) de cristales más pequeños. Se forman debido a la diferente temperatura de cristalización de los minerales que componen la roca, con lo que es posible que algunos cristales se hagan bastante grandes mientras que otros estén empezando a formarse. Una roca con esta textura se conoce como pórfido.

-Textura pegmatítica. Las pegmatitas son rocas ígneas de grano especialmente grueso, formadas por cristales interconectados de más de un centímetro de diámetro. La mayoría se hallan en los márgenes de las rocas plutónicas ya que se forman en las últimas etapas de la cristalización, cuando el magma contiene un porcentaje inusualmente elevado de agua y de otros volátiles como el cloro, el flúor y el azufre.

-Textura piroclástica. Algunas rocas ígneas se forman por la consolidación de fragmentos de roca (cenizas, lapilli, gotas fundidas, bloques angulares arrancados del edificio volcánico, etc.) emitidos durante erupciones volcánicas. No están formadas por cristales y su aspecto recuerda al de las rocas sedimentarias. La toba volcánica es un ejemplo de este tipo de roca.

#### **Volcanoclastico: Ts (vs)**

Son aquellas con textura clástica causada por procesos volcánicos. Sus bloques se llaman clastos angulares producidos por la fragmentación de rocas sólidas. Las bombas originan de pedazos de magma (normalmente de composición básica o intermedia) expulsadas, transportadas por el viento y modeladas mediante su solidificación en el aire resultando en cuerpos aerodinámicos. Adicionalmente a la clasificación según su tamaño se pueden distinguir los fragmentos volcánicos con base en su composición:

a) Vítreo

b) Cristalino

c) Lítico, es decir de fragmentos de rocas poligranulares.

Los clastos de tamaño de grano 'ceniza' usualmente son vítreos o cristalinos, bloques comúnmente son líticos y ocasionalmente vítreos.

Los clastos volcánicos pueden ser cementados por minerales precipitados secundariamente como en las rocas sedimentarias o si están calientes todavía pueden ser soldados con fragmentos vítreos diminutos.

La clasificación de los clastos solidificados se basa en el tamaño de los clastos.

Las tobas compuestas solo de ceniza son muy comunes. Las rocas piroclásticas constituidas solo de lapilli o solo de bloques son muy raras, puesto que los intersticios entre los lapillis (roca de lapilli) o los bloques (brecha volcánica) respectivamente se llenan usualmente con partículas de grano más fino. Más comunes son las mezclas consolidadas de lapillis y ceniza (toba de lapilli) y de bloques y ceniza (brecha volcánica tobácea). A veces se emplean el término aglomerado para depósitos no sorteados de bombas acumulados cerca del viento volcánico

#### **Conglomerado. Clave geológica: Ts(cg)**

Son rocas sedimentarias formadas por consolidación de piezas individuales de cantos, guijarros o gravas, de fragmentos superiores a 4 mm (si los granos son entre 2 y 4 mm. se denomina microconglomerado), englobados por una matriz arenosa o arcillosa y con un cemento de grano fino que los une (caliza o silícea).

Los intersticios entre los guijarros suelen rellenarse con arena o con materiales más finos. Las aguas que circulan a través de depósitos de grava pueden precipitar sílice, carbonato de calcio y óxidos de hierro, que actúan como cemento, para ligar las partículas de grava entre sí y formar conglomerados. Un contenido de tipo arcilloso puede endurecerse por compactación y deshidratación y constituir un material de cementación.

De granos gruesos y fragmentos de rocas bien redondeados, de textura detrítica o plástica. La grava cementada se llama conglomerado, el tamaño de los fragmentos varían ampliamente cuando la grava es cascajo sin desgastar relativamente, con aristas agudas y puntiagudas se denomina brecha sedimentaria.



En la composición de los conglomerados intervienen fundamentalmente tres factores: la litología de la zona de alimentación de la cuenca sedimentaria, clima y relieve de la zona sometida a erosión. El clima y la litología determinan que minerales terminarán formando parte del conglomerado, sea por alteración química o disgregación física de las rocas preexistentes. El relieve determina con qué rapidez se producirá el proceso de erosión, transporte y sedimentación, ya que dependiendo de lo abrupto del terreno así existirá mayor o menor tiempo para que la alteración química de los minerales tenga lugar.

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (2002) a continuación se presenta una imagen de la columna geológica del SAR, el AIP y el Proyecto, dividida por las formaciones geológicas presentes en él, esto es para tener una visión clara de la conformación de la geología y cómo evolucionó de acuerdo con los periodos y épocas geológicas.

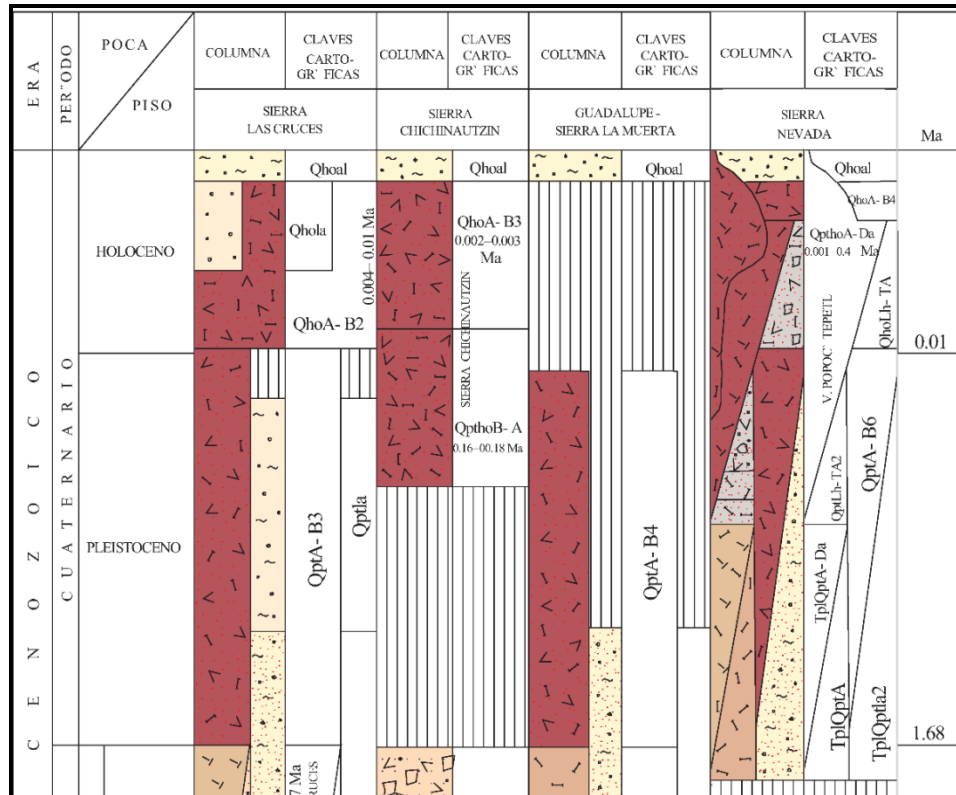


Figura IV.28 Columna geológica formaciones en el SAR, el AIP y el Proyecto.

Dentro del SAR, el AIP y el Proyecto, se encuentran diferentes tipos de formaciones geológicas, por las cuales se dio el relieve actual en donde se encuentra el área de estudio, a continuación se describen en forma general estas formaciones y con la información antes expuesta se comprenderá mejor la geología evolutiva bajo estudio.

**Campo Volcánico Sierra Las Cruces.** Se edificó sobre la secuencia andesítica-dacítica descrita como formación Xochitepec, que está parcialmente cubierta por la Formación Las Cruces, así como por una serie de derrames de composición andesítico-dacítico con variación hasta riocácitas, está cubierta por lahares y tobas andesíticas de la Formación Zempoala y por derrames de andesitas basálticas de la Formación Ajusto, en la parte sur de la Sierra Las Cruces, cubren a la Formación Las Cruces del Plioceno tardío, por lo que se infiere una edad del Pleistoceno medio. Los aparatos volcánicos que presentan un vulcanismo de tipo andesítico-basáltico, fueron definidos como Formación Jumento, con edades de 0.004 a 0.01 Millones de años (Ma).

El material de estos tres campos contribuyó a la formación de los sedimentos lacustres que conforman la cuenca de Toluca y de México.

**Campo Volcánico Sierra Chichinautzin.** Se encuentra en la porción sur del SAR cubre parcialmente a la Sierra las Cruces, y por esa razón se considera que su base son los lahares y tobas andesíticas, este campo fue estudiado por Mooser F. quien lo denominó como "Serie Basáltica Chichinautzin" en la cual incluye también otros aparatos volcánicos esparcidos al norte de la cuenca de México.

**Campo Volcánico Guadalupe-Sierra La Muerta.** Con base en los afloramientos de la Formación Chiquihuite, que fue ampliamente estudiada por Mooser F., quien la designa como Serie Dacítica, posteriormente la nombra Dacita Chiquihuite, siendo cubierta parcialmente por andesitas basálticas, en la Sierra La Muerta y en la Sierra Melchor Ocampo, dentro de este campo también se encuentran los restos visibles de enormes volcanes estratificados compuestos de andesitas oscuras de piroxenos y olivino, siendo denominada como Serie Santa Isabel-Peñón. Al norte de este campo se encuentra una serie de sedimentos lacustres, que están compuestos por arenas y limos arcillosos.

**Campo Volcánico Sierra Nevada.** Dentro de este campo se encuentran los volcanes Telapón, Iztaccíhuatl y Popocatepetl. Está representado por la Formación Tláloc, que es un conjunto de derrames riodacíticos, expuestos en la Sierra de Río Frío, están interdigitadas con sedimentos y tobas de la Formación Tarango. Se considera que esta sierra se formó en el Mioceno tardío-Pleistoceno temprano. Al sur aflora La Andesita Iztaccíhuatl descrita por Mooser F., para designar "las lavas superiores del macizo de ese nombre" mencionando que se trata principalmente, de andesitas porfídicas de piroxenos. Las formaciones Popocatepetl y Tlayecac forman un conjunto que se ha desarrollado en el Volcán Popocatepetl. Andesitas-Basaltos San Nicolás, se le encuentra expuesto en la falda oriental del Volcán Popocatepetl, consiste básicamente de un derrame de composición andesítica-basáltica.

**Depósitos aluviales.** Las características litológicas, posición estratigráfica y génesis de estos depósitos indican que se trata de una sola unidad sedimentaria. Los espesores máximos, de alrededor de 500 metros, se encuentran en el centro de las depresiones y se adelgazan hacia las márgenes de la llanura. En las zonas norte y sur incluyen material poco consolidado compuesto por fragmentos con tamaño de grava, arena, limos y arcillas.

El subsuelo descansa ampliamente, con discordancia encima de los depósitos piroclásticos y clásticos del Plioceno y sobre rocas volcánicas más antiguas y sedimentarias del Cretácico. La acumulación de grandes espesores de aluvión se puede explicar debido a un bloqueo del desagüe, causado por el emplazamiento de derrames lávicos y/o por el fallamiento normal del Cuaternario que favorecieron los cambios en la velocidad y dirección de los cauces fluviales, con la consecuente distinta distribución del tamaño de grano en estos depósitos.

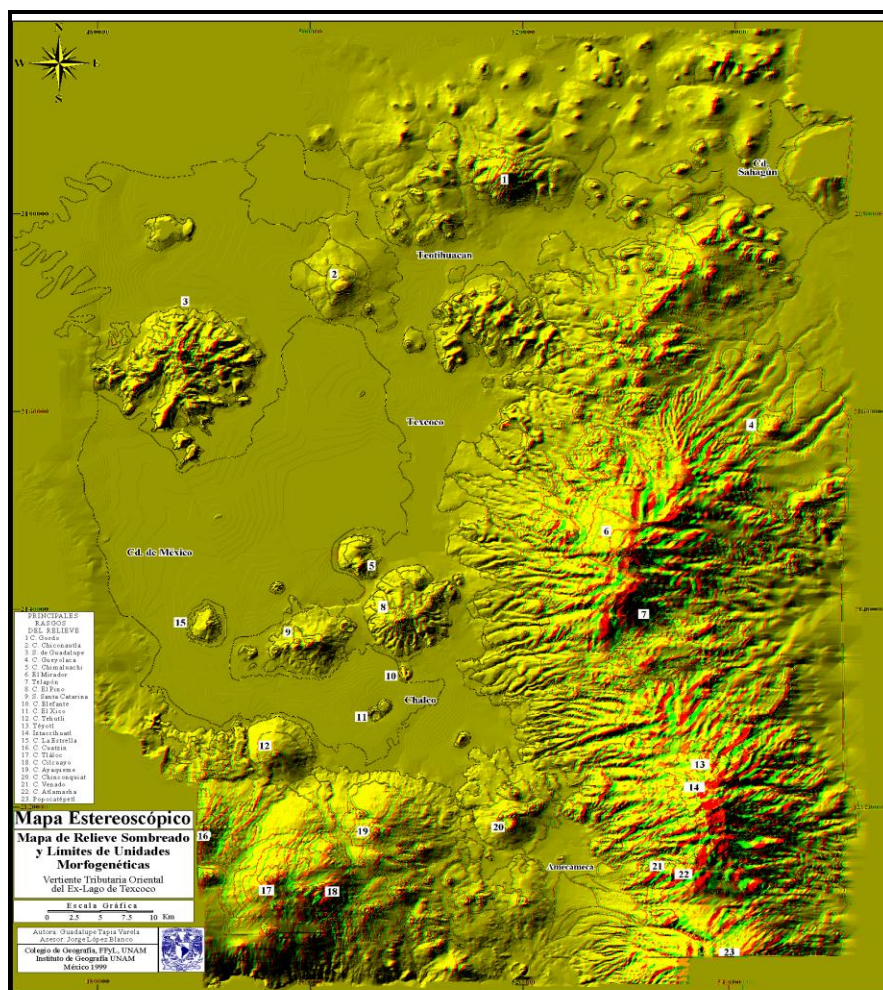
**Depósitos lacustres.** Se agrupan en esta unidad los sedimentos clásticos y productos piroclásticos relacionados con la actividad volcánica del estratovolcán Popocatepetl y de la Sierra Chichinautzin, los cuales se depositaron en un ambiente lacustre. Estos depósitos forman una gran antiplanicie lacustre, extendida con una altitud promedio de 2,200 metros, desde Zumpango hasta Chalco y desde Texcoco hasta el Cerro de Chapultepec. Los espesores varían entre 30 y 300 m, los mayores se presentan en los centros de las planicies de la Ciudad de México, Texcoco y Chalco y disminuyen hacia las márgenes de las planicies. El origen de los depósitos lacustres están íntimamente relacionado con la obstrucción definitiva del desagüe de la Ciudad de México, causado por la intensa actividad volcánica que edificó la Sierra Chichinautzin.

Las formaciones geológicas descritas no se verán alteradas ni desplazadas en ninguna de las fases del Proyecto, ya que éste será implantado sobre la unidad geológica Suelo clave Q(s), la cual le servirá de sustento así como las columnas geológicas subyacentes, lo anterior por el hecho de que el proyecto no incluye el empleo de explosivos ni el movimiento a gran escala del sustrato.

#### IV.3.5.1 Geomorfología

La geomorfología del SAR, el AIP y el Proyecto, es de un contorno irregular, con una extensión amplia hacia el noreste; comprende desde las chinampas de Xochimilco al suroeste, hasta las regiones semiáridas de Pachuca en el norte, mide comprende los bosques que coronan la Sierra de las Cruces en el oeste, hasta las cimas nevadas del Iztaccíhuatl en el este, incluyendo la región de Apan, y Tecocomulco. La planicie central de la Cuenca de México está rodeada de montañas, siendo las del sur las más importantes, la gran planicie central tiene una altitud que oscila entre 2,240 metros en el sur y 2,390 en el norte.

La zona meridional de la Cuenca del Valle de México está limitada al oeste por las Sierras Nevada, y Río Frío, al oeste por la Sierra de las Cruces, al sur por la Sierra Chichinautzin y al norte por las elevaciones de la Sierra de Guadalupe, Sierra Patlachique y Sierra de Pachuca.



Mapa IV.5 Principales rasgos del relieve en la parte central del SAR, el AIP y el Proyecto.

Se realizó el mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la Cuenca de México, el cual se realizó en el Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM, obteniendo los siguientes resultados. Se obtuvieron 64 subgrupos de Unidades Morfogénicas generales (UM) delimitados de acuerdo a la metodología propuesta en el trabajo del departamento y tomando en cuenta, origen, tipo, edad, litología y clases geométricas del relieve.

De las UM representadas en el Mapa de Unidades Morfogénicas, el 21% corresponde a las planicies aluviales con origen exógeno acumulativo del Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno). Ellas están distribuidas ampliamente y se componen de material acumulativo aluvial y por otros depósitos de ladera, originados por procesos gravitacionales y fluviales. Algunas de ellas se caracterizan por estar formadas por depósitos de lahar retrabajados, y por secuencias piroclásticas de caída y de flujo, asimismo de tobas eólicas y brechas de pómez. Algunas de estas planicies presentan en su superficie costras de caliche, lo cual es evidencia de la presencia actual del nivel freático somero y de su relación con la antigua influencia lacustre en muchas de ellas.

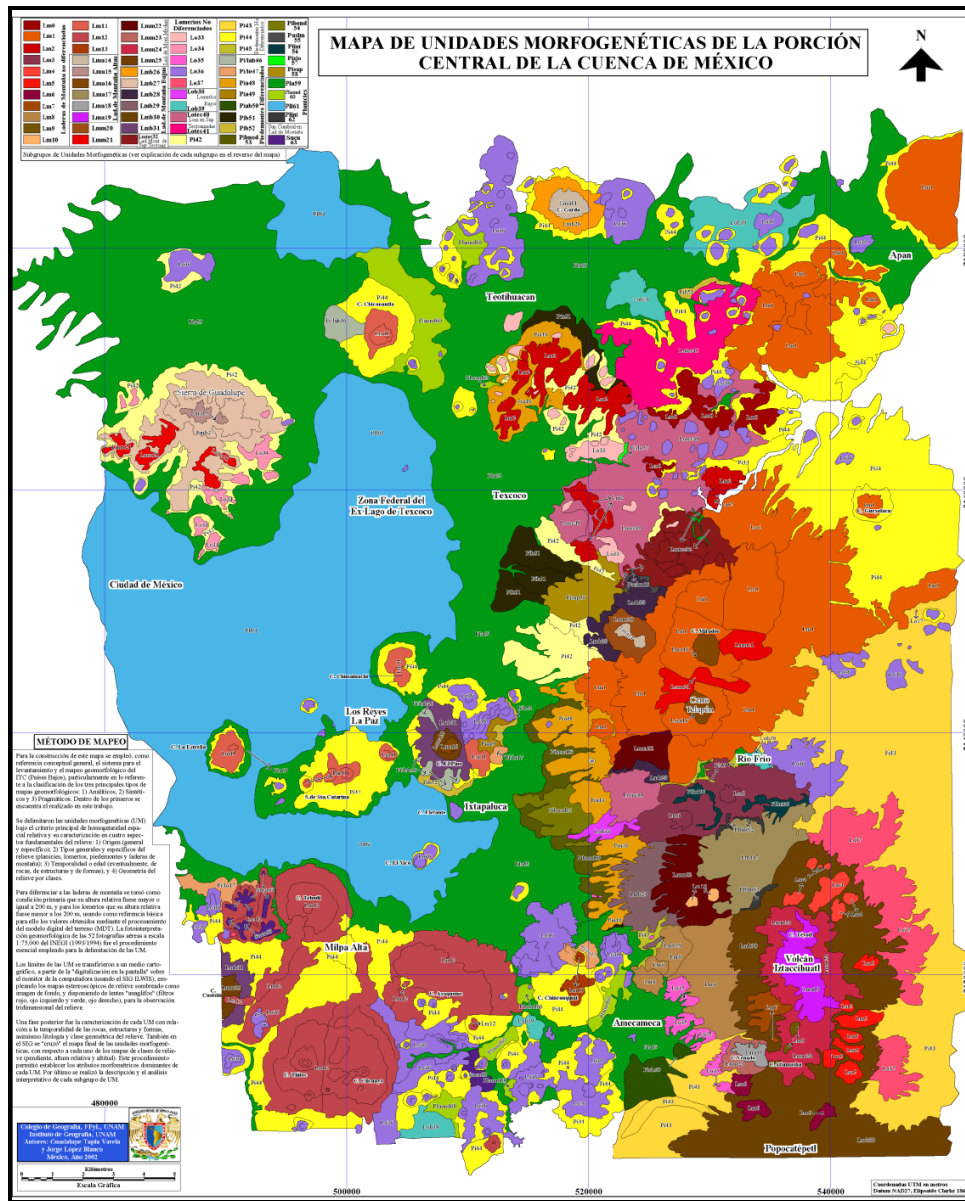
Un 19% de las UM son piedemontes. Estos se distinguen principalmente por presentar un origen exógeno acumulativo (en algunos casos denudatorio y tectonizado) del Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno), y estar compuestos de lavas, tobas, cenizas y depósitos epiclásticos y piroclásticos de flujo; algunos de ellos presentan forma de abanico con una composición de basalto y basalto-andesíticas. Estos piedemontes se localizan al norte, centro noroeste, centro sur y sur del SAR y el AIP.

Las laderas de montaña ocupan un 17% del área total. Las más representativas se localizan al norte, noreste y este del SAR y el AIP. Presentan un origen endógeno volcánico (muy tectonizado) del Terciario superior-Cuaternario (Plioceno, Plioceno- Cuaternario y Plioceno-Pleistoceno). Se encuentran formadas principalmente de domos, conos volcánicos y derrames de lava. Presentan rocas básicas e intermedias del tipo fenobasálticas, de lavas andesíticas, dacíticas, riódacíticas y tobas con material piroclástico de flujo y de caída. Presentan crestas agudas y superficies cumbrales redondeadas. Registran una pendiente dominante de 4° a 16°, una altitud media de 2,740 a 2,940 msnm y una altura relativa dominante de 460 m.

Al 15% del área le corresponde las UM de planicies lacustres, las cuales tienen un origen exógeno acumulativo del Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno). Se componen de sedimentos lacustres que provienen de los depósitos piroclásticos de las explosiones recientes de los volcanes cuaternarios que se localizan tanto dentro de la Cuenca de México como de las cuencas vecinas, y del acarreo que produce el agua de los cauces de montaña.

Finalmente y considerando la importancia de cubrimiento dentro del SAR y el AIP, se encuentran las UM de lomeríos, los cuales cubren un 7% del área total. Son de origen endógeno volcánico y endógeno volcánico modelado (tectonizado y denudatorio) del Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno). Estas UM se localizan al norte, noroeste, noreste, este, centro y sur del área de estudio. Todas ellas presentan las características litológicas dominantes de tobas, cenizas y depósitos piroclásticos de flujo y de caída, compuestos de rocas básicas e intermedias del tipo basálticas y basáltico-andesíticas.

El porcentaje restante de las UM se encuentra distribuido entre los subgrupos de UM remanentes. A continuación se presenta el mapa de UM de la porción central de la Cuenca de México.



Mapa IV.6 Unidades Morfogénicas de la porción central de la Cuenca de México.

En cuanto al Proyecto la UM que le corresponde es la nombrada PII61, en la siguiente tabla se describe en forma general su explicación de acuerdo con el mapa antes expuesto.

Tabla IV.22 Unidad Morfogenéticas PII61 del Proyecto.

Tipo de Relieve	Origen del Relieve	Edad	Litología	Clases de Relieve *
Planicie lacustre 61 (PII61)	Exógeno Acumulativo (Lacustre)	Pleistoceno y Holoceno	Concentración de sedimentos clásticos y productos piroclásticos los cuales se depositaron en un ambiente lacustre.	0-2% 2260-2300 msnm 40m altura promedio

\* Las clases de relieve están señaladas de la siguiente forma: intervalos de pendiente media en grados, de altitud media en m y finalmente intervalo de altura relativa en m.



Fotografía IV.2 Geomorfología presente en el Proyecto.

Debido a que el Proyecto se ubica en la zona del Ex-Lago de Texcoco, su marco geológico está estrechamente vinculado a éste, como se observará en la siguiente descripción.

La información lito-estratigráfica obtenida a través de cinco perforaciones profundas, ha sido la base para entender mejor el arreglo y distribución de las unidades litológicas en el subsuelo. Cinco de los pozos fueron perforados por Petróleos Mexicanos (Texcoco-1 a 2065 m; Copilco a 2258 m; Tulyehualco-1 a 3000 m; Mixhuca-1 a 2452 m; y Roma-1 a 3200 m).

El basamento de la secuencia volcánica y sedimentaria continental del Terciario y Cuaternario está formado por rocas marinas Cretácicas que fueron perforadas a diferentes profundidades: En el pozo Mixihuca-1, a 1550 m; en el Tulyehualco-1, a 2100 y en el Texcoco-1, a 1980m que se observan en la siguiente figura. Estas diferencias manifiestan el estilo de deformación en bloques que conforman este basamento. Las rocas perforadas, en el pozo Texcoco-1, se asignaron a la Formación Morelos (Cretácico Superior); mientras que las del pozo Tulyehualco a la Formación Cuautla (Cretácico Medio).

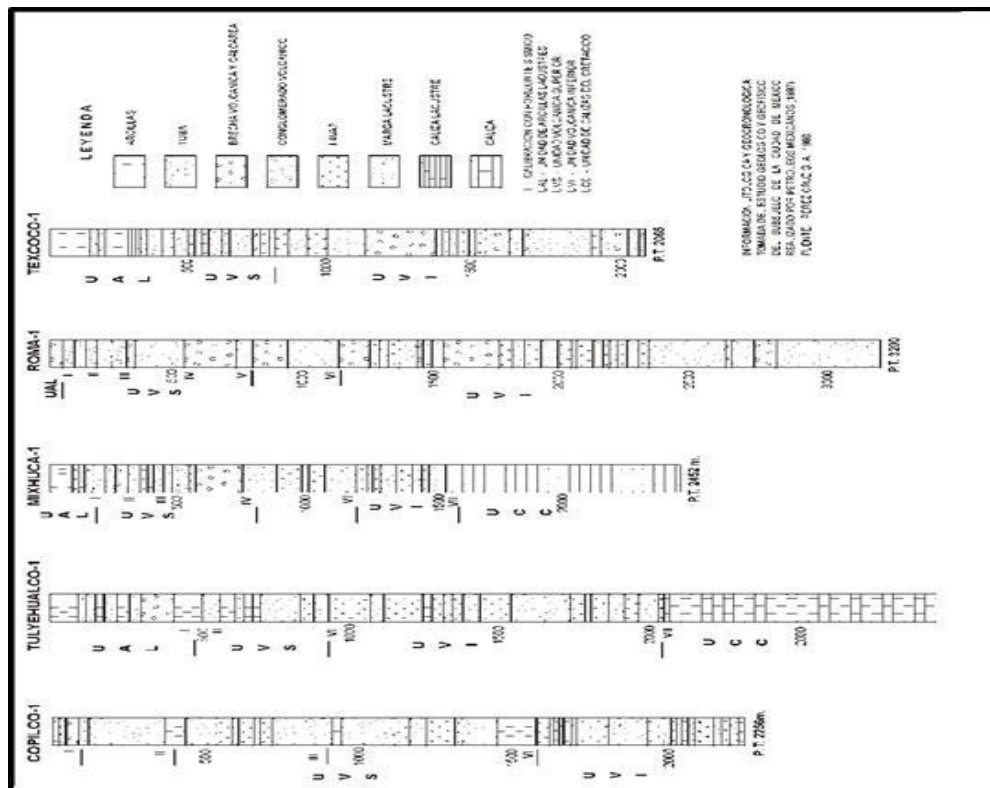


Figura IV.29 Columnas geológicas de los pozos profundos de la Ciudad de México.

Discordantemente a las rocas cretácicas, sobreyace un conglomerado calcáreo de origen fluvial en estratos masivos, de color rojo. En el pozo Texcoco-1, esta unidad se perforó a 1980m de profundidad y se presenta asociada con evaporitas y arcillas. Por fósiles del Cretácico Superior que contiene, lo atribuyeron al Eoceno Tardío y correlaciona con los conglomerados Balsas y Texcoco respectivamente.

En el Mioceno Inferior – Medio [Tv] un evento tectónico - volcánico produjo emisiones extrusivas de composición desde andesitas y riodacita hasta andesitas basálticas, que entre otras elevaciones constituyen la sierra de Guadalupe y el cerro Peñón de los Baños entre ello e incluido en Rocas volcánicas del Terciario Medio. Los cerros Huatepec y Tepetzingo se sitúan al centro norte del Ex-Lago de Texcoco y son los únicos y pequeños rasgos topográficos dentro de la planicie, pues su elevación es de sólo unos metros sobre el nivel de la planicie, sus lavas son de tipo andesítico de edad Mioceno Temprano.

Durante el Mioceno Tardío, el relieve preexistente estuvo sujeto a procesos erosivos fluviales que originaron los sedimentos de la Formación Tepotzotlan [Tv] y que se perforaron en el pozo Texcoco-1 entre 1080 y 1125 m.

También se dio actividad volcánica de composición andesítica, dacita y latitas, la que forma domos y derrames en la Sierra de Guadalupe.

Otra reactivación tectónica en el Plioceno, originó actividad volcánica en toda la cuenca de México con emisiones de andesitas y dacitas porfídicas en las Sierra Nevada y Río Frío. Así mismo, existen tobas, brechas y lapillis asociados a las lavas. Las Sierras de Río Frío y la de Teotihuacán, se edificaron sobre relieves andesíticos muy erosionados, los derrames de lavas riodacitas de la Sierra de Río Frío (Formación Tláloc), están cubiertas por andesitas del Plioceno Inferior.

Plio – Cuaternario, los sedimentos originados por la erosión del relieve preexistente formaron abanicos aluviales y lahares, intercalados con capas de pómez y cenizas (clave TQc). A este complejo volcánico sedimentario (Bryan 1948),

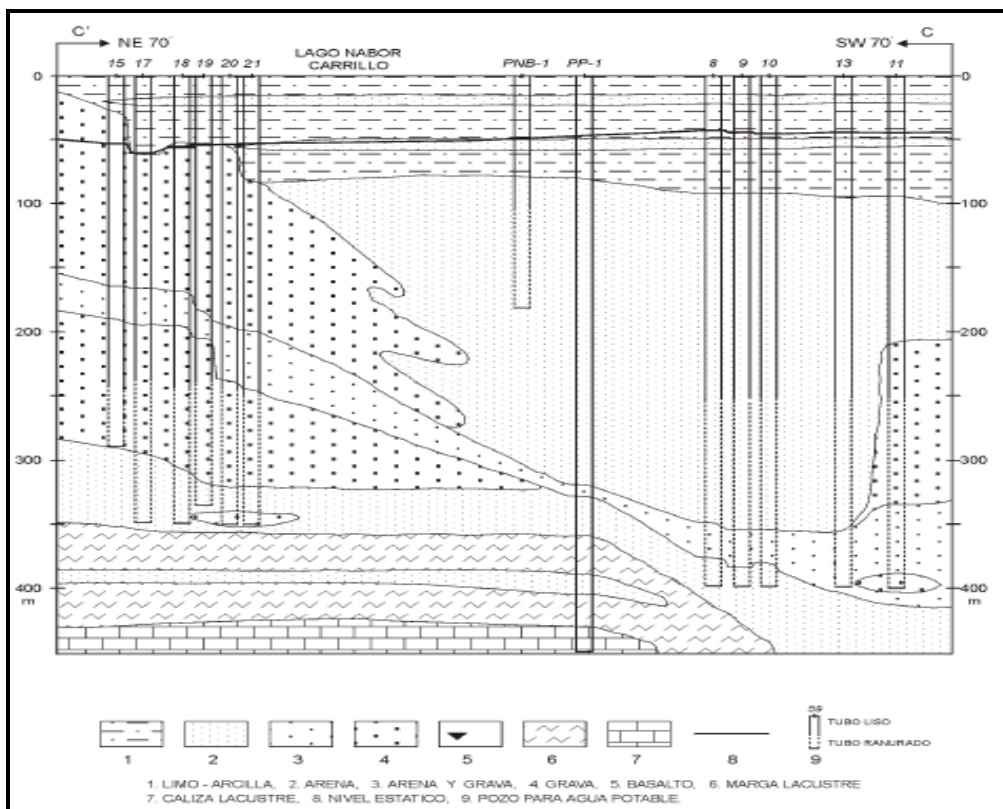
lo denominó Formación Tarango y lo asignó al Pleistoceno. Estos depósitos se internan hacia el interior de la planicie y, en el pozo Texcoco-1, se perforaron entre 180 y 500 m de profundidad.

Cuaternario, en este período un evento tectónico del Cuaternario ocasionó gran cantidad de erupciones volcánicas por toda la Cuenca de México. La Sierra Chichinautzin límite meridional de esta cuenca, es uno de los campos volcánicos Cuaternarios más destacable de México. También existen volcanes y sierras pequeñas aislados dentro de la planicie, como ejemplo están: los cerros Chimalhuacan y Peñón del Marqués y la Sierra Santa Catarina; constituidas por andesitas y/o andesitas basálticas e inclusive dacitas Qv.

La edad de la secuencia volcánica de esta sierra ha sido estimada entre 4,000 y 35,000 años, siendo muy probable que esta sierra tenga un máximo de 20,000 años,

Aluvión (clave Qal), el emplazamiento de la Sierra Chichinautzin, bloqueó el drenaje de la cuenca de México hacia el sur y propició un relleno sedimentario superior a 500 m de espesor; así mismo, originó la formación de varios lagos en esta zona. A partir la Sierra de Guadalupe desde esa fecha había avenamiento hacia el norte, bifurcado hacia Pachuca y hacia Zumpango que confluía en el Río Tula.

Los sedimentos aluviales y lacustres se interdigitan con las rocas terciarias y cuaternarias. Los datos obtenidos mediante pozos determinan diferentes horizontes fluviolacustres, destaca la existencia de dos periodos lacustres: a) entre 350 a 500m de profundidad, donde existen margas y calizas lacustres cuyo espesor disminuye hacia los extremos del lago de Texcoco, y b) entre los 0 y 100m donde predominan materiales del tamaño de arcilla, que se muestra en la siguiente figura.



Depósitos Lacustre, clave Ql: cubren los sedimentos aluviales; se depositaron en los lagos durante el final de Pleistoceno y parte del Holoceno. Se trata de partículas del tamaño de arcillas y limos, integrados por mezcla de minerales cristalinos, material amorfo y microorganismos (ostrácodos y diatomeas), todas en cantidades considerables y destacando por su alto contenido de agua (superior al 200 %) y por su plasticidad.



De las arcillas se han reconocido monmorilonita, bentonita y esmectita, abunda la materia orgánica, plagioclasas, epidota, hornblenda, ópalo, cuarzo, tobas, pómez y ceniza. Entre 50 y 35m de profundidad se reconocen, dos horizontes de tobas híbridas areno - arcillosas, que contienen carbonato de calcio y están confinados por arcillas. Lo anterior se muestra en la siguiente figura.

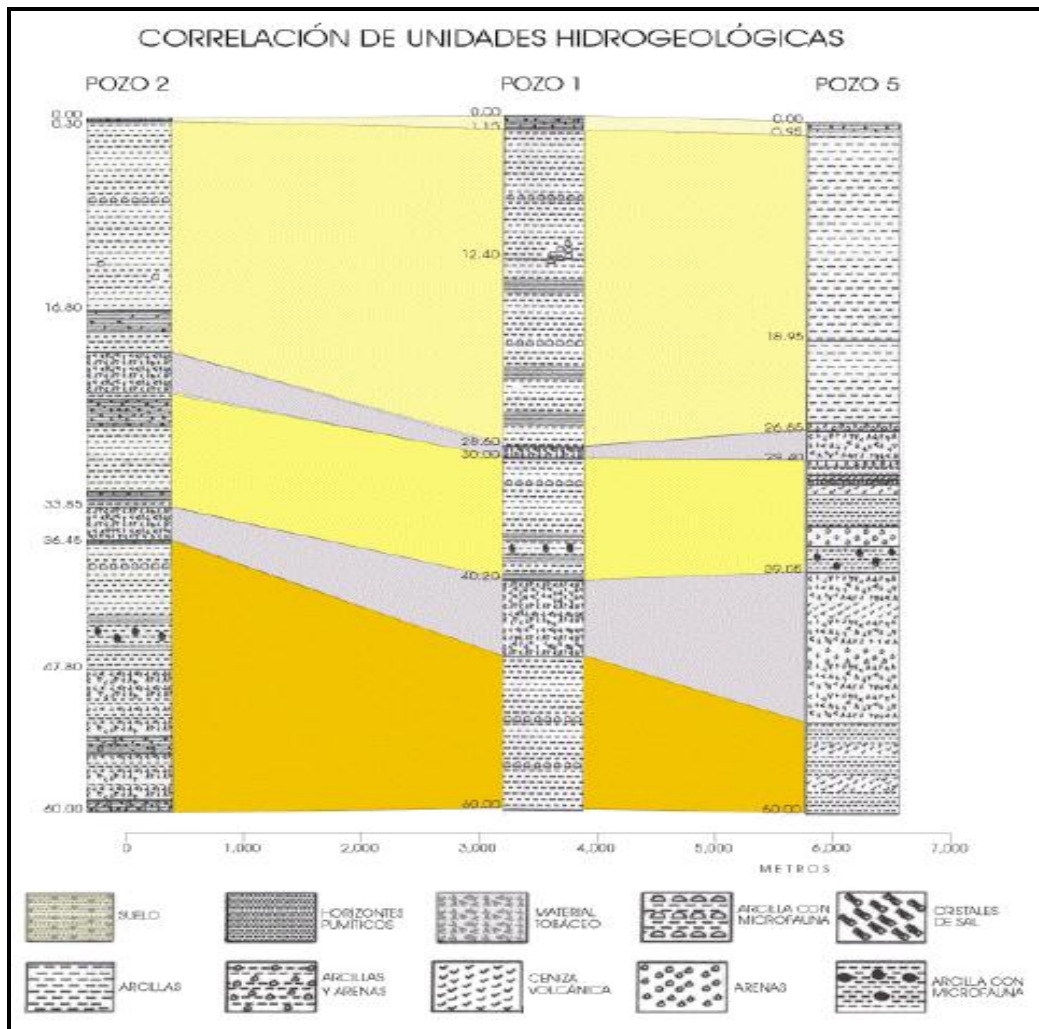


Figura IV.31 Sección geológica en la zona de Sosa Texcoco I - G.

El método constructivo del Proyecto contempla y se integra a las UM ya descritas y su implantación no las modificará en modo alguno (sino que las aprovechará a su máximo) de igual forma no tendrá modificación alguna con la UM del SAR ni del IAP debido a la profundidad y extensión de sus columnas geológicas.

#### IV.3.5.2 Pendientes, características del relieve.

El SAR, el AIP y el Proyecto, se encuentran en una cuenca de tipo endorreica (con desagüe artificial en la actualidad), delimitada como anteriormente se describió por diferentes tipos de elevaciones como son las Sierra de Pachuca, Chiconautla y Tepozán al Norte y Noreste, Sierras de Tepotzotlán-Tezontlalpan en la porción Noroeste, la mayor es la Sierra Nevada al Sureste y Este. La Sierra del Chichinautzin representa el límite Sur y se une al Suroeste con la Sierra de Zempoala, los límites montañosos continúan al Noroeste se les conoce con el nombre de Sierra de las Cruces.

El SAR y el AIP, aloja en su interior pequeñas elevaciones topográficas que perturban el terreno, en el norte se localiza la Sierra de Guadalupe y el Cerro del Chiquihuite; en el centro se ubica el Cerro de la Estrella; hacia el oriente se encuentra el Cerro de San Nicolás y la Sierra volcánica de Santa Catarina.

A continuación se describe a manera de detalle el relieve del SAR y el AIP, el cual es resultado de la interacción de procesos endógenos y exógenos.

De acuerdo al estudio la Cuenca de México y sus cambios demográficos-espaciales (Gutiérrez de MacGregor, et al. 2005) se dividió la Cuenca de México en cuatro unidades de relieve:

- Relieve montañoso
- Piedemonte
- Planicies proluviales-lacustres
- Planicie lacustre

**Relieve montañoso:** Se encuentran los terrenos elevados que presentan contrastes altitudinales en distancias cortas y laderas heterogéneas en cuanto a longitud, geometría y orientación, nombrándolas Sierras, conjuntos o sistemas montañosos.

El relieve montañoso que integra el SAR y el AIP, es de origen volcánico, acumulando volúmenes importantes de lavas y piroclastos que llegaron a constituir numerosas elevaciones.

Los agentes geomorfológicos, a quienes se les atribuyen la expresión actual del relieve del SAR y el AIP son de origen fluvial y glacial, el primero el más común, se encuentra presente en todos los conjuntos montañosos, aunque la intensidad de su acción es distinta, en algunos casos puede llegar a ser intenso que se pierde la fisonomía original o caso contrario los escurrimientos que se dan se infiltran y no favorecen la erosión vertical.

El segundo responsable del modelado montañoso es el glacial, es el resultado de movimiento de una masa de hielo, dando como consecuencia el desgaste (abrasión), el arranque (plucking) y los pulidos (exaración), responsables de la existencia de circos glaciares, valles en forma de "U" y distintos tipos de morrenas, entre otras formas de relieve.

**Piedemonte:** se reconoce como una superficie inclinada marginal a las cadenas montañosas que definen sus límites; también se presentan en las sierras y en los volcanes aislados que existen en el interior del SAR y el AIP. El origen de esta rampa acumulativa, es compleja, no corresponde a un periodo erosivo, sino a la alternancia de numerosas fases de erosión-sedimentación y volcánicas acumulativas.

El desarrollo del piedemonte depende en gran medida del tiempo que han quedado expuestos los conjuntos montañosos (fuente de los sedimentos) a los distintos procesos de erosión. En el SAR y el AIP el piedemonte de mayor desarrollo se asocia a sierras que iniciaron su formación en el Terciario Inferior, es el caso de las Cruces y Nevada, localizadas al Oeste y Este, respectivamente. Por otro lado, la estructura más joven, con menos de un millón de años, es la Sierra del Chichinautzin, en ella los procesos modeladores no han sido intensos; este hecho se refleja en la existencia de un incipiente y discontinuo piedemonte localizado en el flanco norte de la misma sierra.

**Planicie proluviales lacustres:** se caracteriza por una pendiente que no supera los cinco grados de inclinación; están constituidas por materiales proluviales (transportado por ríos que aparecen en estación lluviosa) que son acarreados principalmente desde el piedemonte para ser depositados en las riberas lacustres, en cuerpos de agua poco profundos o en llanuras de inundación temporal. Las gravillas y las arenas son las texturas que predominan en los amplios abanicos que se desarrollan en esta superficie de transición.

En la expresión morfológica de las planicies proluviales-lacustres es muy sutil e incluye superficies subhorizontales, inclinadas, onduladas, cóncavas y escalonadas. En la actualidad, estas características han sido modificadas, ya que la mayor parte de esta superficie está urbanizada y el resto se encuentra en proceso de ocupación del hombre.

**Planicie Lacustre:** Ocupa el nivel altitudinal más bajo del SAR y el AIP, se trata de una superficie casi horizontal, cuya pendiente es inferior a los cuatro grados de inclinación y presenta una altitud promedio de 2,240 msnm. La edad de esta forma de relieve se calcula en menos de 700,000 años; su origen se explica a partir de un continuo relleno de todo este territorio, motivado por la aparición de la sierra volcánica Chichinautzin, que fungió como una represa natural. Dicho vaso

se azolvó intercalando distintos tipos de materiales, entre los que destacan los proluviales (limos y arenas), los lacustres (arcillas y limos), así como arenas y cenizas volcánicas, que al intemperizar generan arcillas altamente compresibles.

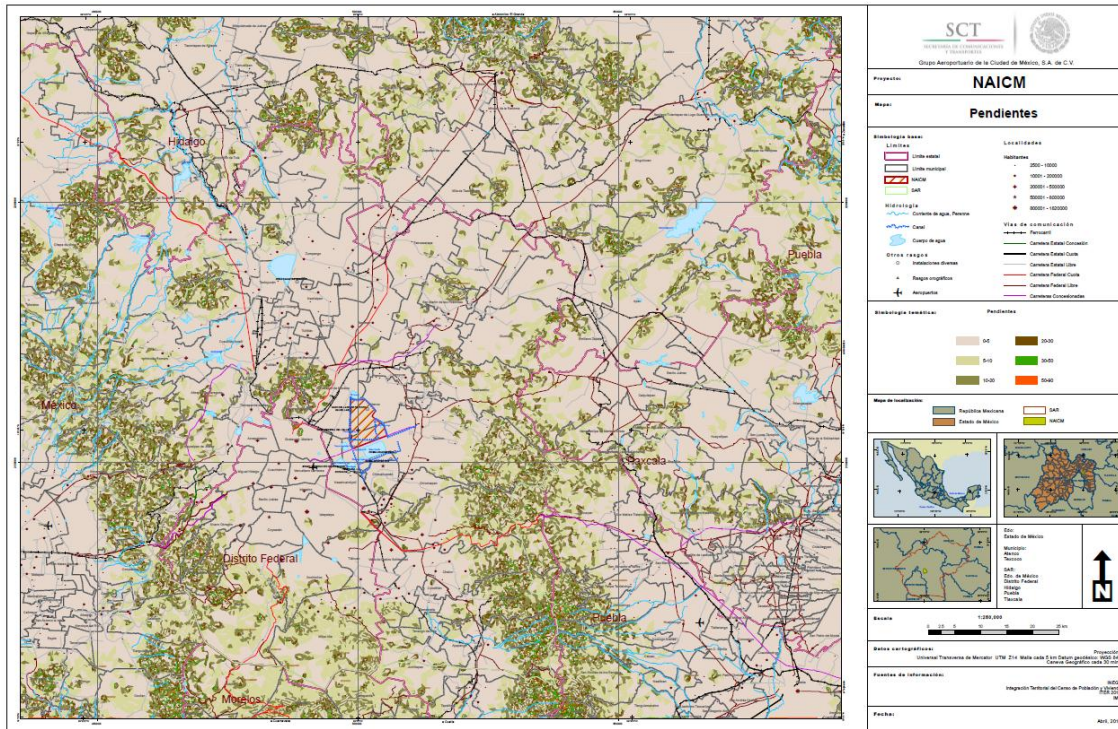
Estas características favorecieron la formación de los cuerpos lacustres: Zumpango, Xaltocan-San Cristóbal, Texcoco y Xochimilco-Chalco. Hay que mencionar que la morfología original no se conserva debido a las modificaciones que ha realizado el hombre en la planicie lacustre desde la fundación de Tenochtitlán en 1325, se continuó con las modificaciones mayores durante la colonia y durante el periodo actual con la conurbación de la Ciudad de México.

La distribución de los rangos de las pendientes se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV.23 Distribución de los rangos de la pendiente en el SAR, el AIP y el Proyecto.

Rango de la pendiente en %	SAR y el AIP (ha)	Proyecto
0 -5	697,015.39	4,431.60
5 -10	130,905.00	
10 -20	96,314.45	
20 -30	25,356.83	
30 -50	3,918.55	
50 -90	60.09	

En el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.7 Pendientes, se muestra lo antes citado.



Mapa IV.7 Rangos de pendiente del SAR, el AIP y el Proyecto.

La pendiente del SAR y el AIP tiene todos los rangos desde 0 a 90, sin embargo el predio del Proyecto se ubica en el rango de 0-5% y específicamente en 2%. La implantación del Proyecto no tendrá ninguna influencia sobre la pendiente del predio sobre el que se desplantará, debido a la obra se ve facilitada por una pendiente dentro del rango 0-2% y sólo en caso de así requerirlo una obra muy específica, se modificaría una pendiente de 2% para llevarla a 0%, por lo que se estaría hablando de un microrrelieve, en sitios puntuales y sin efecto alguno en el resto del predio del Proyecto, el SAR y el AIP. Esta condición favorable para el Proyecto ratifica la selección del sitio.

La demostración de lo cartográficamente obtenido e indicado anteriormente, se puede calcular a través de la longitud de pendiente, definida como la distancia horizontal desde el origen de un flujo hasta el punto, donde:

- Ø El gradiente de la pendiente reduce lo suficiente para que la deposición comience.
- Ø El escurrimiento llega a ser concentrado en un canal definido.

La pendiente se estima como:

$$S = \frac{H_a - H_b}{L}$$

Dónde:

**S**= Pendiente media del terreno (%).

**H<sub>a</sub>**= Altura de la parte alta del terreno (m).

**H<sub>b</sub>**= Altura de la parte baja del terreno (m).

**L**= Longitud del terreno (m)

$$S = \frac{2238 - 2236}{8744}$$

$$S = 0.022 \%$$

Si conocemos la pendiente y la longitud de la pendiente, el factor LS se calcula como:

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965S + 0.00138S^2)$$

Dónde:

**LS**= Factor de grado y longitud de la pendiente.

**λ**= Longitud de la pendiente

**S**= Pendiente media del terreno.

**m**= Parámetro cuyo valor es 0.5

Longitud de la pendiente (Norte a sur): 8744 m

Pendiente media del terreno: 0.022%

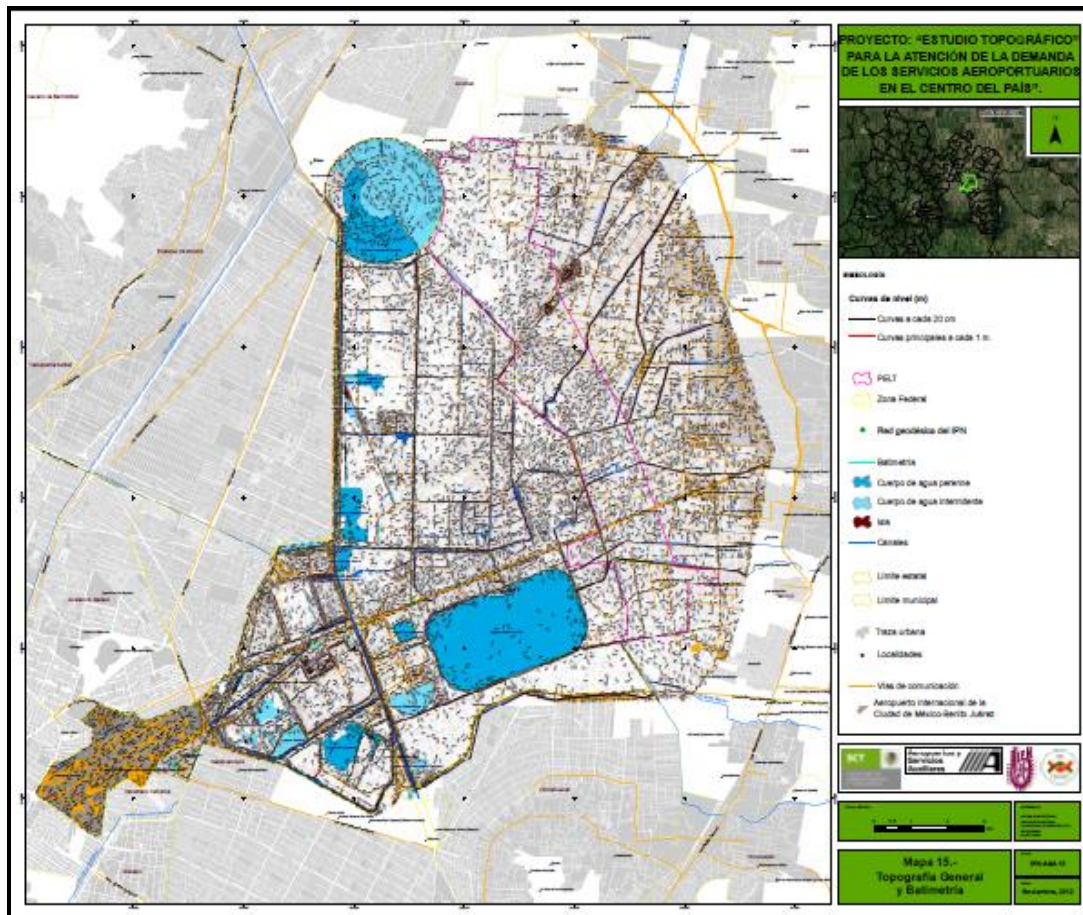
m: 0.5

$$LS = (8744)^{0.5} (0.0138 + 0.00965 (0.022) + 0.00138 (0.022)^2)$$

$$LS = 1.31$$

Por la información anterior se podrá observar que el Proyecto no tendrá ninguna influencia sobre la pendiente del predio sobre el que se desplantará, debido a la obra se ve facilitada por una pendiente dentro del rango 0-2% y sólo en caso de así requerirlo una obra muy específica, se modificaría una pendiente de 2% para llevarla a 0%, por lo que se estaría hablando de un microrrelieve, puntual, y sin efecto alguno en el resto del predio del Proyecto, el SAR y el AIP.

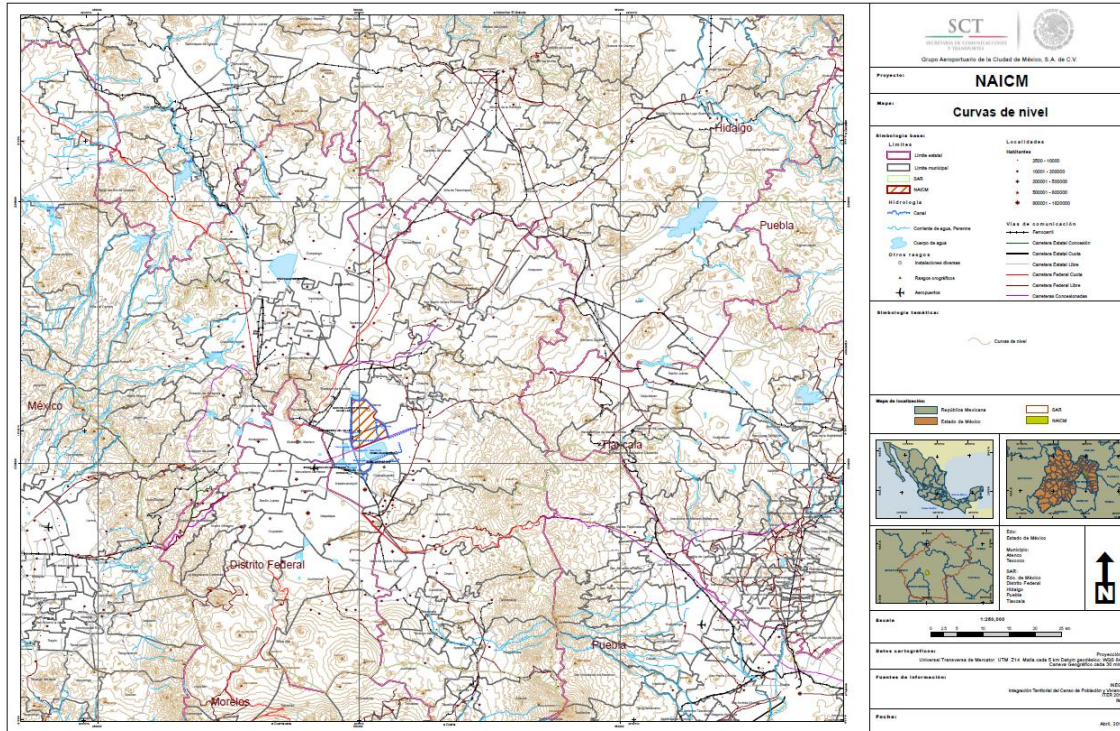
La modificación del microrrelieve por la implantación del Proyecto, seguirá los contornos topográficos establecidos en el siguiente mapa, que se incluye en el Anexo VIII.3.8 Análisis topográfico y batimétrico.



Mapa IV.8 Análisis topográfico y batimétrico del predio del Predio.

#### IV.3.5.3 Curvas de Nivel

Otra característica evaluada en el SAR, el AIP y el Proyecto, es la distribución de las Curvas de nivel como se presenta en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.9 Curvas de nivel.



Mapa IV.9 Curvas de nivel del SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.

Las Curvas de nivel del SAR y el AIP van desde los 5,200 msnm en el volcán Iztaccihuatl, hasta el Valle de México con una cota promedio de 2,200 msnm, por lo que respecta a la poligonal del Proyecto se encuentra en su totalidad en la cota 2200 msnm.

La implantación del Proyecto no modificará en forma alguna ni tendrá ningún tipo de efecto sobre la curva de nivel sobre la que se encuentra, ni en las existentes en el SAR y el AIP.

#### IV.3.5.4 Susceptibilidad a Riegos.

### Sismicidad

El SAR y el AIP han sido afectados por sismos de muchos tipos y diversas intensidades. Las principales fuentes sísmicas que lo afectan pueden clasificarse en cuatro grupos:

- Temblores locales ( $M \leq 5.5$ ), originados dentro o cerca de la cuenca.
- Temblores tipo Acambay ( $M \leq 7.0$ ), que se originan en el resto de la placa de Norteamérica.
- Temblores de profundidad intermedia de falla normal, causados por rompimientos de la placa de Cocos ya subducida, pudiendo llegar hasta  $M=6.5$  debajo del Valle de México, donde se encuentra el Proyecto.
- Temblores de subducción ( $M \leq 8.2$ ).

Pese a su gran distancia epicentral (280 a 600 km), el Valle de México es particularmente vulnerable ante sismos de subducción porque el tipo de ondas que llegan son ricas en periodos largos que sufren menos atenuación y experimentan gran amplificación al atravesar las arcillas presentes en el SAR y el AIP. Por ello, prácticamente cualquier sismo grande que ocurra en la zona de subducción, desde Jalisco hasta Oaxaca, representa un peligro para las estructuras erigidas en la zona lacustre y en la poligonal del Proyecto.

De acuerdo a estudios en la zona se tiene que por cada sismo considerado como “severo” existe en promedio cinco fuertes, diez moderados y cincuenta leves.

En cuanto a los sismos con epicentro dentro del SAR y el AIP, no son de gran magnitud (menores a 4 grados), pero también pueden provocar fuertes daños a nivel local dado que ocurren a profundidades muy someras, y por lo tanto, muy próximas a las estructuras de construcciones en la superficie.

En el SAR y el AIP se manifiestan de manera dramática los efectos de amplificación dinámica en depósitos lacustres. Esta amplificación se debe al entrampamiento de ondas por el contraste entre las características dinámicas de los depósitos superficiales, cuyo espesor no sobrepasa los 150m y de la roca basal. En el dominio de la frecuencia, la forma y amplitud de esta amplificación están controladas por el contraste de impedancias elásticas, el amortiguamiento del suelo, las características del campo incidente y la geometría del Valle de México.

En el dominio del tiempo la respuesta se refleja en movimientos más armónicos, en el incremento de la duración y en la mayor amplitud de los registros. Los desplazamientos en la zona de lago muestran variaciones espaciales importantes y una duración excepcional.

Lo antes descrito quiere decir que las ondas sísmicas al llegar a la zona lacustre y a la poligonal propuesta del Proyecto, tienen a tener una amplificación, por el tipo de suelo presente y es esta la razón que en la Ciudad de México los sismos llegan a ser intensos a pesar de la distancia con el epicentro, así mismo tener afectaciones a las estructuras. Por ello se han realizado zonificaciones de riesgo sísmico de la Cuenca de México para ayudar a la regulación de las construcciones en esta zona.

De acuerdo con el Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo" A.C. se zonificó la Cuenca de México, de acuerdo con el riesgo de sismicidad y de acuerdo con éste, el sitio del predio del Proyecto se encuentra en la zona de Intensidad "Alta", por lo cual las estructuras planeadas para el Proyecto deben de tener las consideraciones necesarias para evitar afectaciones si llegase a ocurrir un evento de magnitudes de más de 7 grados en la escala de Richter. A continuación se presenta la zonificación realizada con el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.

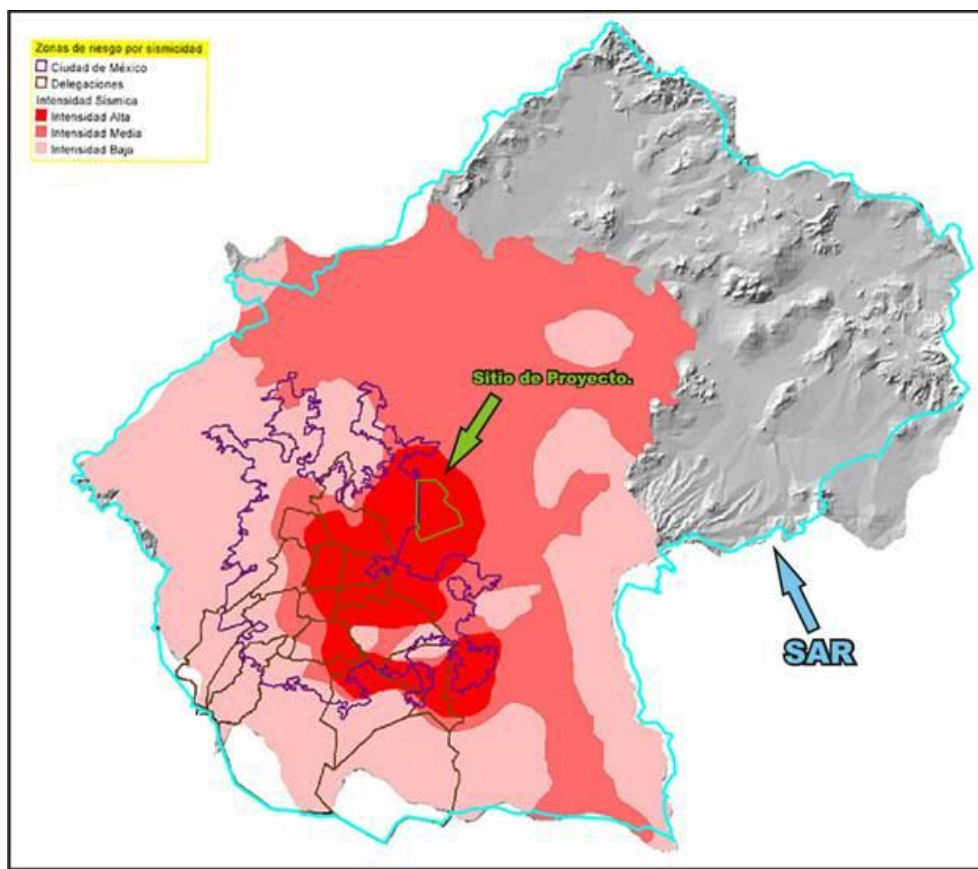


Figura IV.32 Zonas de riesgo por sismicidad en el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.

#### IV.3.5.4.1 Fallas y Fracturas.

Al pertenecer al Sistema Volcánico Transversal, en el SAR, el AIP y el Proyecto, se desarrollan grandes sistemas de fallas y fracturas, asociadas a procesos volcánicos, activos o inactivos, al igual que a una dinámica actividad sísmica.

El sistema de fallas de la Sierra de Chichinautzin, y que es producto también de un sizallamiento que lo cruza de SW a NE, que pasa por el centro del Valle de México y termina en la zona de Texcoco.

En cuanto a fracturas existe un mapa elaborado por el Gobierno del Distrito Federal de Riesgos Geológicos de la Zona Metropolitana del Valle de México, en este se observa que existen dos fracturas aunque son inferidas, los estudios y análisis realizados para la elaboración del mapa las marcan en esta ubicación, por lo cual se debe de tener consideración en la construcción de la infraestructura del Proyecto para que no se vea afectada por la presencia de estas fracturas. El hecho de ser fracturas inferidas indica que su presencia física aún no ha sido demostrada.

En la siguiente figura se presenta la distribución de los riesgos geológicos presentando el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto para visualizar en donde se encuentra la susceptibilidad por fallas o fracturas.

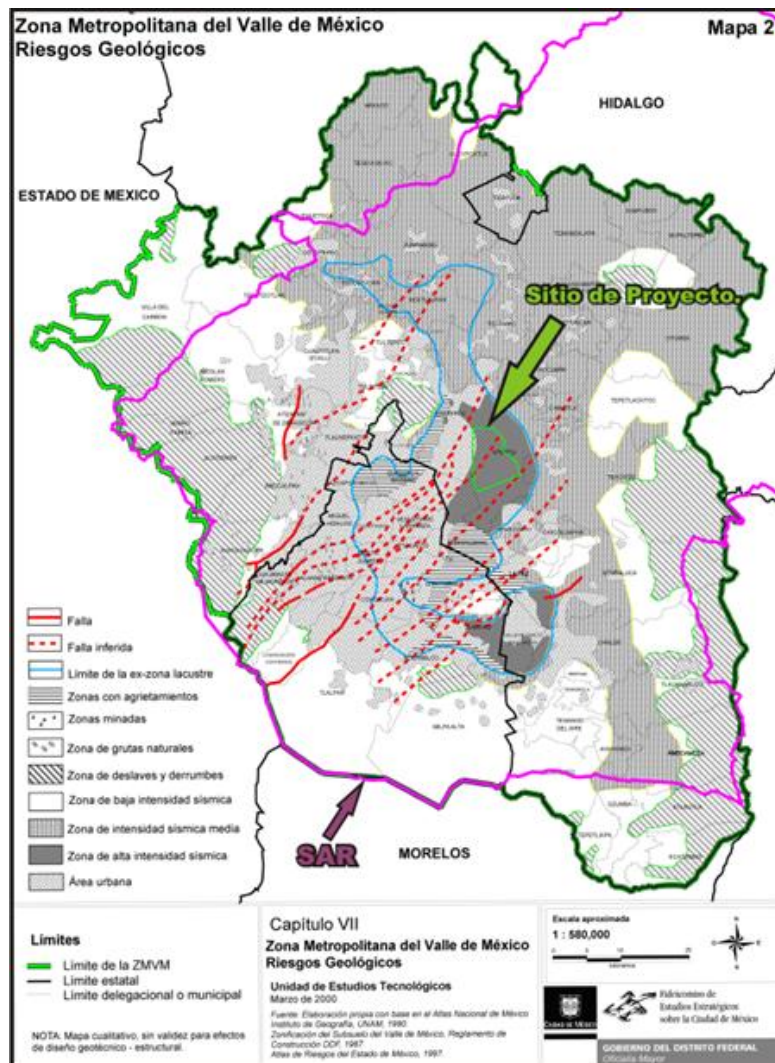


Figura IV.33 Fallas y fracturas presentes en el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.



En la siguiente tabla se indica la distribución de las Fallas y Fracturas que se indican en el mapa Geológico del Anexo VIII.3.6 antes citado en éste capítulo.

Tabla IV.24 Distribución de Fallas y Fracturas en el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.

Descripción	SAR y AIP (longitud en metros)	Proyecto
Fallas geológicas	23,991.00	-----
Fracturas geológicas	122,694.00	-----

Es necesario indicar que las Fracturas inferidas en el mapa de Riesgos Geológicos de la Zona Metropolitana del Valle de México, aún no ha podido ser demostrada su presencia física.

#### IV.3.5.4.2 Hundimientos

La explotación de agua subterránea en el Valle de México ha provocado hundimientos en el piso del Valle de México. La sobreexplotación es de 25 m<sup>3</sup>/seg, muy superior a la recarga. Los hundimientos han afectado edificios, instalaciones industriales y en general a la infraestructura vial e hidráulica; han producido deformaciones y grietas en el terreno aluvial y lacustre, incrementando riesgos y vulnerabilidad a sismos e inundaciones. En el resto del SAR y el AIP no se cuenta con información detallada al respecto o no se ha presentado éste fenómeno.

Sin embargo por la importancia de éste fenómeno para el Proyecto bajo evaluación, se realizará un análisis específico para el Valle de México. La sobreexplotación de acuíferos ha generado una amplia zona de hundimiento del piso en la superficie lacustre; este varía de 5 cm/año (Zócalo) hasta 30 cm/año (Chalco). Se llegaron a medir por 1952, en el corazón de la capital hundimientos de 60 cm/año fecha en la que se dejaron de operar numerosos pozos. A raíz de ello, el hundimiento del piso del Valle de México se ha reducido en el centro, lo que comprueba que existe una relación directa entre la sobreexplotación del acuífero y el hundimiento (FEMISCA, 2002).

De acuerdo al Centro de Investigación de Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo" A.C. Los riesgos por hundimientos se derivan del relieve y de los suelos arcillosos compresibles en la zona lacustre, debido a abatimientos piezométricos. Al fenómeno de hundimiento (subsistencia) se suma el factor antrópico que se asocia principalmente a los procesos de extracción de agua. Este alto riesgo ha ocurrido a lo largo de la historia de la ciudad y permanece. Es expresión de los abatimientos del nivel freático a lo largo del tiempo, en forma a veces acelerada y otras gradual. Están generados por la pérdida de volumen en el subsuelo y la consecuente compactación que provoca un proceso de hundimiento local.

En las últimas décadas se han presentado hundimientos importantes en el centro de la ciudad, en Aragón, en Iztapalapa y en los municipios conurbados de Nezahualcóyotl, Chalco, en la zona del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, Xochimilco y en menor medida en el centro de la ciudad de México.

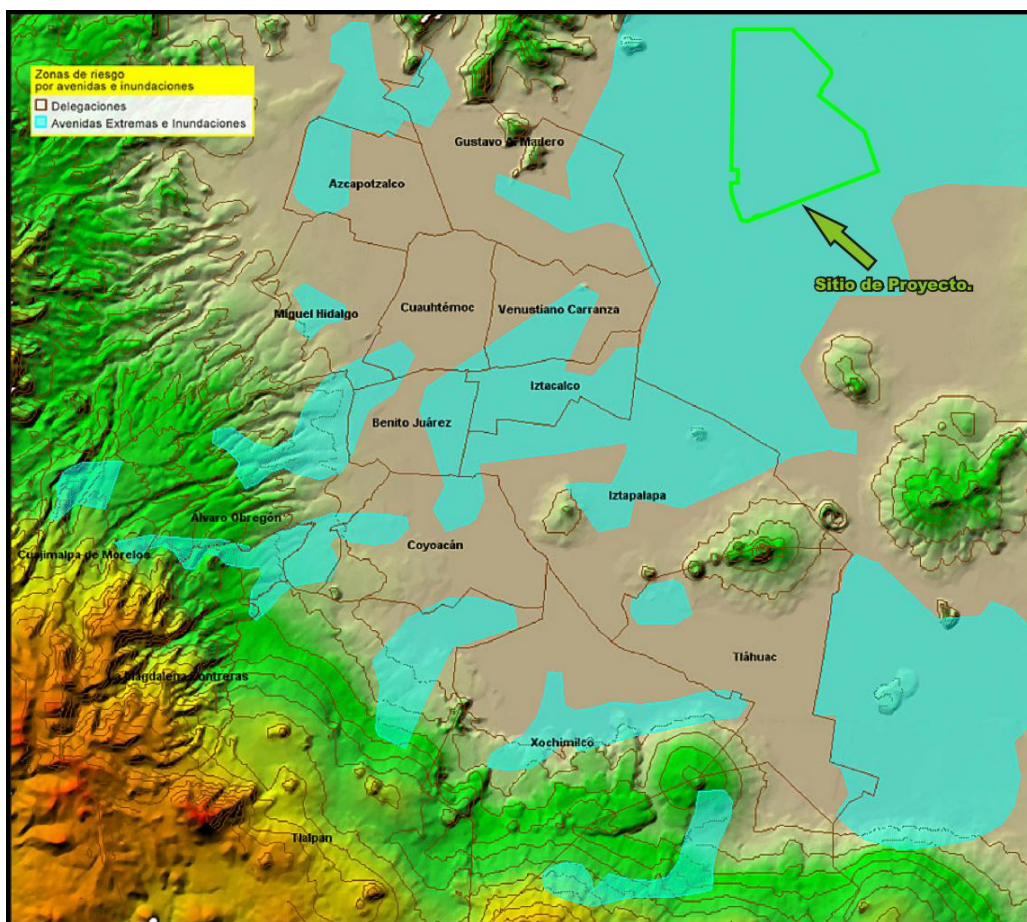
De acuerdo con la zonificación de este Centro de Investigación mencionado, el sitio del predio del Proyecto, se localiza en la zona con mayor hundimiento promedio anual que es de 21 a 30 centímetros. Por lo cual el método constructivo del Proyecto bajo evaluación, contempla los efectos que sobre su infraestructura puede tener éste fenómeno.

Se debe de puntualizar que en este momento se están llevando a cabo las pruebas necesarias para elegir los materiales más adecuados para la construcción del Proyecto haciendo la prueba con 8 diferentes escenarios para tomar la mejor elección y evitar en mayor medida los hundimientos a los que está expuesta la poligonal del Proyecto. De igual forma el Proyecto bajo evaluación, no tendrá influencia alguna sobre las causas directas del hundimiento ya que el suministro de agua será a través de la red hidráulica municipal y en ningún momento se plantea la extracción de agua subterránea.

#### IV.3.5.4.3 Inundación

La Cuenca de México como se mencionó anteriormente es una cuenca endorreica (cerrada), debido a esto es la existencia del Ex-Lago de Texcoco, pero con obras hidráulicas realizadas desde siglos anteriores se ha tratado de resolver los problemas de inundación, estas obras trajeron consigo soluciones temporales, por tal motivo el siguiente análisis se circunscribirá en ésta zona y en la poligonal del Proyecto debido a su potencial impacto sobre él.

El Proyecto se encuentra en una parte del área que ocupaba el Ex-Lago de Texcoco, por lo cual su riesgo por inundación es alto, esto lo refleja el estudio realizado por el Centro de Investigación de Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo" A.C. donde desarrolló una zonificación por riesgo de inundación como se muestra en el siguiente mapa.



Mapa IV.10 Zonificación por riesgo de avenidas e inundaciones en el Ex-Lago de Texcoco y en la poligonal del Proyecto.

El Proyecto al encontrarse en esta zonificación tiene un riesgo muy alto por inundación por lo cual serán necesarias obras y acciones preventivas adecuadas para que no se tenga el riesgo y no cause pérdidas económicas y humanas.

Está de más indicar que la implantación del Proyecto no tendrá influencia alguna en las causas que originan el fenómeno por riesgo de inundación.

#### IV.3.5.4.4 Actividad volcánica potencial

En lo que se refiere al riesgo por vulcanismo, el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto están expuestos a este fenómeno. El riesgo mayor lo constituye el Volcán Popocatepetl cuyas cenizas, en caso de erupción afectarían al Proyecto, por lo que el siguiente análisis se centra en él.

En la siguiente figura se observan dos imágenes con la zonificación de las áreas de peligro por caída de materiales volcánicos y de las áreas por flujos de materiales volcánicos desarrolladas por Centro de Investigación de Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo" A.C.

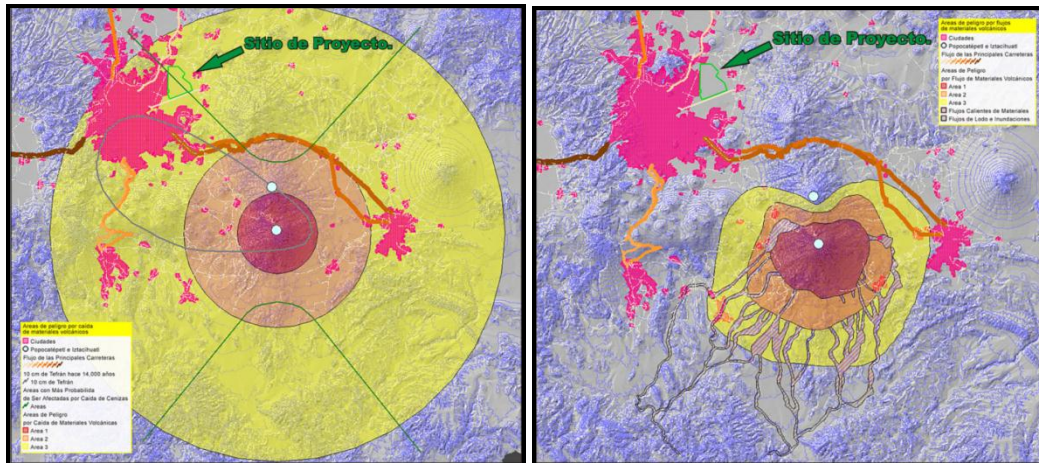


Figura IV.34 Zonificación de las áreas de peligro por caída de materiales volcánicos en relación a la poligonal del Proyecto.

Tal como se observa en la figura anterior, la poligonal Proyecto se encuentra en el área 3 para la caída de materiales volcánicos (fragmentos de roca o bombas volcánicas y principalmente cenizas volcánicas), esta zona es la que comprende el menor riesgo para este tipo de evento.

También se observa que la poligonal del Proyecto, en relación al riesgo por flujo de materiales volcánicos (flujos piroclásticos, lahares, flujos de lava y avalanchas de escombros) no se vería afectada por este tipo de evento, debido a la forma y orientación actual del cráter y estos flujos se dirigirían principalmente al sur del edificio volcánico.

### IV.3.6 Edafología

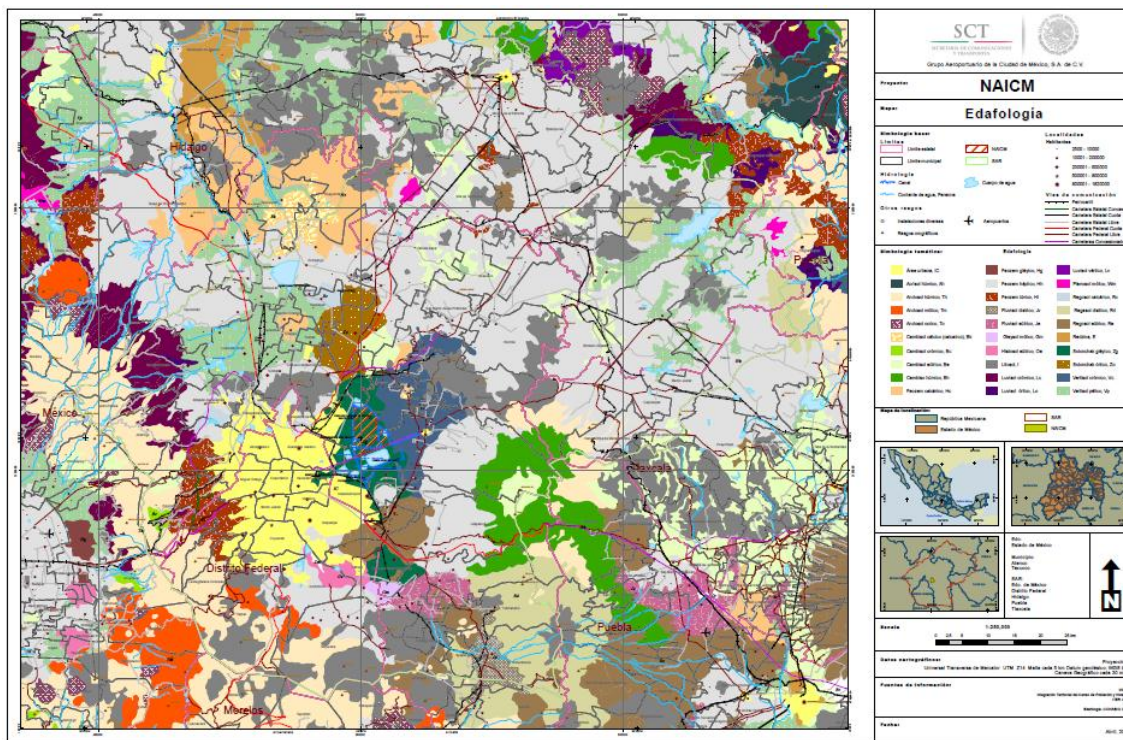
El suelo constituye un recurso natural de gran importancia, que desempeña funciones en la superficie terrestre como reactor natural y hábitat de organismos. La clasificación internacional de los suelos, de acuerdo al sistema FAO 2007, divide a los suelos en unidades o categorías de acuerdo a ciertas características generales, como su morfología y composición.

En la siguiente tabla se indica la distribución de las unidades edafológicas en el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.

Tabla IV.25 Distribución de las unidades edafológicas en el SAR, el AIP y el Proyecto.

Clave	Unidad edafológica	HECTAREAS	
		SAR y AIP (ha)	Proyecto (ha)
Bc	Cambisol crómico	1,351.31	----
Be	Cambisol éutrico	35,914.20	----
Bh	Cambisol húmico	25,005.90	----
Bk	Cambisol cálcico (calcárico)	3,970.00	----
Gm	Gleysol mólico	2,094.75	----
Hc	Feozem calcárico	13,659.01	----
Hh	Feozem haplico	366,723.74	----
HI	Feozem lúvico	21,554.28	----
I	Litosol	105,034.18	----
IC	Cuerpo de agua	68,286.24	----
Jd	Fluvisol dístico	6,597.58	----
Je	Fluvisol éutrico	8,325.47	----
Lc	Luvisol crómico	19,099.79	----
Lo	Luvisol órfico	1,291.77	----
Lb	Luvisol vértico	673.32	----
Oe	Histosol éutrico	4,492.30	----
Rc	Regosol calcárico	4,360.72	----
Rd	Regosol dístico	34,047.22	----
Re	Regosol éutrico	24,262.16	----
Th	Andosol húmico	63,622.41	----
Tm	Andosol mólico	5,213.07	----
To	Andosol ótrico	769.33	----
Vc	Vertisol crómico	25,290.58	14.76
Vp	Vertisol pélico	66,183.45	----
Wm	Planosol mólico	2,812.53	----
Zg	Solonchak gleyico	26,960.00	4,416.40
Zm	Solonchak mólico	672.91	----
Zo	Solonchak órtico	15,302.09	----

La distribución anterior se indica en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.10 Edafología.



Mapa IV.11 Distribución de las unidades edafológicas en el SAR, el AIP y el Proyecto.

Las principales características de las unidades edafológicas son:

#### Grupo Andosol (T)

Suelos formados por materiales volcánicos por lo general con superficies oscuras. Comunes en regiones montañosas. Densidades bajas y humedades naturales altas. Contienen generalmente, minerales de aloysita. Se caracterizan por su alto contenido de agua y cambios irreversibles cuando se secan. Son muy susceptibles a la erosión.

#### Andosol mólico (Tm)

Son andosoles con un horizonte A mólico, de color subido, con chroma de menos de 3.5 en húmedo y 5 en seco; un porcentaje de saturación de cationes de cambio de más de 50%, un tenor de materia orgánica de más 1% y una profundidad superior a 18 cm.

Presentan una fase lítica profunda, ya que se encuentra roca consolidada a profundidades medias. Se han desarrollado en las zonas de acumulación entre las distintas secciones del derrame lávico o al pie del mismo. Son suelos medianamente profundos (57-75 cm), de textura franca a franco-arenosa y menos pedregosos (10%). Por lo anterior, su capacidad de retención de agua disponible es mayor (160 L/m<sup>2</sup>) que la de los leptosoles. Los valores pH son también moderadamente ácidos y los contenidos de materia orgánica son medianos (3.0-3.8%). Su reserva de nitrógeno es alta (0.53 kg/m<sup>2</sup>), pero los contenidos de fósforo disponible son bajos a muy bajos (0.9-2.7 mg/kg).

Estos suelos son potencialmente aptos para uso agrícola, siendo su principal limitación el tamaño de las parcelas ya que en muchos casos el área contigua que abarca este tipo de suelo es menor a 0.1 ha. En cambio, presentan una alta aptitud para la actividad forestal.

Son muy susceptibles a la erosión.

### **Andosol ótrico (To)**

Andosoles con un horizonte A ótrico, también se distinguen los horizontes A mólico o húmbrico por un color menos subido, o un tenor de materia orgánica inferior al 1% sobre 18 cm, o una profundidad inferior a 18 cm.

Es un horizonte superficial que no tiene estratificación fina y que o bien es de color claro<sup>15</sup>, o delgado, o tiene un bajo contenido de carbono orgánico, o es masivo y (muy) duro en seco. No tiene estratificación fina y tiene una (o más) de las siguientes características o propiedades:

1. ambos masivo y duro o muy duro en seco. Prismas muy gruesos (prismas de más de 30 cm de diámetro) se incluyen en el significado de masivo si no hay estructura secundaria dentro de los prismas.
2. ambas muestras partidas y apelmazadas tienen un cromógeno Munsell de 3.5 o más en húmedo, un valor de 3.5 o más en húmedo y 5.5 en seco. Si hay más de 40 por ciento de calcáreo finamente dividido, el valor, húmedo, debe ser más de 5.
3. un contenido de carbono orgánico menor de 0.6 por ciento (1 por ciento de materia orgánica) en todo el espesor del horizonte mezclado. El contenido de carbono orgánico debe ser menos de 2.5 por ciento si hay más de 40 por ciento de calcáreo finamente dividido.
4. espesor de:
  - a. menos de 10 cm si se apoya directamente sobre roca dura, un horizonte petrocálcico, petrodúrico o petrogípsico, o resta sobre un horizonte crítico.
  - b. menos de 20 cm o menos de un tercio del espesor del solum cuando el solum tiene menos de 75 cm de espesor; o
  - c. 25 cm o menos cuando el solum tiene más de 75 cm de espesor.

### **Grupo Cambisol (B)**

Son suelos jóvenes y poco desarrollados, se presentan en cualquier tipo de clima, menos en zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece más suelo de roca, ya que en ella se forman terrones, además pueden presentar acumulación de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, etc. pero sin que esta acumulación sea muy abundante.

Son en su mayor parte suelos menores de 50 cm. cuentan con un horizonte A ótrico, en el cual el contenido de materia orgánica no ha sido suficiente para darle un color oscuro, de ahí que sigue siendo pardo claro, pardo amarillento o gris rosado.

La presencia del horizonte B, en el cual, con respecto al material de origen, existe una mayor acumulación de materiales intemperizables, algunas acumulaciones muy leves de arcilla, fierro, magnesio, etc., y la formación de terrones. Son suelos en los cuales han ocurrido cambios en el color, la estructura y consistencia por la meteorización del perfil en zonas de erosión intensa. Los cambisoles son suelos que exhiben un grado mínimo de desarrollo, apenas es apreciable una capa de acumulación de materiales finos (horizonte b incipiente), son comunes en zonas templadas, aunque en climas tropicales pueden asociarse con materiales de reciente depositación o a fuertes pendientes.

Sus texturas dominantes son francas y de migajones arcillosos, por lo que su capacidad de adsorción de cationes (CICT) es moderada. Varían de ligeramente alcalinos a moderadamente ácidos (pH de 7.6 a 5.7). La saturación de bases de intercambio va de moderada a alta (de 50 a 100%), el calcio disponible se encuentra en cantidades moderadas, lo mismo que el magnesio y el potasio, aunque estos dos a veces están en muy altas cantidades.

Tienen buen potencial agrícola, aunque las limitaciones principales son su poca profundidad y el exceso de piedras superficiales. En zonas tropicales pueden tener baja reserva de nutrientes, pero no tanta como los acrisoles.

En las áreas con deficiencia de drenaje por influencia marina se da un proceso de acumulación de sales y de materia orgánica ocasionando que el color de los suelos sea oscuro.

Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

### **Cambisol cálcico (Bk)**

Se caracterizan por ser calcáreos en todas sus capas o por tener acumulación de caliche suelto en alguna profundidad, pero con una capa superficial de color claro, pobre en materia orgánica. Son suelos que exhiben un grado mínimo de

desarrollo, apenas es apreciable una capa de acumulación de materiales finos (horizonte B incipiente), son comunes en zonas templadas, aunque en climas tropicales pueden asociarse con materiales de reciente depositación o a fuertes pendientes.

Su origen es residual y coluvio-aluvial, con cambios de color, estructura y consistencia, como resultado de los procesos de intemperización ocurridos en el mismo lugar de su formación; poseen un horizonte B cámbico (horizonte con cambios constantes); son profundos, de color pardo oscuro y grisáceo oscuro, pH ligeramente alcalino, textura media o fina y son adhesivos. Tienen una reacción moderada a fuerte con el ácido clorhídrico diluido, lo que manifiesta la presencia de carbonatos que se encuentran como concreciones de carbonato de calcio de color blanco o de forma pulverulenta en algún horizonte (cambisol cálcico). Se encuentran asociados con xerosoles, feozems, vertisoles y rendzinas.

Tienen buen potencial agrícola, aunque las limitaciones principales son su poca profundidad y el exceso de piedras superficiales. En zonas tropicales pueden tener baja reserva de nutrientes, pero no tanta como los acrisoles. Se usan mucho en agricultura de temporal o de riego, principalmente en el cultivo de granos, oleaginosas u hortalizas y con rendimientos generalmente altos.

Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

#### **Cambisol crómico (Bc)**

Son de color rojizo o pardo oscuro, y por tener una alta capacidad para retener nutrientes. Se usan en la ganadería con pastos naturales, inducidos o cultivados, y en agricultura para cultivos de granos y oleaginosas principalmente. En ambos casos, sus rendimientos son de medios a altos.

Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

#### **Cambisol éútrico (Be)**

Solamente presentan las características del grupo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

#### **Cambisol húmico (Bh)**

Se caracterizan por tener en la superficie una capa de color oscuro o negro, rica en materia orgánica, pero muy ácida y muy pobre en nutrientes. En condiciones naturales, tiene una vegetación de selva o bosque que permite la explotación forestal, uso que es el más indicado ya que la agricultura o ganadería los rendimientos que proporcionan son bajos y su utilización productiva sólo dura unos pocos años. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

#### *Grupo Feozem (H)*

Son de origen residual y coluvio-aluvial, derivados a partir de rocas tales como riolita, toba ácida, caliza y lutita. Cuando es de origen aluvial presentan una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes. Presentan color pardo oscuro y textura media, poseen pH ligeramente ácido.

Se forman sobre materiales no consolidados de reacción alcalina. Son suelos más o menos profundos, aunque en la mayoría se encuentra la fase lítica como limitante a menos de 100 cm de profundidad; en algunas áreas existe alto contenido de arcillas en el horizonte subyacente (Feozem lúvico); algunos reaccionan con intensidad al ácido clorhídrico a causa de la presencia de carbonatos dentro de los 50 cm superficiales (Feozem calcárico), y en otros no hay otra característica distintiva (Feozem haplico). El horizonte superficial está bien desarrollado y estructurado.

La humedad no llega a ser excesiva, evitándose el arrastre y la pérdida de nutrientes debido al drenaje, por lo que su potencial agrícola es alto. Se utilizan intensivamente para la producción de granos y hortalizas, en muchas ocasiones con el auxilio del riego. Sus usos dependen del relieve y tipo de suelo, llegando a tener altos rendimientos y en ganadería pueden tener rendimientos moderados.

En condiciones naturales, pueden ser susceptibles a la erosión según el relieve particular en que se presenten; sin embargo, la principal amenaza para este tipo de suelos deriva de las técnicas agrícolas intensivas: compactación por el uso de maquinaria pesada y el uso indiscriminado de agroquímicos.

### **Feozem calcárico (Hc)**

Se caracterizan por presentar cal en todos sus horizontes. Estos son los más fértiles de todos los feozem, y productivos en la agricultura o ganadería, especialmente cuando son profundos y planos. Se erosionan con mucha facilidad.

### **Feozem haplico (Hh)**

Tiene las características generales de los suelos feozem y en su fase lítica háplico muestra dos horizontes:

#### **Horizonte A1**

Profundidad 0-18 cm. Color pardo oscuro en húmedo. Separación de contraste claro y forma plana. Reacción nula al HCl diluido. Textura de migajón arcillo-arenoso. Consistencia blanda en seco y muy friable en húmedo. Adhesividad y plasticidad ligeras. Esqueleto con gravas de tamaño fino, forma subredondeada y cantidad escasa.

Estructura en forma de bloques subangulares de tamaño fino y desarrollo moderado. Porosidad en cantidad abundante y constitución finamente porosa. Raíces muy finas frecuentes, raíces finas escasas y raíces medias muy escasas. Drenaje interno: drenado. Denominación del horizonte: Mólico.

#### **Horizonte B2**

Profundidad 18-55 cm. Color pardo rojizo oscuro en húmedo. Separación de contraste gradual y forma plana. Reacción nula al HCl diluido. Textura de migajón arenoso. Consistencia muy friable en húmedo. Adhesividad y plasticidad ligeras. Estructura en forma de bloques subangulares de tamaño fino y desarrollo débil. Porosidad en cantidad abundante y constitución finamente porosa. Raíces muy finas y finas escasas. Drenaje interno: drenado. Denominación del horizonte: Cábico. Roca consolidada. Profundidad de 55 cm en adelante. Reacción nula al HCl diluido.

La principal característica de este tipo de suelo, es una capa superficial rica en materia orgánica y nutrientes, lo que les ofrece la posibilidad de ser utilizados en agricultura de granos, legumbres y hortalizas, con altos rendimientos. Otros menos profundos, o aquellos que se presentan en laderas y pendientes, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo y la ganadería con resultados aceptables.

Se erosionan con mucha facilidad.

### *Grupo Fluvisol (J)*

Corresponde a los suelos de origen aluvial (deltas y ambientes lacustres o marinos), identificados por el material de diagnóstico que consiste en la formación de estratos de 25 cm de espesor, producto de los aportes de material sedimentario reciente y por el contenido de carbono (C) orgánico irregular a lo largo del perfil. Se localizan en todos los climas y, particularmente, en planicies inundables. Los fluvisoles son muy diversos en cuanto a sus propiedades, sin embargo, pueden catalogarse como suelos fértiles debido a los aportes continuos de materiales, situación que los hace ligeros y fáciles de trabajar. Por su localización geográfica, se encuentran en zonas no limitadas por agua para su uso agrícola. El cultivo de arroz es común en este grupo; otros usos y estrategias de manejo dependen de las características específicas de sus unidades, que pueden ser encaladas, en el caso de la acidez, drenaje, en el de anegamiento, y salinidad, etcétera.

### **Fluvisol districo (Jd)**

Presenta las características del grupo y una saturación en bases menor del 50 % en alguna parte situada entre 20 y 100 cm. Se distinguen tres modalidades: Epidístrico. La saturación citada se encuentra entre 20 y 50 cm. Hiperdístrico. La saturación citada se presenta en la totalidad del suelo comprendido entre 20 y 100 cm y en alguna parte, dentro del primer metro, es inferior al 20 %. Ortidístrico. La totalidad del suelo comprendido entre 20 y 100 cm presenta una saturación inferior al 50 %.



### **Fluvisol éútrico (Je)**

Presentan las características del grupo de los fluvisol y en su fase éútrico son suelos ligeramente ácidos a alcalinos y son fértiles debido a su gran cantidad de nutrientes.

Son suelos susceptibles a la erosión.

### **Gleysol mólico (Gm)**

Tienen una capa superficial oscura, fértil, suave y rica en materia orgánica. Son suelo pantanoso, estos suelos tienen muy poca distribución, prácticamente sólo en terrazas asociadas en donde se estanca el agua. Se caracterizan por presentar colores azulosos, su vegetación natural es de vegetación hidrófita y pastizales resistentes a la humedad, muchas veces presentan acumulación de salitre. La caracterización mólica le viene por presentar una capa superficial oscura, fértil y rica en materia orgánica.

### *Grupo Feozem (H)*

Son de origen residual y coluvio-aluvial, derivados a partir de rocas tales como riolita, toba ácida, caliza y lutita. Cuando es de origen aluvial presentan una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes. presentan color pardo oscuro y textura media, poseen pH ligeramente ácido.

Se forman sobre materiales no consolidados de reacción alcalina. Son suelos más o menos profundos, aunque en la mayoría se encuentra la fase lítica como limitante a menos de 100 cm de profundidad; en algunas áreas existe alto contenido de arcillas en el horizonte subyacente (Feozem lúvico); algunos reaccionan con intensidad al ácido clorhídrico a causa de la presencia de carbonatos dentro de los 50 cm superficiales (Feozem calcárico), y en otros no hay otra característica distintiva (Feozem haplico). El horizonte superficial está bien desarrollado y estructurado.

La humedad no llega a ser excesiva, evitándose el arrastre y la pérdida de nutrimentos debido al drenaje, por lo que su potencial agrícola es alto. Se utilizan intensivamente para la producción de granos y hortalizas, en muchas ocasiones con el auxilio del riego. Sus usos dependen del relieve y tipo de suelo, llegando a tener altos rendimientos y en ganadería pueden tener rendimientos moderados.

Son suelos abundantes en México, muchos de estos son profundos y situados en terrenos planos se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres, u hortalizas con altos rendimientos. Otros menos profundos, o aquellos que se presentan en laderas y pendientes, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Sin embargo pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. Su uso depende del tipo de terreno y de la posibilidad de obtener agua. Su susceptibilidad a la erosión varía también en función de estas condiciones.

La asociación que presentan es con litosoles, regosoles, rendzinas y, menos frecuente, con vertisoles y fluvisoles. Los feozems son muy productivos cuando no tienen restricciones físicas o químicas.

En condiciones naturales, pueden ser susceptibles a la erosión según el relieve particular en que se presenten; sin embargo, la principal amenaza para este tipo de suelos deriva de las técnicas agrícolas intensivas: compactación por el uso de maquinaria pesada y el uso indiscriminado de agroquímicos.

### *Grupo Histosol (O)*

El término histosol deriva del vocablo griego "histos" que significa tejido, haciendo alusión a la presencia de tejidos vegetales reconocibles en estos suelos. El material original de estos suelos consta de material vegetal poco descompuesto mezclado con cantidades variables de material terroso. Aparecen fundamentalmente bajo un clima boreal en regiones árticas o subárticas. Además pueden encontrarse en cuencas pobremente drenadas y en depresiones de zonas pantanosas con un manto freático elevado, así como en valles de montaña con una elevada relación entre precipitación y evapotranspiración. El desarrollo del perfil deriva de la transformación de los restos vegetales con una tenue formación de sustancias húmicas, que crea una capa superficial con gran actividad fúngica. El material orgánico soluble no suele acumularse en las capas profundas sino lavado. El uso sostenible de estos suelos se limita al forestal o

de pastos. Manejados cuidadosamente puede usarse para cultivos intensivos y hortícolas con un rendimiento muy bueno, aunque se acelera las pérdidas por mineralización del material orgánico. Las profundas formaciones en zonas boreales es recomendable dejarlas vírgenes.

#### **Histosol éútrico (Oe)**

Presenta las características del grupo y en su forma éútrica presenta una alta saturación de bases en la totalidad del suelo comprendido entre 50 cm y un metro.

#### **Litosol (I)**

Suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Son suelos muy someros, menores de 10 cm de profundidad, sobreyacen directamente a la roca o a una fase dura, continua y coherente, y presentan bastantes afloramientos rocosos. Son de origen residual. De color grisáceo oscuro, con textura media y pH ligeramente alcalino; por lo general se asocian con regosoles, rendzinas y feozems. Por su escasa profundidad no se recomienda ningún tipo de uso para estos suelos, sólo dejarlos para la vida silvestre. Es un suelo que no presenta subunidades.

##### *Horizonte A1*

Profundidad 0-10 cm. Color pardo grisáceo muy oscuro. Separación de contraste abrupto y forma plana. Reacción fuerte al HCl diluido. Textura franca. Consistencia blanda en seco y friable en húmedo. Adhesividad y plasticidad ligeras. Gravas de tamaño fino y muy fino, de forma subangular, frecuentes, de naturaleza caliza y lutita. Guijarros de forma subangular, escasos, de naturaleza caliza y lutita.

Estructura granular. Porosidad en cantidad moderada y constitución finamente porosa. Raíces finas, muy finas y medias frecuentes. Drenaje interno: drenado. Denominación del horizonte: Ócrico. Roca consolidada. Profundidad de 10 cm en adelante.

Se localizan en mayor o menor proporción, en laderas, barrancas y malpaís, así como en lomeríos y en algunos terrenos planos.

Tiene características muy variables, pues pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. Se les encuentra asociados a las Rendzinas, Regosoles o Feozem.

#### *Grupo Luvisol (L)*

Son suelos que se encuentran en zonas templadas, aunque en ocasiones se ubican en climas más secos.

Son suelos de origen residual y coluvial derivados de roca caliza; debido a la mayor precipitación y temperatura en las áreas donde se localizan, estos factores han ejercido una influencia total en la disgregación de la roca, así como en la acumulación de materiales finos de arcilla y óxidos de hierro y manganeso, principalmente.

Presentan un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, pero son más fértiles y menos ácidos que éstos. Son frecuentemente rojos o claros, aunque también presentan tonos pardos o grises, que no llegan a ser muy oscuros.

La textura que presentan es fina (arcillosa), aunque en ocasiones es media; están limitados por una fase lítica a menos de 100 cm de profundidad, tienen color rojizo intenso (Luvisol crómico), alto contenido de materia orgánica y pH ácido, debido al constante lavado y pérdida de las bases del suelo debido a que el exceso de agua que fluye a través en forma de drenaje. Esta agua de drenaje arrastra minerales arcillosos y complejos organo-minerales que paulatinamente se van acumulando a cierta profundidad (horizonte b).

A pesar del exceso de drenaje poseen una reserva de nutrimentos relativamente alta (aunque la reserva no es tan alta como en los feozems, que también poseen horizonte b).

Naturalmente presentan vegetación de bosque o de selva. Se usan con fines agrícolas y de rendimientos moderados. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. El uso forestal de este suelo es muy importante y sus rendimientos sobresalientes.

Suelos con alta susceptibilidad a la erosión.

#### **Luvisol órtico (Lo)**

Presenta solo las características del grupo. Suelos que presentan una fertilidad moderada. Al ser alterada la vegetación que los cubre, son muy susceptibles a la erosión.

#### **Luvisol vértico (Lv)**

Presenta las características del grupo de los luvisoles y en su fase vértico son suelos que cuando están secos presentan grietas notables en alguna parte del subsuelo. Son de fertilidad moderada a alta. Al ser alterada la vegetación que los cubre, son muy susceptibles a la erosión.

#### *Grupo Planosol (W)*

Se presentan en climas semiráridos. Se caracterizan por presentar debajo de la capa más superficial, una capa delgada de material claro menos arcilloso que las capas que lo cubren y lo subyacen. Esta capa es infértil, ácida y las veces impiden el paso de las raíces. Debajo de la capa mencionada se presenta un subsuelo muy arcilloso e impermeable, o bien, roca o tepetate, también impermeables.

Asociados con frecuencia a los Vertisoles, descansan generalmente sobre tepetate, en ellos se presenta, debajo del horizonte más superficial, una delgada capa blanquizca, frecuentemente arenosa, que a su vez se encuentra sobre un horizonte impermeable y arcilloso. En suelos de este tipo que han sido sometidos a labranza con maquinaria es frecuente que la parte arenosa se haya mezclado con el resto de la capa arable y no se encuentre más. Su vegetación natural es pastizal.

Su uso puede ser para ganadería, con rendimientos moderados, tanto de bovinos, ovinos o caprinos. En la agricultura los rendimientos son muy variables. En función del tipo de la capa superficial, son muy susceptibles a la erosión.

#### **Planosol molico (Wm)**

Tienen una capa superficial fértil, oscura y rica en materia orgánica. Son los más fértiles. En función del tipo de la capa superficial, son muy susceptibles a la erosión.

#### **Regosol calcárico (Rc)**

Tiene las características generales ya descritas y en su fase calcárica muestra dos horizontes bien definidos.

##### Horizonte AC

Profundidad 0-20 cm. Color pardo rojizo en húmedo. Separación de contraste claro y forma plana. Reacción fuerte al HCl diluido. Textura de migajón arcilloso. Consistencia blanda en seco y friable en húmedo. Adhesividad y plasticidad fuertes.

Estructura en forma de bloques subangulares de tamaño medio y desarrollo moderado. Porosidad en cantidad moderada y constitución finamente porosa. Raíces muy finas y finas abundantes, raíces medias muy escasas. Drenaje interno: drenado. Denominación del horizonte: Ócrico.

##### Horizonte C

Profundidad 20-28 cm. Color pardo rojizo claro en húmedo. Separación de contraste claro y forma plana. Reacción fuerte al HCl diluido. Textura de migajón arcilloso. Consistencia blanda en seco y friable en húmedo. Adhesividad y plasticidad fuertes.

Estructura en forma de bloques angulares de tamaño fino y desarrollo débil. Porosidad en cantidad moderada y constitución finamente porosa. Raíces muy finas y finas escasas. Drenaje interno: moderadamente drenado.

Son suelos susceptibles a la erosión.

### *Grupo Regosol (R)*

Son suelos que se pueden encontrar en muy distintos climas. Se caracterizan por no presentar capas distintas. Son de origen residual y coluvio-aluvial a partir de material materno constituido por rocas riolita, caliza, lutita, lutitas-areniscas y, en menor proporción, aluvión. También se pueden formar a partir de rocas ígneas ácidas y básicas. Los que son de origen residual (in situ), es decir que se encuentran en el mismo sitio que el material del cual se derivan; otros son de origen aluvial, coluvial o eólico, en los cuales el material intemperizado que los constituye ha sido acarreado de otras zonas por medio del agua, la gravedad y el viento, respectivamente.

Tienen poco desarrollo y colores claros amarillentos, pardo amarillento y pardo rojizo, muy semejantes a la roca de la cual se formaron; su pH es ligeramente alcalino, la textura que domina es de media a fina. Por lo general son poco profundos, con menos de 50 cm, pues presentan fase lítica la mayoría de ellos; en pequeñas áreas tienen cementación de caliche o yeso; se parecen bastante a las rocas que los subyacen, cuando no son profundos. Se encuentran en playas o dunas, y en laderas de las sierras, muchas veces acompañados de litosoles y de afloramientos de rocas o tepetate.

Suelos profundos, bien drenados que se forman a partir de materiales no consolidados. Las características que los diferencian de otros suelos aún no se desarrollan y pueden convertirse, al paso del tiempo, en otros tipos de suelo. Son muy pobres en materia orgánica, sus texturas van de arena a migajón arenoso y su capacidad de intercambio catiónico total (CICT) es baja o muy baja (de 3 a 12 meq/100 g). Son ligeramente ácidos.

El aprovechamiento agrícola en este tipo de suelos es muy limitado y condicionado a la profundidad y al hecho de que no presenten pedregosidad, pero su conservación muchas veces redundará en una eficiente recarga de acuíferos. En zonas costeras se usan para el cultivo de cocoteros, sandía, entre otros frutales, con buenos rendimientos. Su uso pecuario es de resultados variables, en función de la vegetación que se exista. Se encuentran asociados con rendzinas, litosoles y, menos frecuente, con feozems y vertisoles.

Son suelos susceptibles a la erosión.

### **Regosol dístico (Rd)**

Tiene una saturación en bases menor del 50 % en alguna parte situada entre 20 y 100 cm. Son suelos susceptibles a la erosión.

### **Regosol éútrico (Re)**

Presentan las características del grupo de los regosol y en su fase éútrico, son suelos ligeramente ácidos a alcalinos; son suelos de rico a muy ricos en nutrientes y muy fértiles. Son suelos susceptibles a la erosión.

### **Solonchak gleyico (Zg)**

Se localizan de forma dominante en las marismas y esteros; su propiedad más relevante es el elevado contenido de sales, con una conductividad eléctrica del extracto de saturación mayor de 16 mmhos/cm; debido al medio anaeróbico en que se desarrollan (continuo exceso de agua), presentan hidromorfismo, manifestado por cierta reducción del hierro y la formación de un patrón de moteaduras o manchas al quedar en contacto con el aire; poseen además un porcentaje de saturación de sodio mayor de 15 (fase sódica)

### **Solonchak mólico (Zmo)**

Horizonte mólico Descripción general: El horizonte mólico (del latín mollis, blando) es un horizonte superficial grueso, bien estructurado, oscuro, con alta saturación con bases y moderado a alto contenido de materia orgánica.

Criterios de diagnóstico.- Un horizonte mólico, después de mezclar los primeros 20 cm del suelo mineral o, si hay presente roca continua, un horizonte crítico, petrocálcico, petroútrico, petrogipsico o petroplíntico dentro de los 20 cm de la superficie del suelo mineral, todo el suelo mineral por encima, tiene:

1. una estructura del suelo suficientemente fuerte como para que el horizonte no sea a la vez masivo y duro o muy duro en seco tanto en la parte mezclada como en la subyacente no mezclada si el espesor mínimo es más de 20 cm (prismas

de más de 30 cm de diámetro se incluyen en el significado de masivo si no hay estructura secundaria dentro de los prismas);

2. colores Munsell con croma de 3 o menos en húmedo, un valor de 3 o menos en húmedo y 5 o menos en seco en muestras rotas tanto en la parte mezclada como en la no mezclada si el espesor mínimo es más de 20 cm. Si hay 40 por ciento o más de calcáreo finamente dividido, se omiten los límites del valor en seco; el valor, húmedo, es 5 o menos. El valor es una unidad o más oscuro que el material parental (ambos húmedo y seco), a menos que el material parental tenga un valor de 4 o menos, húmedo, en cuyo caso se omite el requerimiento de contraste de color. Si el material parental no está presente, la comparación debe hacerse con la capa inmediatamente subyacente al horizonte superficial;

3. un contenido de carbono orgánico de 0.6 por ciento o más tanto en la parte mezclada como en la parte subyacente no mezclada si el espesor mínimo es mayor de 20 cm. El contenido de carbono orgánico es 2.5 por ciento o más si los requerimientos de color son omitidos por calcáreo finamente dividido, o 0.6 por ciento más que en el material parental si los requerimientos de color se omiten debido a materiales parentales de color oscuro;

4. una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M ) de 50 por ciento o más en promedio ponderado en todo el espesor del horizonte;

5. un espesor de uno de los siguientes: a. 10 cm o más si está directamente por encima de roca continua o un horizonte crítico, petrocálcico, petrodúrico, petrogipsico o petroplíntico; o b. 20 cm o más y un tercio o más del espesor entre la superficie del suelo mineral y el límite superior de roca continua, o un horizonte cálcico, crítico, gipsico, petrocálcico, petrodúrico, petrogipsico, petroplíntico o sálico horizon o material calcárico, flúvico ogipsírico dentro de los 75 cm; o c. 20 cm o más y un tercio o más del espesor entre la superficie del suelo mineral y el límite inferior del horizonte de diagnóstico más profundo dentro de los 75 cm y, si hay alguno, por encima de cualquiera de los horizontes o materiales de diagnóstico listados en b.; o d. 25 cm o más.

Son de susceptibilidad baja a la erosión.

### **Solonchak órtico (Zor)**

Son suelos que se presentan en diversos climas, en zonas en donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las zonas secas del país. Se caracterizan por presentar un alto contenido de sales en alguna parte del suelo, o en todo él. Su vegetación, cuando la hay, está formada por pastizales o por algunas plantas que toleran el exceso de sal. Su uso agrícola se halla limitado a cultivos muy resistentes a las sales. En algunos casos es posible eliminar o disminuir su concentración de salitre por medio del lavado, lo cual los habilita para la agricultura. Su uso pecuario depende de la vegetación que sostenga, pero de cualquier forma, sus rendimientos son bajos. Algunos de estos suelos se utilizan como salinas.

#### **Horizonte órtico**

Descripción general: Un horizonte órtico (del latín hortus, jardín) es un horizonte mineral superficial inducido por el hombre que resulta de labranza profunda, fertilización intensiva y/o aplicación continua y prolongada de residuos humanos y animales y otros residuos orgánicos (e.g. abonos, desechos culinarios y heces humanas).

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte órtico es un horizonte superficial mineral y tiene:

1. un valor Munsell y croma (húmedo) de 3 o menos; y
2. un contenido medio ponderado de carbono orgánico de 1 por ciento o más; y
3. un contenido de  $\text{P}_2\text{O}_5$  extractable en  $\text{NaHCO}_3$  0.5 M de 100 mg  $\text{kg}^{-1}$  tierra fina o más en los primeros 25 cm. Y
4. una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M) de 50 por ciento o más; y
5. 25 por ciento (en volumen) o más de poros de fauna, coprolitos u otras trazas de actividad de fauna del suelo; y
6. un espesor de 20 cm o más.

Son de susceptibilidad baja a la erosión.

### **Vertisol crómico (Vc)**

Son suelos que se presentan en climas templados y cálidos y en climas semisecos, en zonas en las que hay una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural de estos suelos va desde las selvas bajas hasta los pastizales y matorrales de los climas semisecos. Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía. Son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises en las zonas del centro y oriente

de México y cafés rojizos en el norte. Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. A veces son salinos. Su utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva. Son casi siempre muy fértiles pero presentan ciertos problemas para su manejo, ya que su dureza dificulta la labranza y con frecuencia presentan problemas de inundación y drenaje. Estos son los suelos en donde se produce la mayor cantidad de la caña de azúcar, así como del arroz y del sorgo, todos ellos con buenos rendimientos. En el norte del país se usan para la agricultura de riego, básicamente de algodón y granos, con rendimientos buenos. Para la utilización pecuaria, cuando presentan pastizales, son también suelos muy adecuados sobre todo en el norte y noreste de México. El Vertisol crómico, además de las características generales ya descritas, son suelos que se caracterizan por su color pardo o rojizo.

Baja susceptibilidad a la erosión.

### Vertisol pélico (Vp)

Suelo de color negro a gris oscuro, que se caracteriza por presentar grietas anchas y profundas en la época de sequía. Son suelos muy arcillosos y su utilización en agricultura es muy extensa, variada y productiva. Presentan contenidos muy altos (mayores generalmente al 40%) de arcilla, materia orgánica y nutrientes. En laderas suaves y lomeríos, estos suelos se presentan con alta pedregosidad (guijarros y piedras redondeadas de basalto) o sobre tepetates amarillentos o rojizos, probablemente producto de erupciones volcánicas y depósitos lacustres antiguos. Estos suelos son en general fértiles, pero presentan ciertos problemas para su manejo, ya que su dureza dificulta la labranza y con frecuencia presentan problemas de anegamiento por mal drenaje.

Presenta una baja susceptibilidad a la erosión.

Tomando como punto de partida la tabla anterior, dentro del SAR se pueden observar los 15 subtipos en el suelo principal que se resumen en la siguiente tabla en donde se incluyen los suelos primarios, secundario y terciarios, así como clase textural, fase física y fase química, remarcando la fila que muestra la información para la poligonal del Proyecto sombreado en color gris.

Tabla IV.26 Tipo de suelos en el SAR, el AIP y el Proyecto.

Clave	Suelo 1°	Suelo 2°	Suelo 3°	Clase Textural	Fase Física	Fase Química
Be+I+Re/1/D	Cambisol eútrico	Litosol	Regosol eútrico	Gruesa	Dúrica	
Be+Lc+Hh/2	Cambisol eútrico	Luvisol crómico	Feozem háplico	Media	Lítica	
Be+Lc+Hh/2/L	Cambisol eútrico	Luvisol crómico	Feozem háplico	Media	Lítica	
Be+Rd/2	Cambisol eútrico	Regosol dístico		Media		
Be+Tm+I/2	Cambisol eútrico	Andosol mólico	Litosol	Media		
Bh+Rd/2	Cambisol húmico	Regosol dístico		Media		
Hc+E+Vp/2/D	Feozem calárico	Rendzina	Vertisol pélico	Media	Dúrica	
Hc+Vp/2	Feozem calárico	Vertisol pélico		Media		
Hh/2	Feozem háplico			Media		
Hh/2/L	Feozem háplico			Media	Lítica	
Hh+Be/2/L	Feozem háplico	Cambisol eútrico		Media	Lítica	
Hh+Be+I/2/D	Feozem háplico	Cambisol eútrico	Litosol	Media	Dúrica	
Hh+Be+Vp/2/D	Feozem háplico	Cambisol eútrico	Vertisol pélico	Media	Dúrica	
Hh+Hg+Zm/2/n	Feozem háplico	Feozem gléyico	Solonchak mólico	Media		Sódica
Hh+Hl+Vp/2/D	Feozem háplico	Feozem Lúvico	Vertisol pélico	Media	Dúrica	
Hh+I/2/D	Feozem háplico	Litosol		Media	Dúrica	
Hh+I/2/L	Feozem háplico	Litosol		Media	Lítica	
Hh+I+Hc/2/L	Feozem háplico	Litosol	Feozem calcárico	Media	Lítica	
Hh+I+Tm/2/L	Feozem háplico	Litosol	Andosol mólico	Media	Lítica	
Hh+Lc+I/2/D	Feozem háplico	Luvisol crómico	Litosol	Media	Dúrica	
Hh+Rc+I/2/D	Feozem háplico	Regosol calcárico	Litosol	Media	Dúrica	
Hh+Re/2/D	Feozem háplico	Regosol eútrico		Media	Dúrica	
Hh+Re/2/P	Feozem háplico	Regosol eútrico		Media	Pedregosa	
Hh+Re+I/2/D	Feozem háplico	Regosol eútrico	Litosol	Media	Dúrica	
Hh+Re+I/2/L	Feozem háplico	Regosol eútrico	Litosol	Media	Lítica	
Hh+Re+Rc/2/D	Feozem háplico	Regosol eútrico	Regosol calcárico	Media	Dúrica	
Hh+To/2	Feozem háplico	Andosol ócrico		Media		
Hh+Vp/2	Feozem háplico	Vertisol pélico		Media		

Clave	Suelo 1°	Suelo 2°	Suelo 3°	Clase Textural	Fase Física	Fase Química
Hh+Vp/2/D	Feozem háplico	Vertisol pélico		Media	Dúrica	
Hh+Vp/3/D	Feozem háplico	Vertisol pélico		Fina	Dúrica	
Hh+Vp+Be/2/L	Feozem háplico	Vertisol pélico	Cambisol eútrico	Media	Lítica	
Hh+Vp+Hc/3/D	Feozem háplico	Vertisol pélico	Feozem calcárico	Fina	Dúrica	
Hh+Vp+I/2/D	Feozem háplico	Vertisol pélico	Litosol	Media	Dúrica	
Hh+Vp+Re/2/L	Feozem háplico	Vertisol pélico	Regosol eútrico	Media	Lítica	
Hh+Vp+Re/3/L	Feozem háplico	Vertisol pélico	Regosol eútrico	Fina	Lítica	
Hh+Wh/3/D	Feozem háplico	Planosol húmico		Fina	Dúrica	
Hh+Zg/2/n	Feozem háplico	Solonchak gléyico		Media		Sódica
HI+Hh+I/2	Feozem lúvico	Feozem háplico		Media		
HI+Tm/2	Feozem lúvico	Andosol mólico		Media		
I+Hh/2	Litosol	Feozem háplico		Media		
Lc+Bc/2/L	Luvisol crómico	Cambisol crómico		Media	Lítica	
Lc+Hh/3	Luvisol crómico	Feozem háplico		Fina		
Lc+To+I/2	Luvisol crómico	Andosol ócrico	Litosol	Media		
Lo+Be/2	Luvisol órtico	Cambisol eútrico		Media		
Rd+I+Tm/1/L	Regosol dístrico	Litosol	Andosol mólico	Gruesa	Lítica	
Re/2/L	Regosol eútrico			Media	Lítica	
Re+Be+Hh/2/D	Regosol eútrico	Cambisol eútrico		Media	Dúrica	
Re+Hh+I/2/L	Regosol eútrico	Feozem háplico	Litosol	Media	Lítica	
Re+To+Tm/1	Regosol eútrico	Andosol ócrico	Andosol mólico	Gruesa		
Th+I+Tm/2/L	Andosol húmico	Litosol	Andosol mólico	Media	Lítica	
Th+To/2	Andosol húmico	Andosol ócrico		Media		
Tm+Th/2/L	Andosol mólico	Andosol húmico		Media	Lítica	
To+Rc/2	Andosol ócrico	Regosol calcárico		Media		
Vp+Hc/3/L	Vertisol pélico	Feozem calcárico		Fina	Lítica	
Vp+Hh/3	Vertisol pélico	Feozem háplico		Fina		
Vp+Hh+I/3/P	Vertisol pélico	Feozem háplico	Litosol	Fina	Pedregosa	
Vp+Vc+Zg/3	Vertisol pélico	Vertisol crómico	Solonchak gléyico	Fina		
<b>Zg+Zm/3/n *</b>	<b>Solonchak gléyico</b>	<b>Solonchak mólico</b>		<b>Fina</b>		<b>Sódica</b>

\* Poligonal del Proyecto

El sitio de Proyecto, al encontrarse en la zona lacustre, presenta un perfil estratigráfico que fue estudiado a través de una gran cantidad de sondeos realizados a diferentes profundidades, Marsal y Mazari (1959), en donde se concluyó que el perfil de la zona lacustre se puede considerar típico, en este se identifican seis zonas, las cuales se describen en orden ascendente de 40 m de profundidad a la superficie del terreno.

**Zona 1:** Arenas con grava (40-38 m).

Debido a la abundancia de fragmentos de roca volcánica en esta zona, los minerales predominantes son feldepató (50%) y hornblenda (24%). Es notoria la ausencia de calcita y materia orgánica. Granulométricamente esta zona está constituida por arena con grava con una matriz de limo, las partículas mayores alcanzan un tamaño de hasta 1.5 cm. En comparación con el resto de la columna estratigráfica, esta zona es de granulometría gruesa. El contenido de agua no supera el 25%, la resistencia a la compresión no confinada  $q_c$  es de 40 kg/cm<sup>2</sup> y la velocidad de propagación de ondas de corte  $V_s$  es de 110 m/s.

**Zona 2:** Arenas con grava y arenas limosas (38-36 m).

En esta zona los feldespatos tienen una relación inversa con la hornblenda. La cristobalita se incrementa rápidamente hasta 42%, sin embargo la calcita y MO tienen cantidades despreciables. Los minerales de arcilla no varían apreciablemente (7%), el CIC exhibe su valor más bajo (20 mequiv./100 g). Granulométricamente la zona se caracteriza por una rápida transición de sedimentos gruesos a una textura de arenas limosas. El contenido de agua tiene un valor promedio de 100%, con un  $q_c = 40$  kg/cm<sup>2</sup> y una  $V_s$  de 100 m/s. Esta zona presenta un decrecimiento del pH de 8 a 6.3.

La descripción anterior se interpreta como representativa de una condición subaérea, donde la energía del agente de transporte removió los minerales ligeros, tales como la plagioclasa y pómez. En esta zona no se encontraron valvas de ostrácodos. El valor despreciable de MO y el bajo valor del CIC reflejan la baja concentración de minerales de arcilla y material amorfo. En la parte superior de esta zona se encontró un material de color blanco de grano muy fino, que sugiere un evento piroclástico.

**Zona 3:** limo arcillosos con arena (36 - 30 m).

Los minerales predominantes en esta zona son cristobalita y feldespato. La hornblenda es escasa, y la calcita empieza a aparecer hacia la parte superior de la zona.

En la parte inferior de la zona, se infiere la existencia de dos paleosuelos, debido a la presencia de raíces, lo cual se refleja en los valores de MO. Granulométricamente, esta zona se clasifica como limo arcilloso con poca arena (excepcionalmente el contenido de arena alcanza un 50%). El valor del  $q_c$  varía de 15 a 22 kg/cm<sup>2</sup> y una Vs de 75 m/s.; el pH varía entre 4 y 6.2. Esta zona se interpreta como una transición entre condiciones de depósito subaéreas y condiciones incipientes de depósito lacustre.

**Zona 4:** limo arcillosos o arcilla limosas (30-7 m).

Esta es la zona más importante desde el punto de vista de la geotecnia, principalmente debido a su alta compresibilidad ( $m_v = 0.1$  kg/cm<sup>2</sup>). La calcita alcanza su máximo valor (32%) a la profundidad de 27 m. Granulométricamente esta zona se clasifica como limo arcilloso o arcilla limosa, con poca arena. Se tienen varias lentes de arena interestratificadas, los horizontes S2 y S3 son los más importantes. El contenido de agua se incrementa con el decrecimiento de la profundidad, con un valor de aproximadamente 220% a 30 m y alcanzado un máximo de 420% a 7 m. Los promedios de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad son 338, 80 y 308%, respectivamente. El  $q_c$  presenta un comportamiento aproximadamente lineal con la profundidad, y la Vs es casi constante con la profundidad, con un promedio de 81 m/s.

Además de la esmectita, se identificó un mineral multicapa (MC), el cual fue caracterizado como cloritaesmectita. La presencia de minerales MC, identificados por DRX, implica un ambiente rico en montmorillonita en el cual la neoformación y asociación con capas de clorita puede ser un producto de la alteración de los minerales ferromagnesianos. La zona 4 representa un lapso en el cual las condiciones lacustres se establecieron claramente, esto apoyado por la evidente proliferación de diatomeas y ostrácodos en los sedimentos.

**Zona 5:** limo arcilloso con arena (7-3 m).

En la base de esta zona se encuentra un horizonte de arena S4, el cual presenta el mayor contenido de arena (85%) de todo el perfil. Los minerales identificados son hornblenda, feldespato y cristobalita en concentraciones similares a la parte superior de la zona 4. La calcita y MO muestra un decrecimiento, en tanto que los minerales de arcilla incrementan su concentración de 1 a 14%. El CIC decrece logrando un valor estable entre 40 y 50 mequiv/100 g. La granulometría de esta zona corresponde a una arena, con variaciones a limo arenoso y limo arcilloso. El valor del  $q_c$  es de aproximadamente 24 kg/cm<sup>2</sup>, el contenido de agua exhibe una tendencia a decrecer.

**Zona 6:** relleno artificial (3-0 m).

Esta zona 6 es un relleno artificial, producto de la actividad humana.

Existen estudios sobre la zona del Proyecto como es el realizado por la CONAGUA y el Instituto de Geología de la UNAM y se refiere al Proyecto de recarga artificial del acuífero Texcoco, en este se realizaron una serie de estudios al suelo y subsuelo, entre ellos se tiene el siguiente resultado sobre la litoestratigrafía local.

Se interpreta una secuencia de catorce estratos de diferentes materiales, estos desde el punto de vista sedimentológico, la mayor homogeneidad se presenta en una amplia superficie que comprende los lados oeste, sureste y noroeste del Lago Nabor Carillo y a partir de este del Ex-Lago, en donde se interpreta la existencia de una secuencia homogénea de seis estratos de sedimentos finos alternados de arcilla, limo arena fina y caliza lacustre y se interdigitan con tobas, brecha y lavas, que lateralmente cambian a conglomerado, concluyen que en la zona central de ciudad de México el material lacustre es una mezcla de minerales cristalinos, material amorfo y microorganismos. plagioclasas, hornblendas, hyperstena, vidrio, líticos volcánicos y materia orgánica; los segundos son; valvas de ostrácodos, conchas de gasterópodos, de diatomeas, ollitas y materia orgánica; arcillas illita, monmorilonita y esmectita.



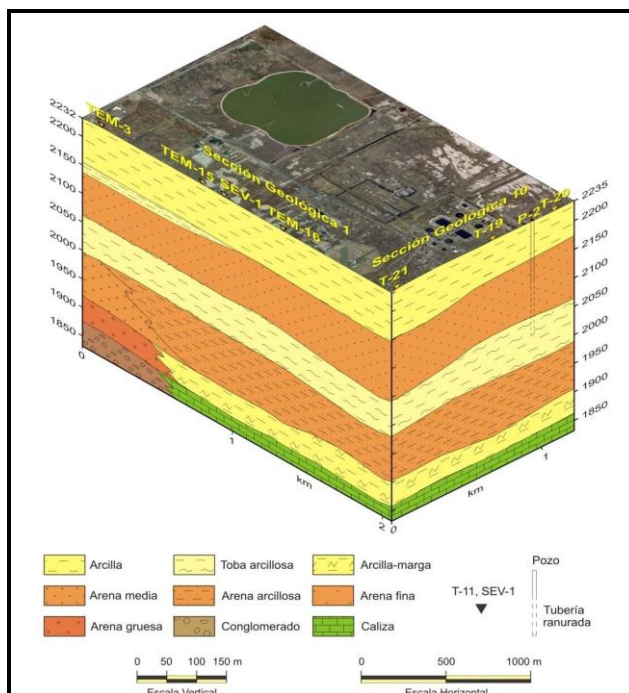


Figura IV.35 Litoestratigrafía local de la zona federal del Ex-Lago de Texcoco.


Dentro del Proyecto el tipo de suelo presente es Solonchak gléyico sus características se describen a continuación:

Solonchak gléyico (Zg): Son suelos que tienen alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Están ampliamente confinados a zonas climáticas áridas y semiáridas y regiones costeras en todos los climas. En la zona se caracteriza por su alto contenido de salitre en algunas muestras tomadas en los puntos de verificación se registraron valores de pH de entre 10.5 y 11, tiene una capa en donde se estanca el agua. La textura de este suelo es fina por lo que presenta problemas en la labor agrícola, en el drenaje y por tanto se inundan.

Dentro del Proyecto se realizaron perfiles de suelo con el fin de realizar una mejor evaluación de la calidad y el tipo de suelos presentes con los datos obtenidos en campo, se procedió a la clasificación de las unidades de suelo muestreadas, basándose en la clasificación vigente (FAO, 2006).

Las propiedades de estos horizontes edáficos fueron evaluadas en base al "Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo" (Siebe, 1996).

Tabla IV.27 Perfil de suelo 1 del Proyecto.

Perfil 1			
Coordenadas		X: 501999	Y: 2161438
Uso de suelo y vegetación: agrícola		Pendiente: 2°	Paisaje: llanura lacustre
Detalle del perfil: Solonchak	Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
	Ahz	0-3	Textura franco arcillo limosa, sin pedregosidad, color en húmedo 10YR 3/2, pH 8, contenido muy bajo de materia orgánica, horizonte muy seco, contenido de carbonatos medio, estructura subangular en bloques de tamaño medio y grado moderado, estabilidad de agregados alta; pocos microporos, exped, vesiculares; densidad aparente baja y densidad de raíces mediana.
	ABz1	3-15	Textura franco arenosa, sin pedregosidad, color en húmedo 10YR 3/4, pH 8, sin materia orgánica, horizonte muy seco, contenido de carbonatos medio, estructura subangular en bloques de tamaño medio y grado moderado, estabilidad de agregados muy baja media; pocos microporos, inped, vesiculares; densidad aparente media y densidad de raíces nula.
	Bz	15-45	Textura franco arenosa, sin pedregosidad, color en húmedo 7.5YR 3/3, pH 8.5, sin materia orgánica, horizonte muy seco, contenido de carbonatos medio, estructura granular de tamaño medio y grado débil, estabilidad de agregados muy baja; pocos poros muy finos vesiculares; densidad aparente media y densidad de raíces muy baja.
	Bz1	45-60	Textura franco limosa gruesa, sin pedregosidad, color en húmedo 10YR 3/6, pH 9, contenido nulo de materia orgánica, horizonte muy seco, contenido de carbonatos medio, estructura subangular en bloques de tamaño medio y grado débil, estabilidad de agregados muy baja; pocos poros finos inped y vesiculares; densidad aparente alta y densidad de raíces muy baja.
	Bz2	60-96	Textura franco arcillosa, sin pedregosidad, color en húmedo 7.5YR 4/3, pH 9, contenido nulo de materia orgánica, horizonte muy seco, contenido de carbonatos bajo, estructura subangular en bloques de tamaño grueso y grado fuerte, estabilidad de agregados alta; pocos poros finos y micro inped y vesiculares; densidad aparente alta y densidad de raíces nula.
	Bz3	96-115	Textura franco arenosa, sin pedregosidad, color en húmedo 10 YR 3/3, pH 9, contenido nulo de materia orgánica, horizonte muy seco, contenido de carbonatos medio, estructura subangular en bloques de tamaño medio y fino grado moderado, estabilidad de agregados alta; pocos poros finos y medianos exped y vesiculares; densidad aparente alta y densidad de raíces nula.

Por las características edafológicas antes mencionadas, se puede observar que el tipo de suelo del predio del Proyecto no es apta para la agricultura ni la ganadería y sólo pueden establecerse algunos tipos de pastos resistentes a las sales carbonatadas, pH de 9 a 11 y bajo condiciones de inundación semipermanente. También que son suelos fácilmente erosionables por la acción eólica.

Esta condición natural del suelo hizo que históricamente no existiera una masa vegetal uniforme que cubriera al suelo e impidiera su constante erosión, lo que provocaba las tolvaneras que cubrían a la ciudad de México hasta los años 70s el surgimiento del Plan Texcoco fue el establecimiento de flora no nativa bajo condiciones de cultivo (plantación de especies resistentes a sales carbonatadas, ciclos constantes de plantación-reposición de individuos muertos, riego, etc) con la finalidad de lograr una cubierta vegetal que impidiera la dispersión del suelo hacia la ciudad de México.

La poligonal del Proyecto nunca fue apta como área de inundación ni para la regulación de las avenidas de los ríos que confluyen hacia la zona, ya que los afluentes no aportan el caudal suficiente como para mantener una lámina de agua que cubra el suelo e impidiera su erosión de tipo eólico.

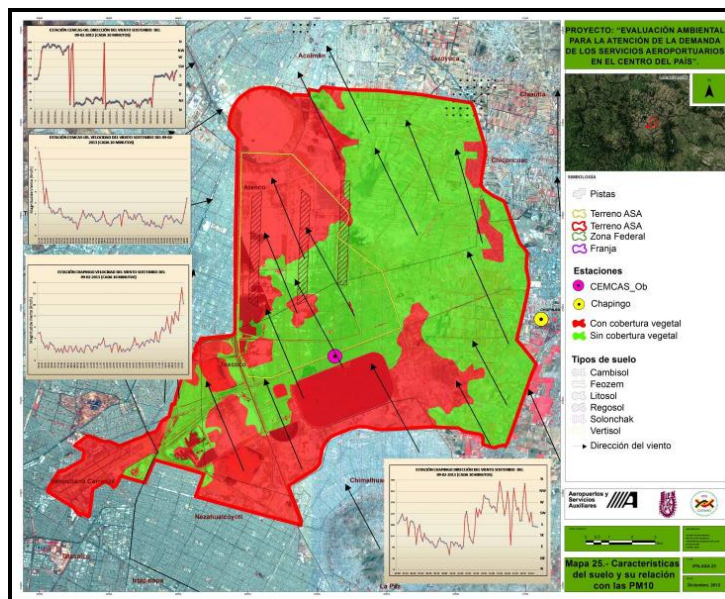
Bajo condiciones naturales, el suelo del predio estaría desprovisto de vegetación y sería objeto de erosión y fuente de material particulado por acción del viento. Actualmente es un área de pastizal halófilo cuya finalidad es evitar la erosión del suelo y la generación de material particulado.

Con la presencia del Proyecto y la implantación de su infraestructura (pistas, edificios, calles y áreas verdes, para presentarlo en forma extremadamente simplificada) se mantendrá la condición final que dio origen al Plan Texcoco hace 40 años: evitar la erosión del suelo y la generación de material particulado hacia la ciudad de México.

#### IV.3.6.1 Erosión del suelo sin proyecto

Los suelos donde se pretende llevar a cabo el Proyecto bajo evaluación y que son parte del Ex-Lago de Texcoco (desde su desecación) han planteado serios problemas de erosión eólica que afecta a la calidad del aire en la ciudad de México. Estudios reportados en la literatura científica internacional, han demostrado a través del Modelo Químico y Climático de Multiescala acoplado al Sistema de Predicción de Erosión del Viento (MCCM WEPS por sus siglas en inglés) que los suelos del Ex-Lago de Texcoco experimentan un intenso transporte, producto de la acción del campo de viento, llegando a representar el 80 % del total de los materiales estudiados en las tres campañas de medición en campo (marzo 2006, enero, abril y noviembre de 2008) realizadas en uno de los más ambiciosos y exitosos experimentos atmosféricos realizados en el mundo Megacities Interactive: Local and Global Research Observations (MILAGRO) llevado a cabo por la MCE2 con sede en la ciudad de México y en especial tomando como estudio de campo el Ex-Lago de Texcoco.

El estudio antes mencionado destaca en sus conclusiones que las tres principales fuentes de erosión eólica de la fracción de material particulado menor a 10 micras (PM10) identificadas por el Modelo MCCM WEPS para los episodios estudiados de marzo 2006, abril y noviembre de 2008 fueron los suelos del Ex-Lago de Texcoco y las tierras dedicadas a la agricultura localizadas en el sureste y este del Valle de México, mientras que para el episodio estudiado en enero de 2008 solo los suelos del Ex-Lago de Texcoco fueron la principal fuente de origen, como se muestra en el siguiente mapa.



Para el episodio estudiado en abril del 2008 se explicó la más alta concentración de PM10 en la estación de San Agustín identificando a las emisiones del Ex-Lago de Texcoco nuevamente y a las tierras agrícolas de Chalco. Cabe mencionar que el extraordinario evento de marzo de 2006 en donde se rebasaron  $1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y que coincide con

diferentes experimentos también relacionados (publicados en la literatura científica) a la campaña MILAGRO; confirman y amplían los resultados aquí obtenidos, como es el caso del trabajo de Querol et al., 2008 y Fast et al., 2007, en donde se lleva a cabo la especiación y determinación de las fuentes de origen del material particulado en la ciudad de México y las composiciones de materiales corticales relacionados a minerales silicatos de hierro, magnesio y potasio (con inclusiones de calcio).

Sí bien ha quedado demostrado de forma científica la contribución de los suelos a los procesos erosivos ocasionados por el viento en la ciudad de México provenientes del Ex-Lago de Texcoco y de las tierras agrícolas del sur y sureste del Valle de México, también en la literatura científica se da testimonio de diferentes acciones llevadas a cabo en el pasado para mitigar sendos procesos naturales de exacerbación antropogénica; tal es el caso de la medidas tomadas para reducir las tolvaneras en los años sesentas, en donde se incluyó el recubrimiento parcial del Ex-Lago de Texcoco con la construcción de un vaso denominado Lago Nabor Carrillo y la plantación de vegetación resiliente adaptada a las condiciones de suelo y clima. Dichas medidas contribuyeron grandemente a la disminución de las tolvaneras o tormentas de polvo.

Por último y en relación al Proyecto bajo evaluación, Díaz-Nigenda et al., 2010, presentó los resultados de las modelaciones realizadas para las diferentes condiciones del campo de viento que se presentaron en la realización de los experimentos de campo, encontrando que para todos los eventos las principales afectaciones de las tormentas de polvo fueron en la sección correspondiente a la poligonal del Proyecto, lo cual implica una acción parcial de cubrimiento del Ex-Lago de Texcoco, que permita la construcción de las pistas e infraestructura portuaria y de vegetación, con lo cual se estaría mitigando con doble función la intensidad de los años sesentas.

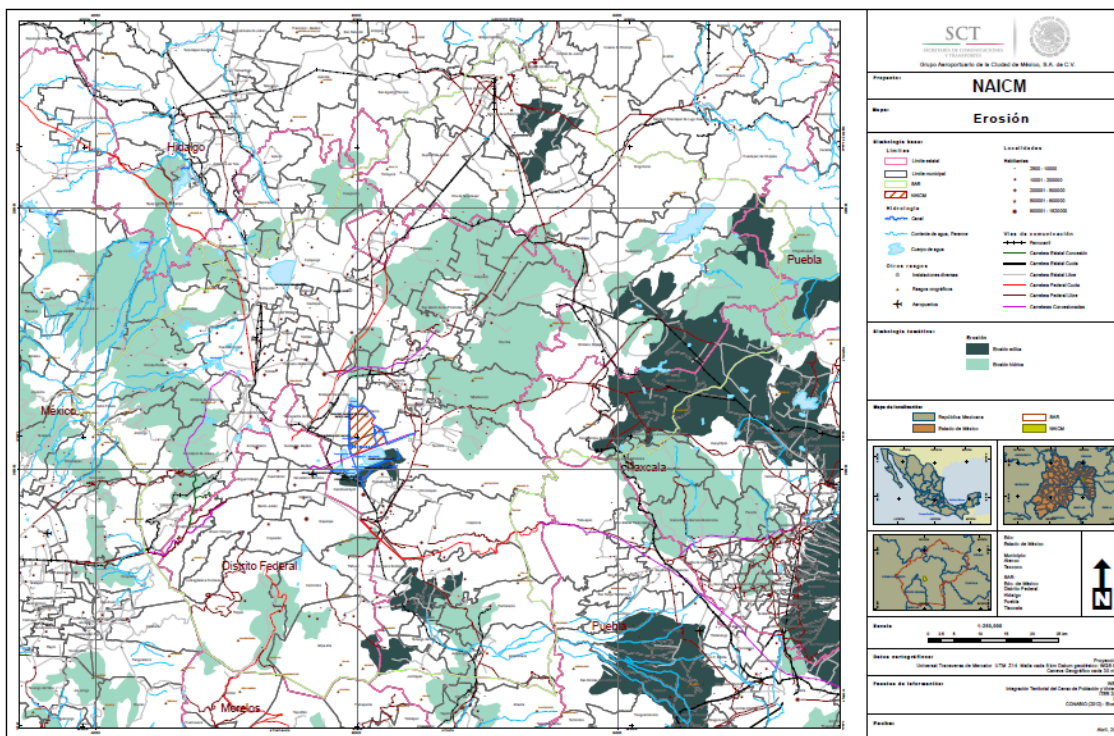
Como ya se indicó anteriormente existen unidades edafológicas que pueden ser susceptibles a la erosión en función del manejo, su cobertura vegetal y los procesos erosivos que predominan en el SAR, el AIP y el Proyecto, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV.28 Tipos de erosión presentes en el SAR, el AIP y el Proyecto.

Tipo de erosión	SAR y AIP (ha)	Proyecto (ha)
Eólica	70,826.31	-----
Hídrica	206,972.99	-----

En la tabla anterior se observa que la poligonal del Proyecto se mantiene libre de erosión.

La distribución anterior se observa en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.11 Erosión.



Mapa IV.13 Distribución de la erosión en los suelos del SAR, el AIP y el Proyecto.

En la erosión se reconocen dos procesos: 1) el que implica el desplazamiento del material del suelo, que tiene como agente causal a la erosión hídrica y la eólica y 2) el que se refleja en un detrimento de la calidad del suelo, tal como la degradación química y la biológica.

La degradación química del suelo está muy asociada a la intensificación de la agricultura en los últimos años. En prácticamente todos los suelos del país que muestran degradación química ésta se debe a la reducción de su fertilidad por pérdida de nutrientes. Otros procesos que llevan a la degradación química son la contaminación y la salinización. La primera, en muchos casos, es debida a la presencia de sustancias extrañas en el suelo provenientes de tiraderos de basura, derrames, residuos industriales y deposición de compuestos acidificantes. La acumulación de sales en el suelo se presenta principalmente en las zonas áridas, las cuencas cerradas y las costas que tienen suelos naturalmente salinos. El riego, ya sea que utilice agua de mantos acuíferos o aguas tratadas, puede agravar la salinidad cuando tiene concentraciones altas de elementos como el sodio. También un riego excesivo puede elevar el manto freático, formando salitre en la superficie. Los terrenos con drenaje deficiente y/o alta evaporación son particularmente susceptibles a este problema. La salinización puede convertirse en un problema severo, ya que la mayoría de las plantas reducen su desempeño en suelos salinos, lo que abate los rendimientos de las cosechas.

La degradación física se refiere principalmente a la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua. Esto ocurre cuando el suelo se compacta (por ejemplo, por el tránsito de vehículos o animales), se endurece (encostramiento) o es recubierto (urbanización) y es un proceso prácticamente irreversible. La superficie afectada deriva en la pérdida de la función productiva de los terrenos.

En la siguiente tabla se resume el origen del tipo de degradación del suelo ya descrito.

Tabla IV.29 Origen de los tipos de afectación del suelo.

Degradación Química (Q)	Degradación Física (F)
Declinación de la fertilidad	Compactación
Contaminación	Encostramiento
Salinización / Alcalinización	Anegamientos
Acidificación	Pérdida de la función productiva

Degradación Química (Q)	Degradación Física (F)
Eutroficación	Hundimiento de suelos
	Disponibilidad de agua

#### IV.3.6.2 Suceptibilidad a la erosión hídrica actual del predio sin proyecto

Es una compleja propiedad que se entiende como la facilidad con la cual el suelo es desprendido por el salpicamiento, durante una lluvia o por flujo superficial. Esta propiedad del suelo está relacionada al efecto integrado de la lluvia, escurrimiento e infiltración. Los suelos generalmente llegan a ser menos erosivos con una reducción en la fracción de limo a pesar del correspondiente incremento de la fracción de arcilla o arena.

Para estimar la erosión de los suelos se ha utilizado la Ecuación Universal de Perdida de Suelos (EUPS), la cual se desarrolla de la siguiente forma.

$$E = R K L S C P$$

Dónde:

**E**= Erosión del suelo t/ha año.

**R**= Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm /hr.

**K**= Erosionalidad del suelo

**LS**= Longitud y grado de pendiente.

**C**= Factor de Vegetación.

**P**=Factor de prácticas mecánicas.

#### EROSIVIDAD (R)

Es el potencial erosivo de la lluvia que afecta el proceso de erosión del suelo. La erosión por gotas de lluvia incrementa con la intensidad de la lluvia. Una suave y prolongada lluvia puede tener la misma energía total que una lluvia de corta duración y más intensa.

Se estima utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio, con base a la clasificación del mapa de la República Mexicana, misma que señala 14 regiones.

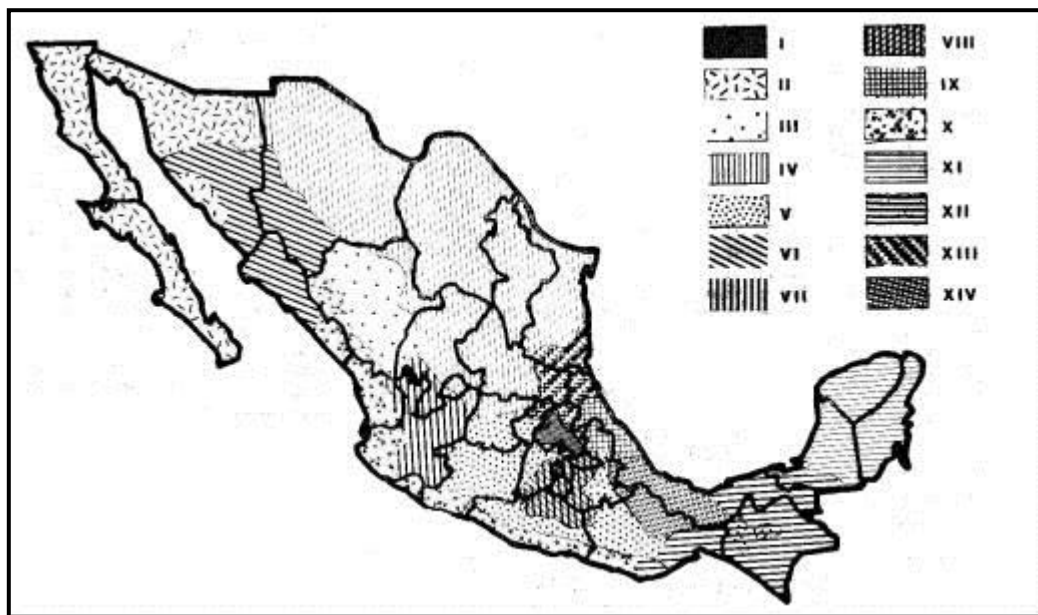


Figura IV.36 Mapa de erosividad de la República Mexicana.

La región bajo estudio se asocia a un número de la región y se consulta una ecuación cuadrática donde a partir de datos de precipitación anual (P) se estima el valor de R.

Tabla IV.30 Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia "R" en la República Mexicana.

Región	Ecuación	R2
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
III	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

Los datos climáticos se tomaron de la estación Meteorológica número 15163 de Texcoco, a una altura de 2,255.00 msnm, que se resumen en la siguiente tabla.

NORMALES CLIMATOLÓGICAS ESTADO DE: MEXICO PERIODO: 1951-2010													
Estación: 15163 TEXCOCO (SMN) Latitud: 19°31'00" N Longitud: 098°53'00" W Altura: 2,255.0 msnm													
Elemento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Temperatura máxima													
Normal	22.7	24.5	27.6	28.9	28.8	26.9	25.3	25.1	24.5	23.8	23.3	21.9	25.3
Máxima mensual	25.4	26.4	30	31.2	31	29.6	29.3	29.2	26.9	27.5	25	24	
Año de máxima	1961	1964	1975	1963	1975	1976	1974	1974	1975	1975	1975	1967	
Máxima diaria	29	31	34	34	36	34	32	31	29	30	29	27	
Fecha Máxima diaria	03/1961	27/1961	26/1973	25/1961	04/1973	04/1973	28/1972	02/1974	01/1966	14/1966	11/1966	23/1965	
Años con datos	14	13	14	14	13	14	12	14	14	14	14	14	
Temperatura media													
Normal	13	14.3	17.1	18.7	19.3	18.6	17.6	17.5	17	15.6	14.1	12.8	16.3
Años con datos	14	13	14	14	13	14	12	14	14	14	14	14	
Temperatura mínima													
Normal	3.3	4.1	6.6	8.4	9.8	10.3	9.8	9.9	9.6	7.4	4.9	3.8	7.3
Mínima mensual	0.5	0.8	3	6.5	8.3	5.2	4	5.1	4.2	3.3	1.7	1.7	
Año de mínima	1965	1968	1968	1967	1975	1976	1975	1975	1974	1974	1974	1966	
Mínima diaria	-5	-5	-2	1	2	2	2	4	2	-0.1	-1	-4	

NORMALES CLIMATOLÓGICAS ESTADO DE: MEXICO PERIODO: 1951-2010													
Estación: 15163 TEXCOCO (SMN) Latitud: 19°31'00" N Longitud: 098°53'00" W Altura: 2,255.0 msnm													
Elemento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Fecha mínima diaria	19/1965	08/1968	13/1968	22/1965	01/1966	29/1975	01/1972	03/1975	08/1974	19/1967	22/1969	23/1963	
Años con datos	14	13	14	14	13	14	12	14	14	14	14	14	
Precipitación													
Normal	12.7	5.1	13.4	42	85.3	105.1	135	152.7	87.9	48.5	4.2	5	696.9
Máxima mensual	73	27	46	99	225	205.5	218	301	141	107	15.2	19	
Año de máxima	1967	1965	1966	1962	1961	1961	1963	1973	1967	1962	1961	1968	
Maxima diaria	56	19	20	40	110	42	60	40	47	43	7	10	
Fecha máxima diaria	10/1967	21/1965	05/1976	13/1962	24/1961	14/1961	05/1966	19/1973	16/1968	17/1972	19/1961	02/1963	
Años con datos	14	13	14	14	13	14	12	14	14	14	14	14	
Numero de dias con													
Lluvias	1.6	0.8	2.8	5	8.6	10.6	15	15.2	10.4	5.5	1.3	1.2	78
Años con datos	14	13	14	14	13	14	12	14	14	14	14	14	
Niebla	8.9	5.2	5.9	4.4	7.3	10.1	8.9	12.9	10.9	10	7.9	9.8	102.2
Años con datos	14	13	14	14	13	14	12	14	14	14	14	14	
Granizo	0	0	0.1	0.6	0.2	0.9	1.2	0.6	0.4	0.1	0.4	0	4.5
Años con datos	14	13	14	14	13	14	13	14	14	14	14	14	
Tormenta eléctrica	0.1	0.2	0.4	2.9	1.8	2.6	4.5	3.7	2.1	1.2	0.4	0.4	20.3
Años con datos	14	13	14	14	13	14	13	14	14	14	14	14	

Para estimar el valor de erosividad para el Predio del Proyecto, se tomaron los datos de la Región XIV, aplicando la fórmula siguiente:

$$R = 1.5005 (696.9) + 0.002640 (696.9)^2$$

$$R = 2,327.86 \text{ Mj/ha mm/hr}$$

#### EROSIONALIDAD (K).

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende de:

- Tamaño de las partículas del suelo.
- Contenido de materia orgánica
- Estructura del suelo
- Permeabilidad.



Tabla IV.31 Erosionalidad de los suelos (K) en función de la textura y el contenido de materia orgánica.

Textura	% de materia orgánica		
	0.0 – 0.5	0.5 – 2.0	2.0 – 4.0
Arcillo arenoso	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arena	0.005	0.03	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena fina magajosa	0.024	0.020	0.016
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Area muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajon	0.038	0.034	0.029
Migajon arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajon arcillo lomisa	0.037	0.032	0.026
Migajon arcillosa	0.028	0.025	0.021
Mogajon arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajon arenosa fina	0.035	0.030	0.024
Migajon arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajon limoso	0.048	0.042	0.033
<b>Arcilla</b>	<b>0.013-0.029</b>		

El tipo de suelo presente en el Predio del Proyecto se identificó como ARCILLO LIMOSO, con un porcentaje de materia orgánica del 0.4%, por lo que basado en el cuadro anterior:

$$K= 0.025$$

#### LONGITUD Y GRADO DE PENDIENTE (LS)

La longitud de pendiente es definida como la distancia horizontal desde el origen de un flujo hasta el punto, donde:

- Ø El gradiente de la pendiente reduce lo suficiente para que la deposición comience.
- Ø El escurrimiento llega a ser concentrado en un canal definido.

La pendiente se estima como:

$$S= \frac{Ha - Hb}{L}$$

Dónde:

**S**= Pendiente media del terreno (%).

**Ha**= Altura de la parte alta del terreno (m).

**Hb**= Altura de la parte baja del terreno (m).

**L**= Longitud del terreno (m)

$$S= \frac{2238-2236}{8744}$$

$$S= 0.022 \%$$

Si conocemos la pendiente y la longitud de la pendiente, el factor LS se calcula como:

$$LS= (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965S + 0.00138S^2)$$

Dónde:

**LS**= Factor de grado y longitud de la pendiente.

**λ**= Longitud de la pendiente

**S**= Pendiente media del terreno.

m= Parámetro cuyo valor es 0.5

Longitud de la pendiente (Norte a sur): 8744 m  
 Pendiente media del terreno: 0.022%

m: 0.5

$$LS = (8744)^{0.5} (0.0138 + 0.00965 (0.022) + 0.00138 (0.022)^2)$$

$$LS = 1.31$$

La erosión potencial del predio es:

$$E_p = R K L S$$

Dónde:

**E<sub>p</sub>**= Erosión potencial

**R**= Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm/hr.

**K**= Erosionalidad del suelo

**LS**= Longitud y grado de pendiente.

$$E_p = (2,327.86) (0.025) (1.31)$$

$$E_p = 76.237 \text{ t/ha año}$$

La erosión potencial indica que si no se tuviera ningún tipo de vegetación o no se efectuaran prácticas de conservación de suelo, en el predio del Proyecto se perderían 76.237 ton/ha año, lo que equivaldría a una lámina de 7.62 mm

En la actualidad, el predio del Proyecto presenta una área de 4,431.15 ha (100 %) en donde se presenta vegetación tipo pastizal halófilo en una superficie de 240.7545 ha; por lo que para el cálculo del valor "C" se tomó en cuenta la cobertura vegetal del pastizal halófilo, por lo que el valor de "C", sería de 0.004.

$$E_p = (2,327.86) (0.025) (1.31) (0.004)$$

$$E = 0.3049 \text{ t/ha año}$$

Tabla IV.32 Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdida de suelo.

Tipo de vegetación	Valor 1	Valor 2	Valor 3
Maíz	0.54	0.62	0.80
Maíz labranza cero	0.05	0.10	0.15
Maíz rastrojo	0.10	0.15	0.20
Algodón	0.30	0.42	0.49
Pastizal	0.004	0.01	0.10
Alfalfa	0.020	0.050	0.10
Trébol	0.025	0.050	0.10
Sorgo grano	0.43	0.55	0.70
Sorgo grano rastrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48		
Soya después de maíz con rastrojo	0.18		
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.10	0.18	0.25
Bosque natural	0.001	0.01	0.10
Sabana en buenas condiciones	0.01	0.54	
Sabana sobre pastoreada	0.10	0.22	
Mijo	0.4 A 0.9		
Arroz	0.1 A 0.2		
Tabaco	0.5 A 0.7		
Cacahuete	0.4 A 0.8		
Palma	0.1 A 0.3		

Tipo de vegetación	Valor 1	Valor 2	Valor 3
Café	0.1 A 0.3		
Cacao	0.1 A 0.3		
Piña	0.1 A 0.3		

Los resultados indican que en la actualidad el predio del Proyecto, con el tipo de vegetación que prevalece, el suelo característico del lugar y las condiciones climáticas dominantes, se pierden aproximadamente 0.3049 ton/ha año, lo que representa un valor muy bajo comparado con otras regiones de México en donde se pierden cerca de 10 ton/ha año.

#### IV.3.6.3 Erosión del suelo con proyecto

Como ya se indicó anteriormente la implantación del Proyecto no tendrá interacción alguna con los factores que originan la erosión del suelo, que son de tipo eólica e hídrica, ya que son preexistentes en el SAR y el AIP y que están condicionadas por la fisiografía y meteorología de la Cuenca de México, que ya fueron descritas en el presente capítulo.

Por lo que respecta a la poligonal del Proyecto, su implantación tendrá como resultante que no exista el transporte de material particulado desde el suelo natural al quedar cubierta su superficie por la infraestructura descrita en el Capítulo II de éste documento (pistas, edificios, vialidades, áreas verdes, etc), por lo que la condición de ausencia de erosión, se mantendrá sin cambio alguno y en independencia de los factores que la puedan originar.

Los resultados de la erosión actual calculados en el predio son:

Erosión actual con la vegetación presente: 0.3049 t/ha año.

Tomando en consideración que una vez efectuado el desmonte y despalme se realizara la eliminación total de la vegetación, los cálculos indican:

Erosión potencial del predio: 76.237 t/ha año.

Esta cantidad de pérdida de suelo, podrá disminuir en función de las medidas de mitigación y prevención que se establezcan y se ejecuten, una de las principales es la aplicación de riego por aspersión. La implantación del Proyecto bajo evaluación, tendrá como resultante que no exista el transporte de material particulado desde el suelo natural al quedar cubierta en su totalidad primeramente por el material de relleno que se utilizara para subir el nivel del terrenos, el cual basado en los requerimientos de construcción, debe ser un material tipo revestimiento con proporciones homogéneas de arcilla, grava y arena y que presente un grado de compactación mayor al 95 % de la prueba proctor, para enseguida establecer las obras civiles o infraestructuras del Proyecto bajo evaluación, situación que originara que el suelo natural quede enterrado o encapsulado por debajo de las obras, obteniendo como resultados la ausencia de erosión del suelo por acciones hídricas y eólicas .

#### IV.3.6.4 Degradación del suelo sin Proyecto

En el año 2002, la SEMARNAT y el Colegio de Postgraduados, realizaron el estudio de la Degradación de los Suelos causada por el Hombre escala 1:250,000. Este proyecto fue elaborado a partir de una valoración directa de los suelos de México en campo, y se basó en la metodología de Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el Hombre, conocida como ASSOD (1997), por sus siglas en inglés, la cual establece el tipo de degradación actual de los suelos, sus niveles de afectación, las extensiones (superficies) que ocupan, las tasas actuales que presentan y las causas que la originan, utilizando como mapa base la delimitación de sistemas terrestres, sobre los espacio mapas del INEGI a una escala de 1:250,000.

En este estudio se encontró que el proceso más importante de degradación de suelos, es sin duda, la erosión hídrica, cuya superficie afectada en el país es de 37% (73'606,690 ha). Sus efectos más dramáticos se observan con la formación de cárcavas, que comprenden una extensión del 12% del territorio nacional (24'212,857 ha), lo que conduce a tener zonas de baja producción o improductivas para cualquier actividad económica. Más aún, este tipo de erosión afecta a las capas superficiales de las tierras mexicanas en aproximadamente 25% (50 millones de ha), en las que todavía es posible desarrollar actividades agropecuarias y forestales, a pesar de que se presente una baja considerable en la producción, y en las que se puede revertir este fenómeno mediante el uso y manejo sustentable del recurso.

Otros tipos de degradación importantes son: la erosión eólica, que afecta al 15% de la superficie nacional, principalmente en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas o secas y la degradación química (salinización y contaminación por desechos urbanos e industriales), que se encuentra principalmente en las zonas agrícolas y abarca 13 millones de ha a nivel nacional, de las cuales 6.6 corresponden a aquellas afectadas por salinidad.

Con el Sistema de Información Geográfica empleado para la elaboración de ésta MIA-R, se recortó el área correspondiente al SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto sobre la capa de la degradación del suelo actual y por lo tanto, sin la presencia del Proyecto bajo evaluación, en el área resultante se identificó que se encuentran en Proceso de Degradación de los suelos y sus agentes causales, cuya secuencia se indica en la siguiente tabla.

Tabla IV.33 Degradación del suelo sin Proyecto.

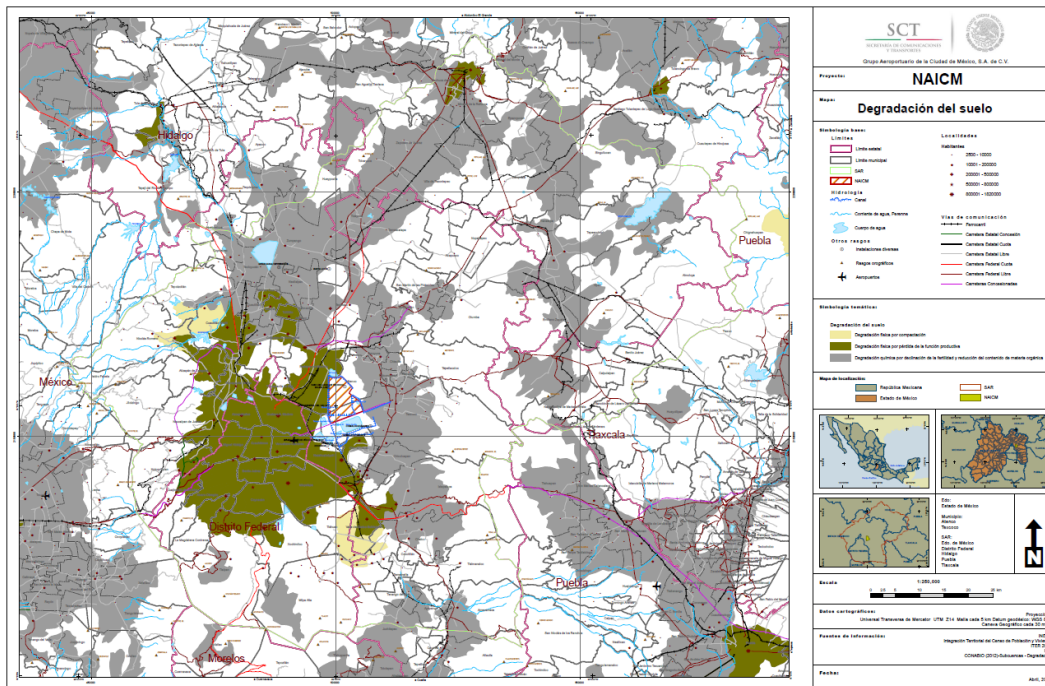
Tipo	SAR y AIP (ha)	Proyecto (ha)
Degradación física por compactación	12,853.54	----
Degradación física por pérdida de la función productiva	117,387.59	----
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	273,594.21	28.30

El tipo de degradación predominante es la química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, lo cual responde a un manejo inadecuado de fertilizantes, plaguicidas, malas prácticas de fertilización y la presencia de núcleos poblacionales.

La degradación física por pérdida de la función productiva coincide con la distribución de las áreas urbanas.

En la poligonal del Proyecto existe un área de 28.30 ha en donde se registra la Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, sin embargo su origen es la acumulación natural de sal en ésta área.

Lo anterior se muestra en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.12 Degradación del suelo sin proyecto.

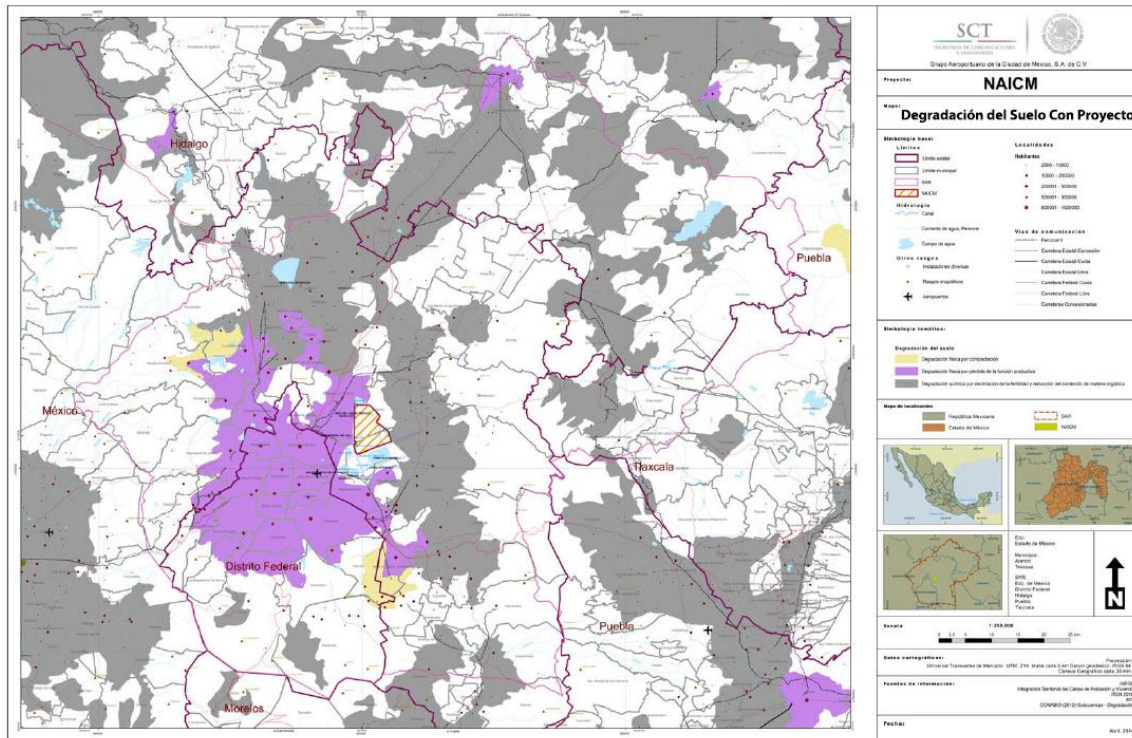


### IV.3.6.5 Degradación del suelo con Proyecto

En cuanto a las causas identificadas que afectan a los diferentes procesos de degradación del suelo, se adoptaron los mismos grupos de factores causales propuestos en la metodología de ASSOD.

Los agentes causales de la degradación del suelo en el SAR, el AIP y el Proyecto, no sufrirán cambio alguno con la presencia del Proyecto ya que éste no tendrá interacción alguna con ellos, por lo que se concluye que los agentes causales continuarán su acción con independencia de la presencia del Proyecto bajo evaluación, sin embargo ya no tendrán sustrato sobre el cual actuar ya que el desplante del Proyecto cubrirá todo el predio, por lo que la unidad edafológica ya no se encontrará a la intemperie.

Lo anterior se muestra en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.13 Degradación del suelo con proyecto.



### IV.3.7 Hidrología

#### ⊕ Hidrología (antecedentes geológicos)

El origen de la cuenca del Valle de México no ha sido producido por un solo evento, sino por una sucesión de ellos. La mayor parte del territorio se configuró en el Cenozoico (aproximadamente 63 millones de años), cubriendo de rocas ígneas extrusivas más de las 3/5 partes de los 9,611km<sup>2</sup> de superficie de la cuenca. Posteriormente, en eventos que datan del cuaternario, cuando ya comienza la formación de suelo, a partir de la roca madre volcánica y de una configuración especial de vulcanismos recientes, como la emergencia del eje volcánico transversal (Orogenia del Laramie) y la sedimentación de material poco consolidado en el valle recientemente cerrado debido a la aparición del Chichinautzin ya que la cuenca era abierta y drenaba hacia el Valle de Cuernavaca; la formación de la sierra en el sur creó una gran presa natural que fue asolvada por las cenizas volcánicas producto de las mismas erupciones que dieron origen al Chichinautzin (entre 500 y 600 mil años, periodo de las últimas erupciones volcánicas).

Los sedimentos depositados en el gran lago que se formó al cerrarse la cuenca produjeron 50 km de suelos muy compactos y permeables, de varios centenares de metros de espesor, los cuales fueron cubiertos finalmente por capas de arcilla impermeable y muy blanda cuyo espesor es mayor de 80 m hacia el centro de lo que fuera el Lago de Texcoco, antes de su actual desecación.

#### ⊕ Hidrología (antecedentes históricos)

Si bien los cambios descritos anteriormente fueron muy importantes, las actividades humanas han provocado cambios realmente drásticos en menos de 1,000 años. El área del Proyecto corresponde a lo que fuera el cuerpo de agua salobre "Lago de Texcoco", el cual fue aislado físicamente por las obras de ingeniería prehispánicas denominadas posteriormente como albardones de Nezahualcóyotl, el de San Cristóbal (Ecatepec-Chiconautla) y la calzada-dique de Iztapalapa, que incluían compuertas para regular los niveles de las secciones que dividían. Actualmente podemos observar vestigios de estas obras en Ecatepec. Con la finalidad de contextualizar el origen y la situación actual del área del Proyecto, se muestra en la siguiente figura, lo que fue el lago y la ubicación aproximada del Proyecto en dicho escenario.

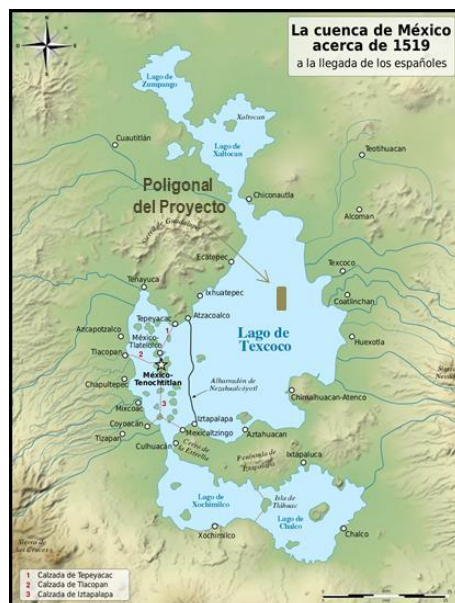


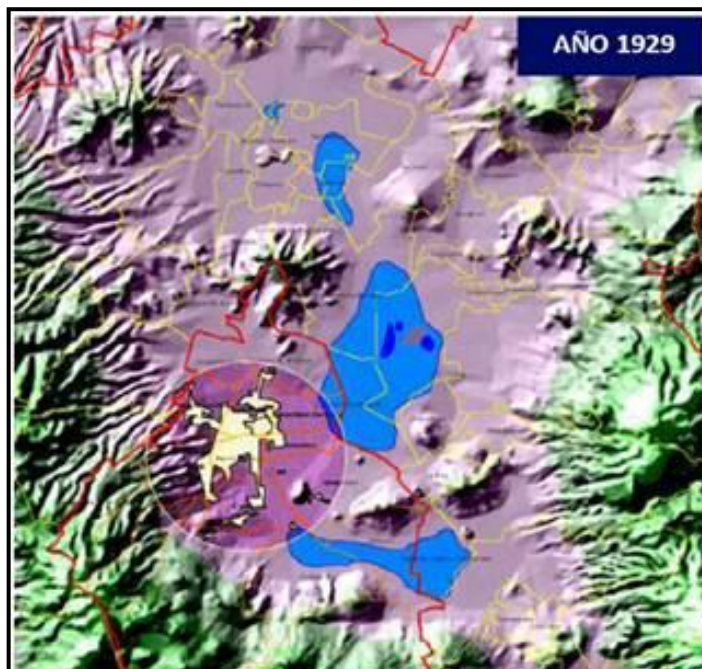
Figura IV.37 Lago de Texcoco y la ubicación aproximada del Proyecto

Para comprender sintéticamente el funcionamiento de la cuenca, podemos hacer mención de los datos que se levantaron hacia 1804, de las alturas del sistema lagunar que representan una sucesión de escarpas, tomando como base el nivel del lago de Texcoco.

Tabla IV.34 Datos históricos de altura del sistema lagunar en el año de 1804.

Lago	Altura relativa
Zumpango	6.062 m
Xaltocan	3.474 m
San Cristóbal	3.597 m
Texcoco	0.000 m
México	-1.907 m
Xochimilco	-3.119 m
Chalco	-3.082 m

Ya en la colonia, se inician los trabajos para desecar la Cuenca de México, pero hasta 1911 iniciaron las acciones que causaron la desecación del Lago de Texcoco y para 1915 había desaparecido el último relicto que quedaba del lago. En la siguiente figura se muestran los relictos del Ex-Lago de Texcoco en el año 1929.

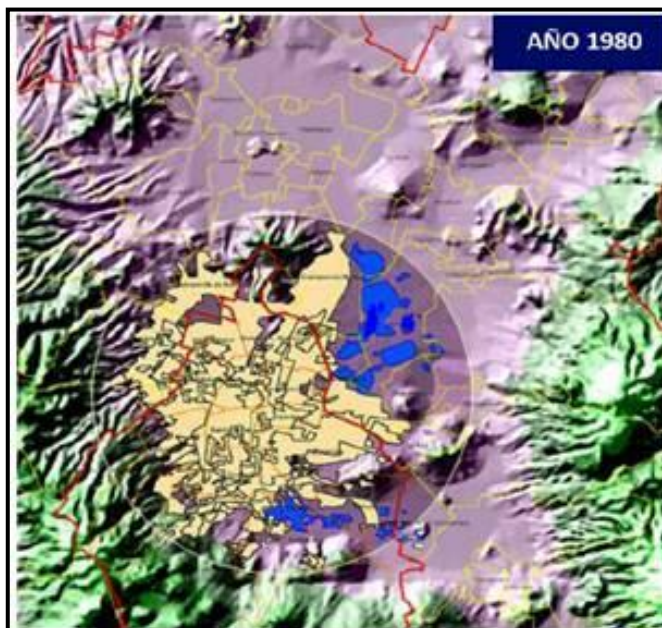


Fuente: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Sustentabilidad y Restauración Ambiental. Septiembre-2014  
[http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre\\_2014.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre_2014.pdf)

Figura IV.38 Ex-Lago de Texcoco en relación a la Ciudad de México (círculo), el año de 1929.

A pesar de esto, las inundaciones en la Ciudad de México siguieron presentes. Posteriormente, se realizaron varias obras de carácter hidráulico muy importantes para el control de corrientes del poniente de la Ciudad de México por medio de presas, canales y túneles para desaguar a los ríos Tlalnepanitla y Los Remedios, así como la instalación de plantas de bombeo para elevar las aguas al nivel del Gran Canal y ampliar la Red de Colectores (Comisión del Lago de Texcoco, 1982).

En la siguiente figura se muestra el Ex-Lago de Texcoco en relación a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México en el año de 1980.



Fuente: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Sustentabilidad y Restauración Ambiental. Septiembre-2014  
[http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre\\_2014.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre_2014.pdf)

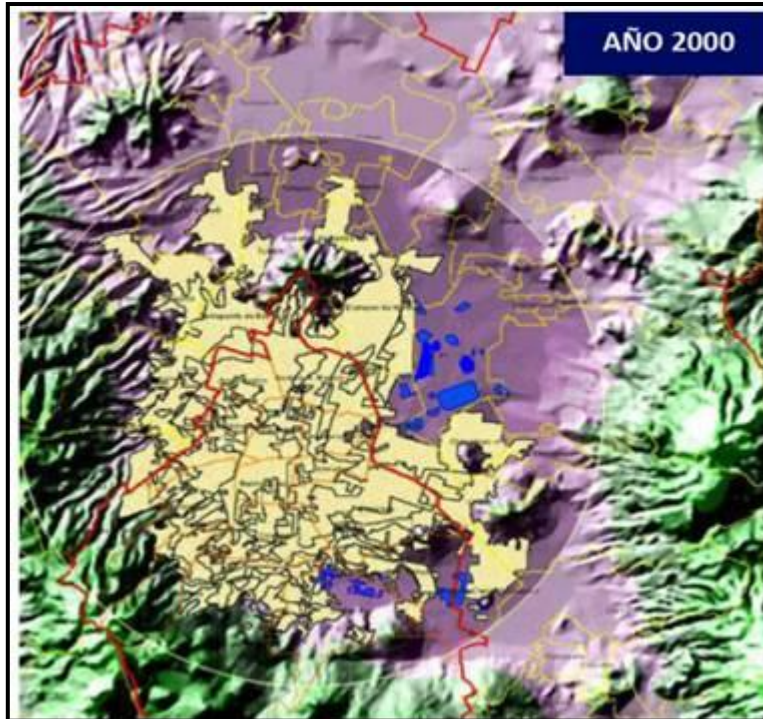
Figura IV.39 Evolución del Ex-Lago de Texcoco en relación a la ZMCM (color amarillo) en el año de 1980.

Uno de los principales problemas que trajo la desecación del Lago, fue la gran cantidad de tolveneras que azotaban a la Ciudad de México durante la época de sequía, lo que causaba grandes problemas de salud hacia la población. Aunado a lo anterior, también se derivaron serios problemas sociales debidos al asentamiento humano irregular en las zonas del Ex-Lago de Texcoco, lo cual causó serios problemas por las inundaciones que acontecían al desbordarse los Ríos ahora azolvados con basura. Pero lo principal fue el gran desequilibrio ecológico que sufrió el la Zona Metropolitana de México, al derivar en la exposición de suelos altamente alcalinos, los cuales se empezaron a contaminar con desechos fecales transportados vía el aire de la Ciudad de México, con consecuencias en la salud humana, además de que el drenado y extracción de agua han ocasionado el hundimiento el suelo, creando un círculo vicioso de altos costos ambientales y económicos.

En la Cuenca de México ocurrieron y ocurren situaciones muy especiales y complejas, que involucran grandes proyectos y obras de ingeniería hidráulica de gran impacto (obras de drenaje, de tratamiento de agua residual, de abastecimiento, trasvase entre cuencas), todas motivadas por la fijación colonial de desecar la cuenca, lo que actualmente se ha convertido en una necesidad, dados los crecientes asentamientos humanos en las zonas de inundación que hacen imposible pensar en regresar a las condiciones originales.

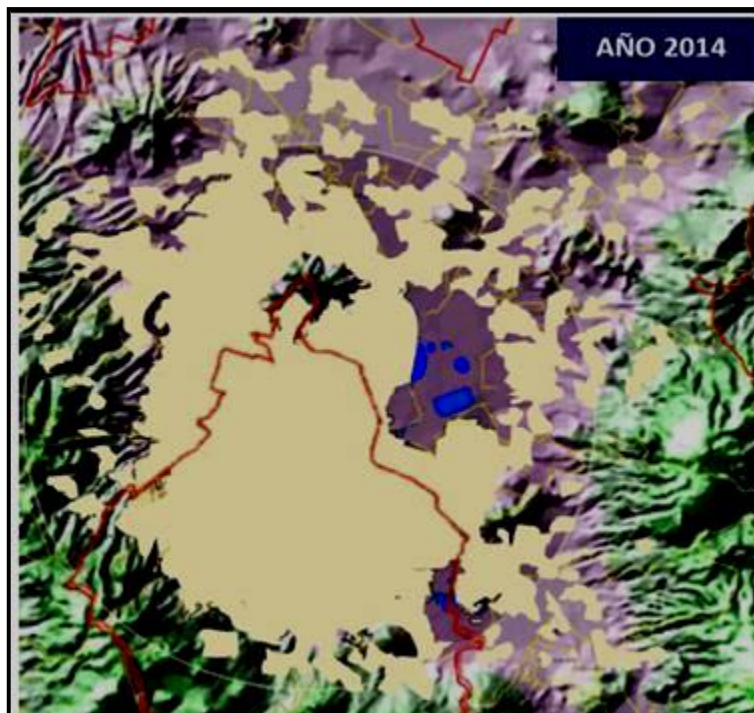
En las siguientes figuras se muestra la evolución del Ex-Lago de Texcoco en relación a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México en los años 2000 y 2014.





Fuente: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Sustentabilidad y Restauración Ambiental. Septiembre-2014  
[http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre\\_2014.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre_2014.pdf)

Figura IV.40 Evolución del Ex-Lago de Texcoco en relación a la ZMCM (amarillo) en el año 2000.

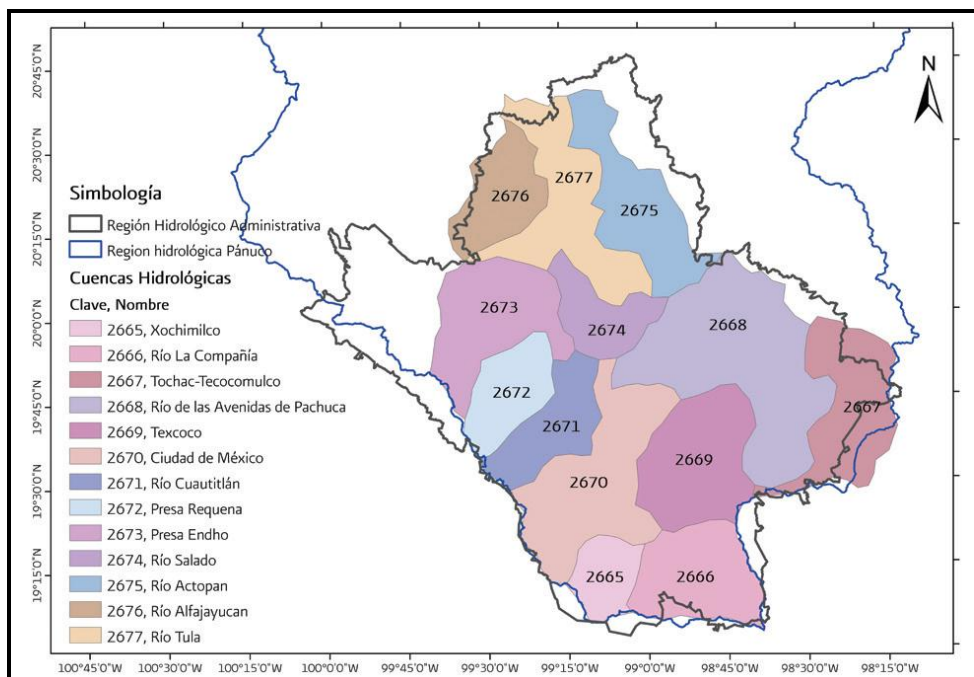


Fuente: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Sustentabilidad y Restauración Ambiental. Septiembre-2014  
[http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre\\_2014.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre_2014.pdf)

Figura IV.41 Ex-Lago de Texcoco en relación a la ZMCM en el año 2014.

⊕ Hidrología administrativa

El Proyecto se encuentra en la Región Hidrográfica Pánuco, dentro de la Cuenca del Río Moctezuma, Subcuenca Lago de Texcoco y Zumpango (RH26Dp). Administrativamente está dentro de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México, que se indica en el siguiente mapa. La cuenca del lago de Texcoco abarca dos de las zonas hidrológicas del denominado "Valle" de México, la zona VI, denominada "Teotihuacán" cuya área es de 930 km<sup>2</sup> y la VII denominada "Texcoco", con una extensión de 1,146 km<sup>2</sup>, lo que significa que una superficie de 2,076 km<sup>2</sup> incluyendo las 10,000 ha de la Zona Federal.



Mapa IV.16 Cuencas hidrológicas de la RHA XIII Aguas del Valle de México.

Lo que observamos en la actualidad son cuerpos o lagunas efímeras o de temporal alimentadas por excedencia en los canales de drenado y por la lluvia, así como cuerpos artificiales o mantenidos por el hombre con aguas residuales tratadas, de los cuales se muestran en la siguiente figura.

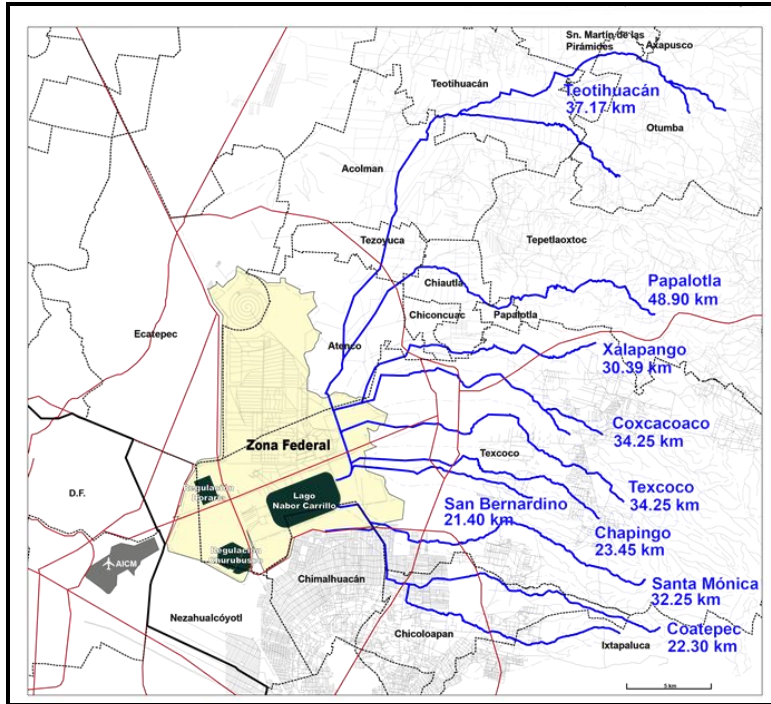
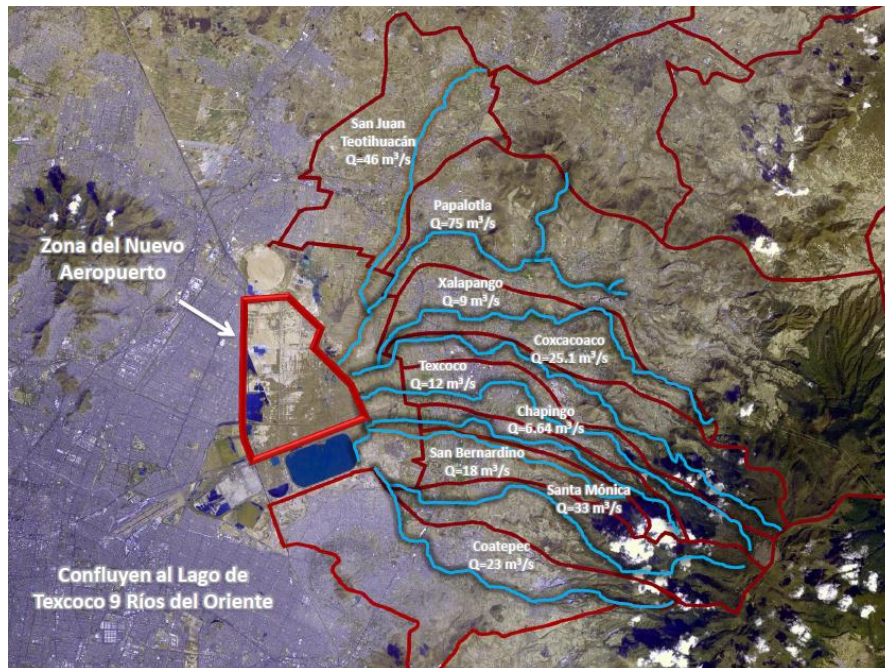


Figura IV.42 Arroyos y corrientes que alimentan al Ex-Lago de Texcoco por su extensión.



Fuente: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Sustentabilidad y Restauración Ambiental. Septiembre-2014  
[http://www.semamat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre\\_2014.pdf](http://www.semamat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre_2014.pdf)

Figura IV.43 Arroyos y corrientes que alimentan al Ex-Lago de Texcoco por su aporte en m<sup>3</sup>/segundo.

### IV.3.8 Hidrología Superficial

El análisis de la hidrología superficial del SAR se llevó a cabo a dos escalas de análisis geográfico: escala 1:250,000 y 1:50,000. Los resultados son completamente divergentes, como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV.35 Hidrología superficial presente en el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.

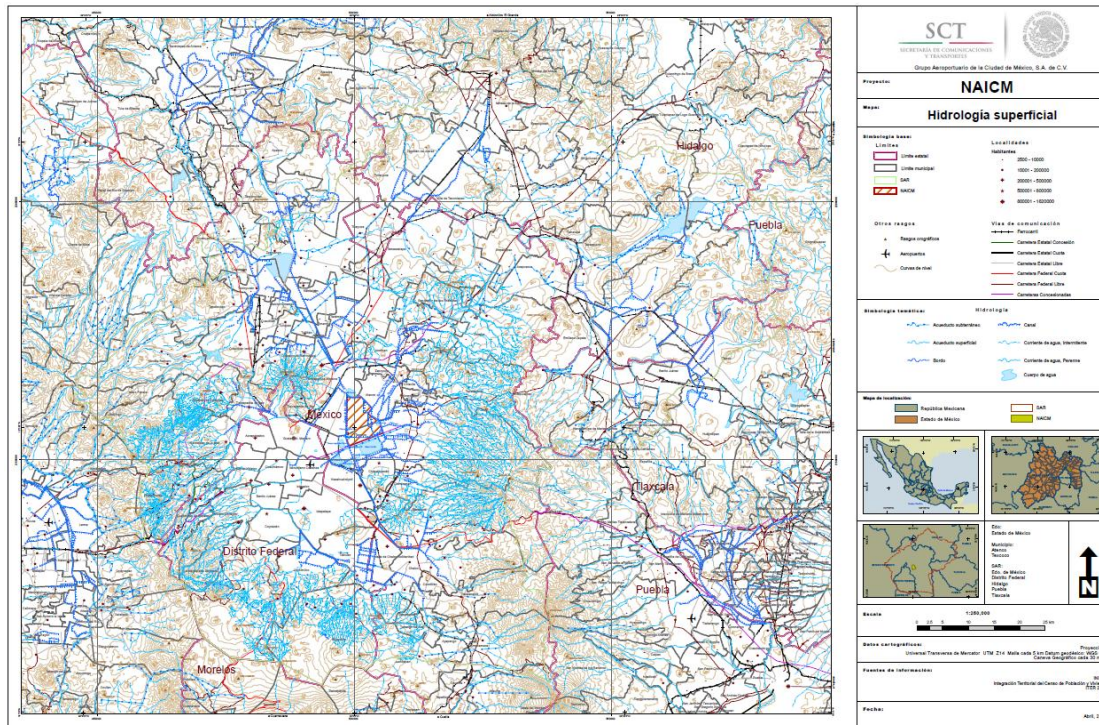
Hidrología superficial	SAR y AIP (Longitud en metros)	Poligonal del Proyecto (Longitud en metros)
<b>Información a escala 1:250 mil</b>		
Corriente perenne	152,996.39	
Corriente intermitente	1,474,338.94	
Acueducto subterráneo	752,583.40	
Acueducto superficial	44,812.83	
Canal	705,317.91	29,516.68 *
<b>Total</b>	<b>3,130,049.47</b>	<b>29,516.68 *</b>

Hidrología superficial	SAR y AIP (Longitud en metros)	Poligonal del Proyecto (Longitud en metros)
<b>Información a escala 1:50 mil</b>		
Corriente perenne	113,219.78	
Corriente intermitente	4,349,128.97	
Canal	135,328.06	8,814.35 *
<b>Total</b>	<b>4,597,676.81</b>	<b>8,814.35</b>

\* Canales artificiales (de mampostería) que corren paralelos a los bordes del predio del Proyecto, pero que por la escala de análisis aparecen como parte del predio, sin serlo.

Con la cartografía del INEGI, a escala 1:50 mil, las corrientes perennes disminuyen aproximadamente en 25%, las intermitentes se incrementan aproximadamente en 66%, los acueductos subterráneos y superficiales desaparecen y los Canales (sin especificar su origen o uso) se incrementan en aproximadamente 80%. Por tal motivo únicamente se llevará a cabo un análisis detallado de la hidrología superficial de la Cuenca del Valle de México, en la que se cuenta con información a detalle.

La distribución anterior se observa en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.14 Hidrología superficial.



El sistema hidrológico en la Cuenca del Valle de México consiste en su gran mayoría en escurrimientos intermitentes y de bajo caudal de carácter torrencial, con avenidas de corta a mediana duración y arroyos secos durante el estiaje. De acuerdo a la geomorfología de la región, el drenaje es del tipo radial centrífugo, dendrítico y dendrítico paralelo. La red de drenaje no se encuentra interconectada debido a los aspectos geológicos de la zona.

En esta porción se identifican una serie de arroyos, cuyo origen son de la Sierra Nevada (a excepción del San Juan Teotihuacán) y que desaparecen en las faldas de la misma debido a la buena permeabilidad del suelo. Los arroyos principales son el arroyo Barranca Seca, Coxcacocac, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Coatlinchan y Manzano - Coatepec, localizados al éste del vaso Nabor Carrillo (construido en 1982) todos ellos convergen a diversos canales, los cuales se localizan en los alrededores del vaso Nabor Carrillo y que algunos son arroyos canalizados para diversos usos.

El arroyo Coaxcacoalco llega a convertirse en las cercanías del municipio de Chiconcuac en el canal Jalapango, el arroyo Barranca Seca en el canal Coxcacocac; el arroyo Chapingo y San Bernardino son canalizados al poniente de los mismos en cercanías del vaso Nabor Carrillo, sin embargo convergen en un solo canal en las periferia oriente junto con el canal Santa Mónica proveniente del arroyo Coatlinchán. Por otro lado el arroyo el Manzano junto con algunas cañadas convergen al Canal dren Chimalhuacán II que forma parte del canal La Compañía localizado al SE del vaso Nabor Carrillo.

La intervención del hombre en la tala de árboles, incendios, las técnicas de roza, quema y tumba para el cultivo, los cambios del uso del suelo, las prácticas agrícolas mal empleadas a lo largo del tiempo estos y otros factores han ido afectado en equilibrio hidrológico en las Subcuencas correspondientes a cada arroyo, haciéndolas cada vez más torrenciales y erosivas, generando una mayor erosión al suelo provocando la formación de cárcavas y barrancas más profundas.

Es necesario destacar que todo el escurrimiento superficial que confluye en la planicie de Texcoco es conducido a través de canales artificiales hacia el exterior de la Cuenca de México. Hecho que se realiza desde el siglo XIX, con el fin de atenuar las inundaciones que antaño afectaba a toda esta región.

#### ⊕ Corrientes superficiales

En el Anexo VIII.4.6 Estudio hidrológico de los Ríos del Oriente, llevado a cabo por Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2013, se muestra a detalle esta evaluación de la que se extrae lo siguiente:

Río San Juan Teotihuacán.- Este río tiene una cuenca de 491 km<sup>2</sup>, tiene un caudal aproximado de 0.170 m<sup>3</sup>/s equivalente a un escurrimiento de 3,361 millones de m<sup>3</sup> al año. Nace en las laderas de los cerros Grande, Cuello y Jaguey, limitado al norte por la cuenca del Río de las Avenidas de Pachuca. La zona alta de la cuenca y la parte media son bastante permeables y están constituidas por basaltos fracturados y rellenos arcillo-arenosos. Este río produce escurrimientos superficiales bajos, pero al mismo tiempo y como consecuencia, en su Subcuenca existen manantiales importantes y otros que se aprovechan en zonas ejidales contiguas.

Río Papalotla.- Este río tiene una cuenca de 210 km<sup>2</sup>, los datos hidrométricos colectados corresponden a la estación La Grande que se encuentra localizada 10m aguas arriba del puente de la carretera Texcoco-Tepexpan, nace en las laderas de los cerros Tláloc y está limitado al norte por la cuenca del Río San Juan Teotihuacán, al sur por la cuenca del Río Xalapango y al oriente por las cuencas de los ríos Tizar y Calpulalpan, tiene un caudal de 0.277 m<sup>3</sup>/s y un escurrimiento anual de 8,735 millones de m<sup>3</sup>. La parte alta de la cuenca está formada por macizos andesíticos de la sierra de Río Frío prácticamente impermeable, con abundante vegetación, fuertes pendientes y alta precipitación. La zona baja la constituyen sedimentos lacustres, principalmente arcillas arenosas y arcillas limosas, medianamente permeables. Estas zonas son propias para la agricultura.

Río Coxcacaco.- Tiene una extensión de 61.5 km<sup>2</sup>, tiene origen en las estribaciones noroccidentales del Cerro Tláloc, a 3,700 msnm. Está limitado al norte por la cuenca del Río Papalotla. En su parte alta con dirección al noreste, a través de las cañadas de Cuaquia y Zocotamaltepéc; pasa al sur de San Miguel Tlaixpan y después por Tlaminca. Tiene un caudal 0.103m<sup>3</sup>/s equivalente a un escurrimiento anual de 3,248 millones de m<sup>3</sup>. La parte alta de la cuenca está formada por macizos andesíticos impermeables de la sierra de Río Frío. Con vegetación abundante, fuertes pendientes y algunos manantiales pequeños, la parte media está formada por conos cineríticos y lavas basálticas de gran permeabilidad.

Río Texcoco.- Su extensión es de 31.2 km<sup>2</sup>, se origina con la unión de los arroyos que descienden de las cañadas de San José Altica y Atlapulco, que forman parte del accidente orográfico conocido como cerro Tláloc, donde se asienta el parque Nacional de Zoquiapan. Al norte está limitado por la cuenca del Río Coxcacaco y al sur por la cuenca del Río Chapingo. Actualmente funciona como drenaje sanitario de la zona conurbada de Texcoco. Tiene un caudal de 0.063m<sup>3</sup>/s equivalente a un escurrimiento anual de 1, 987 millones de m<sup>3</sup>. La parte alta de la cuenca está formada por macizos andesíticos, impermeables de la sierra de Río Frío con abundante vegetación y fuerte pendiente.

Río Xalapango.- Este río tiene una cuenca de 59.1 km<sup>2</sup>, es una de las corrientes que integran el conjunto de ríos del oriente. Nace en el cerro de Tláloc, denominándose en su origen arroyo Comunidad y está limitado al norte y al oriente por la cuenca del Río Papalotla y al sur por la cuenca del Río Coxcacaco. Tiene un caudal 0.079 m<sup>3</sup>/s equivalente a un escurrimiento anual de 2,491 millones de m<sup>3</sup>. La parte alta de la cuenca está formada por conos cineríticos y lavas basálticas de gran permeabilidad y escasa vegetación. En la parte alta sobresalen los cerros andesíticos de Purificación y Tlaixpan y se encuentran zonas de cultivo.

Río Chapingo.- Se extiende 21.4 km<sup>2</sup>, está limitado por la cuenca del Río Texcoco y al sur por las cuencas de los Ríos San Bernardino y Santa Mónica, tiene su origen en una serie de torrentes que, con dirección al norte, bajan de los cerros pertenecen al accidente orográfico denominado Sierra de Quetzaltepec. Río abajo cruza la carretera federal México – Texcoco, penetrando por una zona dedicada a la agricultura; en este tramo, su cauce se encuentra canalizado. Descarga en la zona del Lago de Texcoco, y funciona como desagüe de la zona de riego de San Bernardino. Tiene un caudal de 0.050m<sup>3</sup>/s equivalente a un escurrimiento anual de 1,577 millones de m<sup>3</sup>. La parte alta está formada por los cerros andesíticos de Chapingo, Texoltepec y Tecorral. Bastante impermeable.

Río San Bernardino.- Tiene una extensión de 17 km<sup>2</sup>, limita al norte por la cuenca del Río Chapingo y al sur por la cuenca del río Santa Mónica. Tiene un caudal de 0.057 m<sup>3</sup>/s equivalente a un escurrimiento anual de 1,798 millones de m<sup>3</sup>. La zona alta de la cuenca está constituida por una parte de las andesitas de que está formado el cerro Tecorral, de la Sierra de Río Frío, se caracteriza por lo accidentado del terreno y por la cubierta vegetal a base de bosque de pino, ailes y oyameles, que determinan que esta sea impermeable. Su cuenca media está constituida por abanicos de la Formación

Tarango inferior, con escasa vegetación y con algunos sembradíos, permeabilidad media. La cuenca baja está formada por material fino, principalmente arcillas arenosas y constituye la parte de la cuenca con una permeabilidad reducida.

Río Santa Mónica.- Abarca una superficie de 55.8 km<sup>2</sup>. Se origina en las faldas de los cerros Tláloc y Telapón y está limitado al norte por la cuenca del Río San Bernardino y al sur por la cuenca del Río Coatepec. Tiene un caudal de 0.079 m<sup>3</sup>/s equivalente a un escurrimiento anual de 2,491 millones de m<sup>3</sup>. En la parte alta de la cuenca se encuentran formaciones de la sierra andesítica Tláloc y Telapón, bastante impermeables, por lo que constituye la principal área productora de escurrimientos, en la cuenca intermedia predominan los abanicos aluviales de la formación Tarango. La cuenca baja en la parte plana, está formada por arcillas arenosas que son de permeabilidad reducida.

Río Coatepec.- Este río tiene una cuenca de 49.8km<sup>2</sup>, está limitado al norte por la cuenca del Río Santa Mónica y al sur por la cuenca del Río San Francisco. Tiene caudal de 0,078 m<sup>3</sup>/s equivalente a un escurrimiento anual de 2,460 millones de m<sup>3</sup>. La parte alta de la cuenca la constituyen andesitas de la sierra Tláloc y Telapón de la Sierra de Río Frio, como en los cerros de Cullotepec y Cuachichiquil, de características notablemente impermeables; la parte media está formada por abanicos aluviales de la formación Tarango inferior, de permeabilidad media. En la parte baja de la cuenca se encuentran conos escoriacios y cineríticos como los cerros del Pino y Tejolote.

Río San Francisco.- Este río tiene una cuenca de 151.5 km<sup>2</sup>, nace en las laderas del cerro Telapón, estando limitado al norte por las cuencas del Río Coatepec y San Mónica, al sur por la cuenca del Río de la Compañía y al oriente por el parte aguas oriente de la cuenca. Tiene un caudal de 0,071 m<sup>3</sup>/s equivalente a un escurrimiento anual de 2,239 millones de m<sup>3</sup>. La parte alta de la cuenca está formada por andesitas de la sierra Tláloc y Telapón como los cerros de El Pastor, Cabeza de Toro, Tezoyo, Torrecilla y Ventorrillo, de la Sierra de Río Frio, con bastante vegetación, la parte intermedia la constituyen terrenos de aluvión de la formación Tarango Inferior, de una permeabilidad media La parte baja recibe aportaciones provenientes de una área constituida por conos cineríticos, larvas basálticas, brechas y cenizas interestratificadas pertenecientes a los cerros del Pino y Tejolote.

Río de la Compañía.- Este río tiene una cuenca de 293.5 km<sup>2</sup>, su nacimiento es en las laderas del Volcán Iztaccíhuatl y el cerro Tres Cruces y está limitado al norte por la cuenca del Río San Francisco, al sur por la cuenca del Río Ameca y al oriente por el parte aguas de la Sierra Nevada. Tiene un caudal de 0.178 m<sup>3</sup>/s y un escurrimiento anual de 5,613 millones de m<sup>3</sup>. En la parte alta y al sureste de la cuenca se encuentran andesitas de la sierra Iztaccíhuatl, impermeables y con abundante vegetación. Esta zona forma parte de la Sierra Nevada, una de las más importantes del Valle por su altura. La parte intermedia, constituida por abanicos aluviales de la formación Tarango, tiene una permeabilidad media. La parte baja está constituida por sedimentos aluviales lacustres, impermeables.

El Río Churubusco.- Es de tipo permanente, debido a que lleva agua residual a lo largo de todos los meses del año, los demás ríos son intermitentes y su cauce se reduce en las épocas de estiaje. De las corrientes de agua que alimentan al Lago este es el más importante debido a que además de permanente es también el más caudaloso del sistema. Sus aguas ingresan por diferentes sistemas de bombeo y proviene del sur y sureste de la Cuenca del Valle de México, aporta todo el volumen de aguas residuales y pluviales a la Laguna de Regulación "El Fusible".

Tabla IV.36 Corrientes superficiales que alimentan al Ex-Lago de Texcoco.

Nombre del Río	Máximo ( m <sup>3</sup> )	Gasto Mediano (m <sup>3</sup> )	Mínimo (m <sup>3</sup> )	Volumen Anual (Hm <sup>3</sup> )
Río Churubusco	70,000	10,004	2,000	316,386
Río la Compañía	5,095	4,218	3,076	132,867
<i>Subtotal de Ríos del Sur-Sureste</i>				449,253
Río San Juan Teotihuacán	21,233	69	0	2,186
Río Papalotla	44,330	103	0	3,244
Río Xalapango	14,000	30	0	945
Río Coaxacoaco	34,800	61	0	1,921
Río Texcoco	14,400	18	0	567
Río Chapingo	6,248	16	0	504
Río San Bernardino	8,823	20	0	630
Río Santa Mónica	14,750	43	0	1,355
Río Copatepec	6,673	26	0	819
<i>Subtotal de Ríos del Oriente</i>				12,171
		<b>Volumen</b>	<b>Total Anual</b>	<b>461,424</b>

Como se observa en la tabla anterior el Río Churubusco, que alimenta al vaso de regulación "El Fusible", es el de mayor caudal; conduce aguas provenientes del sur y sureste del Valle, del Dren Xochiaca de Ciudad Netzahualcóyotl y de los Drenes de Chimalhuacán I y II: su gasto máximo en el río es de 70 m<sup>3</sup>/s, el gasto medio es de 10,004 m<sup>3</sup>/s y el gasto mínimo de 2.00 m<sup>3</sup>/s (Cruickshank, 1995). La zona pertenece a la Subcuenca Texcoco. Presenta un área tributaria de 1,700 km<sup>2</sup>. Los ríos torrenciales que bajan de la Siena Nevada, más las aportaciones permanentes del río San Juan Teotihuacán, aportan un caudal medio de 1.47 m<sup>3</sup>/s.

Los ríos de la propia Subcuenca, como son el Río Churubusco, el de la Compañía y el San Juan Teotihuacán, son importantes para el funcionamiento hidráulico-hidrológico del Ex-Lago de Texcoco.

Dentro de la Ex-Lago de Texcoco, durante el estiaje, las aguas residuales provenientes de una parte de la Ciudad de México, son conducidas a través del Dren General hacia el Gran Canal. En época de lluvias, los escurrimientos de aguas pluviales y residuales de estas corrientes son regulados en los vasos de Churubusco y Regulación Horaria, así como por el propio cauce del dren, para posteriormente desfogar en forma controlada hacia el Gran Canal.

Las aguas residuales que circulan por la zona durante el estiaje, son conducidas directamente al Gran Canal, utilizando aproximadamente 1.5 m<sup>3</sup>/s para tratamiento y reúso. Las avenidas de temporada de lluvias, son reguladas y descargadas al Gran Canal, mediante la operación de compuertas a través del propio Dren del Valle y el Canal de la Draga. Las aguas residuales que conduce el Gran Canal son utilizadas para riego en los Estados de México e Hidalgo.

El sistema hidráulico dentro del Ex-Lago de Texcoco ha operado en forma manual desde 1973 y se han presentado algunas contingencias para evacuar las avenidas, que han puesto en riesgo de inundación a la zona conurbada al sur Ex-Lago de Texcoco, debido a la insuficiencia en la capacidad de descarga del Dren General al Gran Canal, ocasionada por el continuo descenso del terreno natural que se presenta al centro de la Ex-Lago de Texcoco, que con valor medio de 28 cm/año en el periodo 1987-1990, ocurre debido al hundimiento regional (Murillo, 1991). Esta condición produce una depresión topográfica norte-sur entre la compuerta del Pato y el tiradero de Bordo de Xochiaca.

Entre los cuerpos de agua que se localizan dentro del área de influencia de la Ex-Lago de Texcoco, se encuentran los reportados por Murillo (1991): estos cuerpos son cuerpos de agua artificiales, creados para el control de las avenidas, a los que se les llama comúnmente "Lagos" cuando son propiamente vasos o cuerpos de agua. Estos vasos tienen carácter permanente, con variaciones estacionales, excepto el "Lago Churubusco" y "Laguna Xalapango" que realizan la regulación de avenidas, de aguas residuales el primero y de aguas-pluviales el segundo; las principales características de los vasos reguladores se indican a continuación.

Tabla IV.37. Corrientes superficiales que alimentan al Ex-Lago de Texcoco.

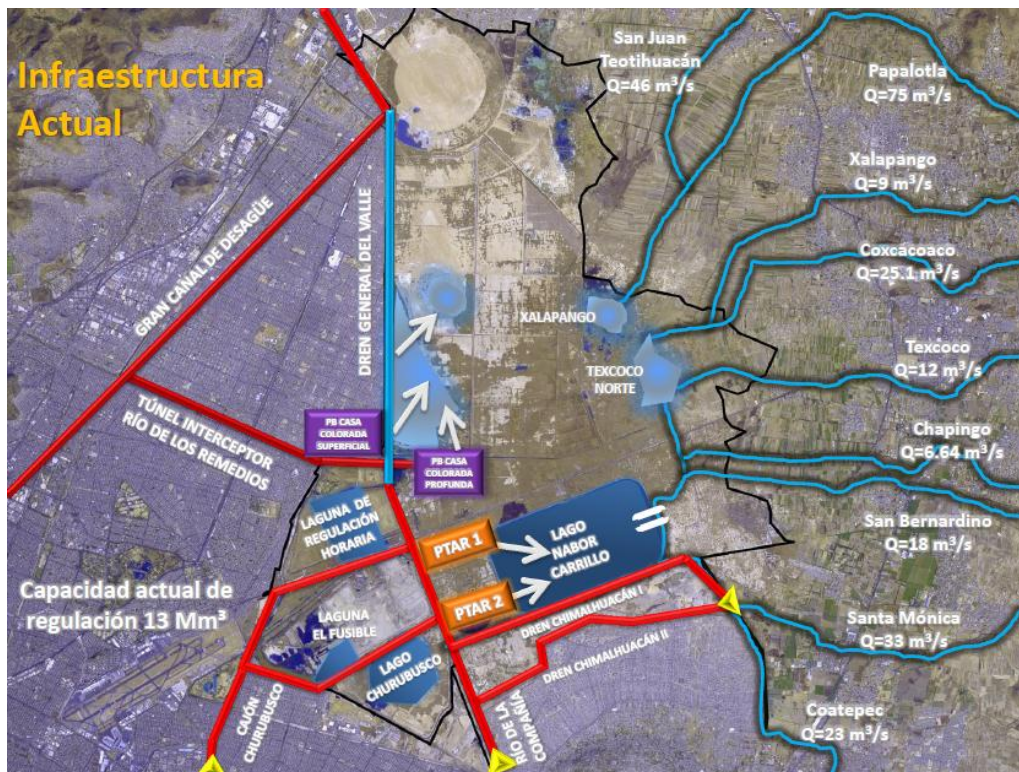
Nombre del río	Máximo (m <sup>3</sup> )	Gasto Mediano (m <sup>3</sup> )	Mínimo (m <sup>3</sup> )	Volumen Anual (Hm <sup>3</sup> )
Río Churubusco	70,000	10,004	2,000	316,386
Río la Compañía	5,095	4,218	3,076	132,867
<i>Subtotal de Ríos del Sur-Sureste</i>				449,253
Río San Juan Teotihuacán	21,233	69	0	2,186
Río Papalotla	44,330	103	0	3,244
Río Xalapango	14,000	30	0	945
Río Coaxcacoaco	34,800	61	0	1,921
Río Texcoco	14,400	18	0	567
Río Chapingo	6,248	16	0	504
Río San Bernardino	8,823	20	0	630
Río Santa Mónica	14,750	43	0	1,355
Río Copatepec	6,673	26	0	819
<i>Subtotal de Ríos del Oriente</i>				12,171
		<b>Volumen Total Anual</b>		<b>461,424</b>

Como se observa en la tabla anterior el Río Churubusco, que alimenta al vaso de regulación "El Fusible", es el de mayor caudal; conduce aguas provenientes del sur y sureste del Valle, del Dren Xochiaca de Ciudad Netzahualcóyotl y de los Drenes de Chimalhuacán I y II: su gasto máximo en el río es de 70 m<sup>3</sup>/s, el gasto medio es de 10,004 m<sup>3</sup>/s y el gasto mínimo de 2.00 m<sup>3</sup>/s (Cruickshank, 1995). La zona pertenece a la microcuenca Texcoco. Presenta un área tributaria de 1,700 km<sup>2</sup>. Los ríos torrenciales que bajan de la Siena Nevada, más las aportaciones permanentes del río San Juan Teotihuacán, aportan un caudal medio de 1.47 m<sup>3</sup>/s.



Los ríos de la propia subcuenca, como son el Río Churubusco, el de la Compañía y el San Juan Teotihuacán, son importantes para el funcionamiento hidráulico-hidrológico del Ex-Lago de Texcoco.

En la siguiente figura se muestra la infraestructura actual.



Fuente: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Sustentabilidad y Restauración Ambiental. Septiembre-2014  
[http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre\\_2014.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre_2014.pdf)

Figura IV.44 Infraestructura actual el funcionamiento hidráulico-hidrológico del Ex-Lago de Texcoco.

**Calidad del agua de los Ríos de Oriente.** La calidad del agua de los Ríos de Oriente es afectada por las descargas residuales de tipo sanitario, residuos sólidos y animales muertos, todo esto contribuye al detrimento de los ríos provocando malos olores, además las aguas de los ríos se convierten en vectores que afectan la salud de las poblaciones aledañas. Cabe mencionar que CONAGUA realizó un muestreo a partir del 8 de octubre hasta el 19 de octubre de 2013, en el cual se caracterizó el agua de los ríos, se tomaron muestras a lo largo de cada uno de estos y se determinaron parámetros de calidad del agua como coliformes fecales, DBO5 total, DQO total, grasas y aceites, entre otros. Por otra parte es de resaltar que los resultados obtenidos de estos muestreos ponen en evidencia la mala calidad de agua de los ríos debido a que se rebasan los límites permisibles de la NOM-001-NOM-SEMARNAT-1996, "que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales". A continuación se enuncian los parámetros establecidos en dicha norma.

En el área del Ex-Lago de Texcoco, durante el estiaje, las aguas residuales provenientes de una parte de la Ciudad de México, son conducidas a través del Dren General hacia el Gran Canal. En época de lluvias, los escurrimientos de aguas pluviales y residuales de estas corrientes son regulados en los vasos de Churubusco y Regulación Horaria, así como por el propio cauce del dren, para posteriormente desfogar en forma controlada hacia el Gran Canal.

Las aguas residuales que circulan por la zona durante el estiaje, son conducidas directamente al Gran Canal, utilizando aproximadamente 1.5 m<sup>3</sup>/s para tratamiento y reúso. Las avenidas de temporada de lluvias, son reguladas y descargadas al Gran Canal, mediante la operación de compuertas a través del propio Dren del Valle y el Canal de la Draga. Las aguas residuales que conduce el Gran Canal son utilizadas para riego en los Estados de México e Hidalgo.

### Cuerpos de Agua

Entre los cuerpos de agua que se localizan dentro del área de influencia del Ex-Lago de Texcoco, se encuentran los reportados por Murillo (1991): estos cuerpos son cuerpos de agua artificiales, creados para el control de las avenidas, a los que se les llama comúnmente "Lagos" cuando son propiamente vasos o cuerpos de agua. Estos vasos tienen carácter permanente, con variaciones estacionales, excepto el "Lago Churubusco" y "Laguna Xalapango" que realizan la regulación de avenidas, de aguas residuales el primero y de aguas-pluviales el segundo; las principales características de los vasos reguladores se indican a continuación.

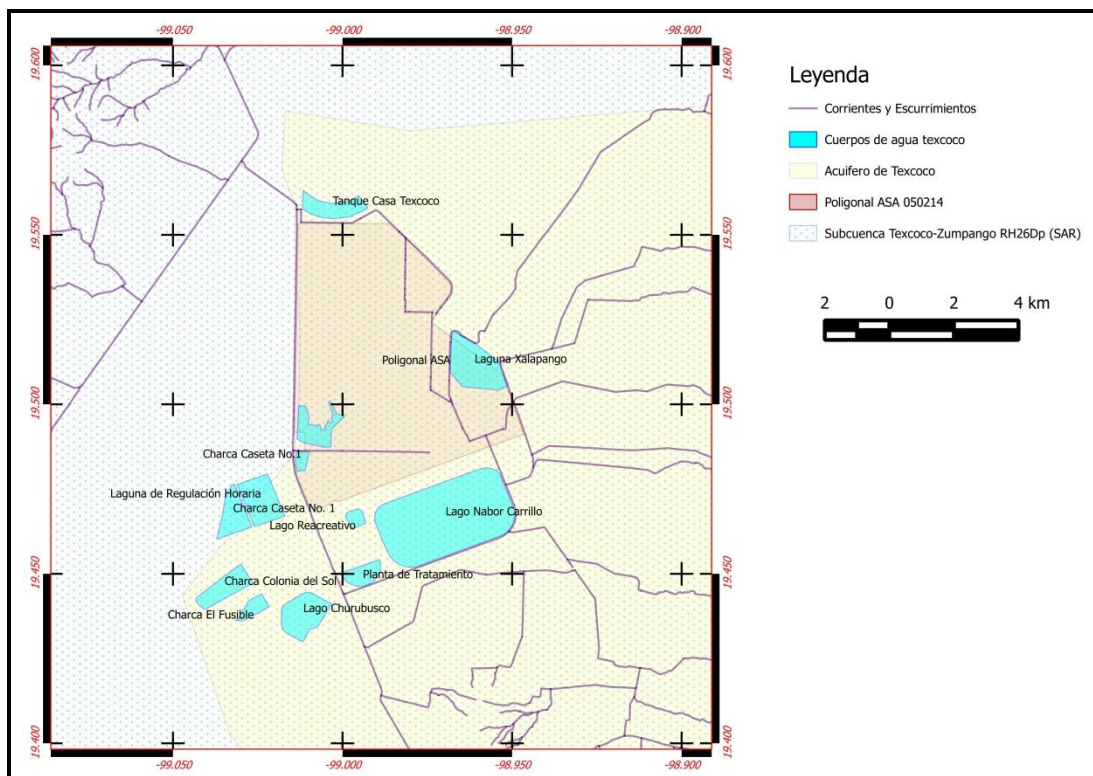
Tabla IV.38 Cuerpos de agua artificiales.

Vasos o cuerpo de agua	Capacidad x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Superficie (ha)	Tipo de Agua
Nabor Carrillo	36.00	917.00	Tratadas y de lluvia
Regulación Horaria	4.50	150.00	Residuales
Churubusco	5.00	267.001	Residuales
Texcoco Norte	0.45	45.00	Residuales y de lluvia
Xalapango	4.80	214.00	De lluvia
Recreativo	0.36	29.001	De pozo
"Lagunas" Facultativas	0.96	56.001	Residuales
Caracol Sosa Texcoco	10.80	900.00	Salmuera
<b>Totales</b>	<b>62.87</b>	<b>2,578.001</b>	

El Nabor Carrillo, con capacidad de 36 millones m<sup>3</sup> y una superficie de 917 ha inició su operación en 1982; opera como vaso regulador y almacenador de aguas residuales tratadas y de lluvia de los Ríos del Oriente; por la carga orgánica que recibe, se encuentra en avanzado proceso de eutrofización. El vaso Churubusco, con capacidad de 5 millones m<sup>3</sup> en una superficie de 267 ha, regula y almacena aguas pluviales y residuales, el vaso de Regulación Horaria tiene una capacidad de 4.50 Mm<sup>3</sup> en una superficie de 150 ha; el vaso Recreativo con capacidad de 0.36 Mm<sup>3</sup> y superficie de 29 ha, menciona como un refugio de aves nativas y migratorias; la vaso Xalapango regula y almacena las avenidas de la cuenca oriental, con capacidad de 4.80 Mm<sup>3</sup> en una superficie de 214 ha.

Existe también una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que funciona como vaso facultativo, con una capacidad de 50lps, la Planta de Tratamiento de Aireación y Contracorriente con capacidad de 1,000lps y la Planta Experimental de Tratamiento Terciario con 50lps.

En el siguiente mapa se muestra lo ya indicado y se emplean los términos "Lago" y "Laguna" ya que así aparecen en el original.



Mapa IV.18 Cuerpos de agua artificiales.

El Tanque de Evaporación Solar “El Caracol”, con una capacidad de 10.80 Mm<sup>3</sup> y una superficie de 900 ha es una instalación industrial para concentrar sales de aguas subterráneas extraídas por bombeo y producir álcalis y productos industriales diversos.

Las condiciones de flujo en el subsuelo han sido estudiadas por diversos medios, principalmente del tipo geofísico, mediante prospecciones en la zona lacustre. Por medio de refracción sísmica, se han registrado cuatro mantos sísmicos, el primero, con espesor de 30 m al centro del Lago. El segundo estrato tiene una profundidad de 30 a 480 m al centro de la región. El tercer manto, está compuesto por las formaciones volcánicas del Oligoceno y Mioceno, con profundidad de 480 a 1,450 m de profundidad al centro del Lago. Finalmente, el cuarto cuerpo tiene una profundidad de 700 m al norte y a 1,450 m hacia la zona central. Estos estudios sísmicos fueron realizados por Provector Texcoco (SHCO, 1969).

Entre otros cuerpos de agua empleados para regulación que son de importancia, están:

Tabla IV.39 Cuerpos de agua para regulación

Laguna	Prof. Máx. (m)	Tirante Agua (m)	Área (ha)	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen de Almacenamiento (m <sup>3</sup> )
Hidalgo Carrizo	2.5	2	304	3,034,500	6,069,000
San Bernardino	2.5	1.5	312	3,117,946	4,676,919
Moño 3	2.5	2	39.1	391,297	782,594
Moño 1	2.5	2	49.6	495,659	991,318
Moño 2	2.5	2	303	3,025,475	6,050,950
Peñón Texcoco Sur	3	2	166	1,662,407	3,324,814
Peñón Texcoco Sur 1	3	2	144	1,436,655	2,873,310

El agua se obtiene principalmente de pozos con una producción media de 25 litros por segundo, el volumen anual extraído se calcula en 56.119 miles de m<sup>3</sup>. El uso del agua en miles de m<sup>3</sup> en orden decreciente se calcula en 17.739 para uso agrícola, 7.100 para uso doméstico y servicios públicos, 698 industrial y 502 pecuario. La calidad del agua es de regular a buena.

Desde 1972 está restringida la perforación de nuevos pozos para cualquier fin o uso, debido a la sobreexplotación de las aguas subterráneas y la reducción del nivel de los mantos acuíferos, sin embargo dentro de la Zona Federal existen más de 350 pozos, de los cuales algunos corresponden a los perforados por el Proyecto Texcoco de 1967 a 1969 y otros de ellos se encuentran cancelados y sellados, mientras que otros están obstruidos total o parcialmente y fuera de uso algunos otros se encuentran en operación y abastecen con agua salobre a estanques piscícolas y al vivero forestal o al Lago Recreativo para conservar el hábitat de especies animales de la región y la producción de peces.

**Inundaciones.** Las inundaciones que sufre el Valle de México se deben básicamente a su naturaleza lacustre y al crecimiento urbano hacia zonas que eran ocupadas por los antiguos lagos (Xaltocan, Zumpango, Texcoco, Xochimilco y Chalco). La urbanización ha traído consigo la deforestación, el arrastre de sedimentos a las partes bajas y la eliminación de zonas de infiltración. Aunado a lo anterior, el riesgo de inundaciones se ha incrementado en virtud de que la sobreexplotación de los mantos acuíferos está provocando hundimientos diferenciales que hacen que la infraestructura de desagüe pierda la capacidad para desahogar el agua de lluvia.

En la planeación hidrológica de la región política se plantea un objetivo que se enfoca a reducir los riesgos y mitigar los efectos nocivos de los fenómenos naturales extremos y del cambio climático. La estrategia de acciones estructurales está enfocada en conservar, rehabilitar y construir obras para el control de inundaciones principalmente. En ese sentido, en la cartera de proyectos se considera la construcción de presas y bordos para el control de avenidas, infraestructura urbana para protección de poblaciones, realizar estudios técnicos y socioeconómicos e implementar acciones de desazolve y rectificación de cauces.

**Análisis de la calidad del agua.** Para definir la calidad de agua superficial se hará énfasis en el mayor cuerpo de agua de la zona de estudio, que es el Lago Nabor Carrillo.

**Fisicoquímicos.** Con base en los registros del OD y a pesar del régimen de mezcla (debido a la bomba de oxígeno en superficie), ya que en general el lago se mantiene bien oxigenado superficialmente ( $9.3 \text{ mg L}^{-1} \pm 3.9 \text{ mg L}^{-1}$ ), lo cual se debe principalmente a la influencia de la producción primaria (Wetzel, 1975), a profundidad media y a fondo se observan valores en bajas concentraciones ( $4.7 \text{ mg L}^{-1} \pm 3.1 \text{ mg L}^{-1}$  y  $1.9 \text{ mg L}^{-1} \pm 1.6 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente), debido en parte a la consistente sobresaturación en la superficie y a la utilización del mismo en la descomposición de la materia orgánica acumulada en el fondo, los niveles estuvieron, siempre, por debajo del mínimo necesario para la cría de peces, aún para los de baja calidad económica como bagre, tilapia, charal y carpa ( $2 \text{ mg L}^{-1}$ ; Brock, 1988), dejando **inoperativa la meta de utilizar al lago Nabor Carrillo para la piscicultura.**

Con respecto a la alcalinidad total en las aguas, la cual mide directamente la reserva alcalina, es decir, la suma de aniones procedentes directa o indirectamente (a través de la disolución de la sal correspondiente) de un ácido débil y cuya propiedad normalmente es impartida por la presencia de bicarbonatos y carbonatos y ofrece un medio de clasificación estequiométrica de las formas principales de alcalinidad presentes en muchas aguas, presentó un valor de promedio de  $1\,195 \text{ mg L}^{-1} \pm 42 \text{ mg L}^{-1}$ , con valores mínimos y máximos de  $560 \text{ mg L}^{-1}$  entrada y  $1\,420 \text{ mg L}^{-1}$  interior y salida del lago. Tales valores indican una reserva alcalina elevada y un incremento de acuerdo al reportado por Díaz en 1987 de  $1\,224 \text{ mg L}^{-1} \pm 241 \text{ mg L}^{-1}$ . Tales valores deben estar siendo determinados por la disolución de sales de suelo e incrementando probablemente por la acción del viento, al acarrear partículas hacia el interior del embalse lo que produce un cambio de bicarbonatos ( $342 \text{ mg L}^{-1} \pm 86 \text{ mg L}^{-1}$ ) a carbonatos ( $418 \text{ mg L}^{-1} \pm 67 \text{ mg L}^{-1}$ ), tal tendencia se explica por los valores del pH reportados ( $9.9 \pm 0.3$ ) que de acuerdo con Wetzel (1975) a niveles mayores de 9.5 el carbonato comienza a adquirir preponderancia en la alcalinidad que el cuerpo de agua presente. Además a un incremento del pH, el  $\text{Ca}^{++}$  decrece y los cationes principales en solución son  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^{++}$  y, en ocasiones, cantidades apreciables de  $\text{K}^{+}$ , los cuales contribuyen más a la alcalinidad del agua. De esta forma, aunado a la alta evaporación (mayor que la precipitación que no se compensa con la precipitación pluvial; Seruya y Pollowher, 1983) y a un continuo arrastre del suelo (de tipo alcalino-sódico) al interior del embalse por la acción de los vientos, el lago Nabor Carrillo es de tipo alcalino, con un pH básico, predominando en orden de dominancia los iones:  $\text{Cl}^{-} > \text{CO}_3^{=} > \text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{=} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+} > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++}$ , es decir, con mayores concentraciones de los cationes sodio y potasio y de los aniones cloruros y carbonatos y cuyos valores sobrepasan los límites máximos permisibles para la agricultura (Jiménez y Ramos, 1997).

Otro de los parámetros que determina la conveniencia o no en la reutilización de un agua en la agricultura lo constituye la relación de absorción de sodio (RAS), índice del potencial que evalúa la capacidad del agua de riego para inducir la sodicidad en el suelo. La cual se mide como el por ciento de sodio intercambiable del suelo. El RAS se calcula a partir de la concentración del sodio, del calcio y del magnesio en el agua y proporciona una idea del nivel de sodio intercambiable

(PSI) que estabilizará al suelo durante un riego prolongado. El RAS de un agua de riego incrementa el del suelo cuando el contenido de sodio, calcio y magnesio se incrementan por evapotranspiración del agua (Jiménez y Ramos, 1997). Puesto que la concentración del sodio en el agua es un factor común tanto del RAS como del contenido total de sales, ambos son directamente proporcionales. Se ha encontrado, además, que el agua de riego con elevado contenido de bicarbonatos/carbonatos conduce a precipitar el calcio en forma de carbonatos en el suelo. Esto provoca que la solución del suelo se enriquezca en sodio y se incremente tanto el RAS como el PSI. Para compensar este efecto, se debe ajustar el valor del RAS al conocido como "RAS efectivo" que es superior para aguas con un contenido apreciable de bicarbonatos (OMS, 1985). En el lago el valor del RAS es de 60.03 mmol L<sup>-1</sup>. Todos los cultivos sensibles absorben sodio en niveles tóxicos por las raíces. Mediante el riego de un agua con elevado contenido de sodio, se induce la sodicidad del suelo. Los efectos negativos de ello incluyen (Jiménez y Ramos, 1997 y OMS, 1985): disminución de la productividad por la absorción de sodio por medio de las raíces, disminución de la permeabilidad del suelo e incremento de su dureza, reducción de la productividad y de la calidad de los cultivos, deterioro de la capa arable superficial que se manifiesta por el endurecimiento de la capa superficial del suelo que dificulta su laboreo (el suelo se vuelve resbaladizo cuando está mojado y forma terrones cuando se seca).

Tabla IV.40 Valores correspondientes a los iones principales del lago Nabor Carrillo y máximos permitidos para riego

Parámetros Determinados	Valores obtenidos			Máximos permitidos para el riego (mg L <sup>-1</sup> )	
	Entrada (mg L <sup>-1</sup> )	Interior y salida		Meta de calidad	Valores tolerables
		(mg L <sup>-1</sup> )	(mmol L <sup>-1</sup> )		
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	2 161	5348	NA	40	540
pH (sin/unidades)	8.3	10.4	NA	6.5 a 8.5	< 6.6 a 8.5
Alcalinidad total	560	1 420	14	NE	NE
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	393	354	5.8	NE	NE
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	7	426	7.1	NE	NE
SDT	980	2 954	NA	40	> 540*
SST	32	204	NA	50	100
Cl <sup>-</sup>	268	840	24	140	700
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	159	216	2.2	170	170
Na <sup>+</sup>	320	1 090	47	700	700
K <sup>+</sup>	54	162	4.1	NE	NE
Ca <sup>2+</sup>	293	17	0.4	NE	NE
Mg <sup>2+</sup>	51	20	0.8	NE	NE
RAS mmol/L	17.3	NA	60	1.5	20
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	85	15	0.2	NE	NE
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.05	0.44	0.007	5	30
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1.2	0.16	0.003	0.05	NE
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	34.3	1.5	0.08	NE	NE

Balance iónico: 7.7, \*Problemas de mediano impacto, NA: No Aplica, NE: No Especificado  
 Relación Redfield obtenida para el Nabor Carrillo N: 0.33: P:1.

Fuente: Jiménez y Ramos, 1997.

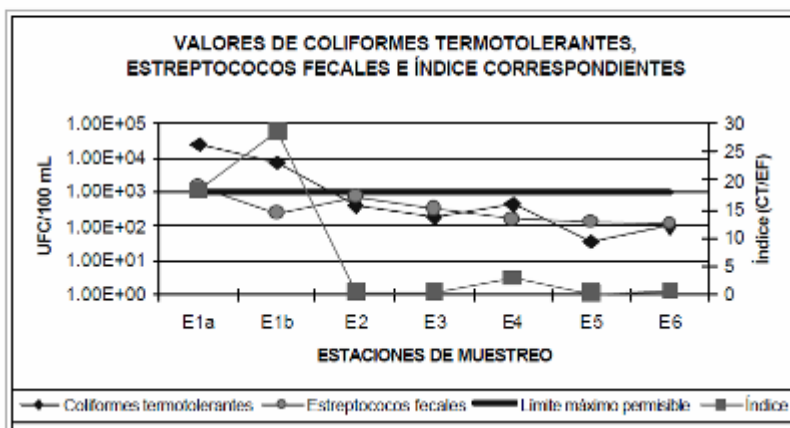
Finalmente y para el caso de los nutrientes se determinó los valores generales de fósforo total, ortofosfatos, N-nitratos, N-nitritos y N-amonio. Para cada lago, sea natural o artificial, las concentraciones tanto de fosfatos como de nitrógeno son muy variables. Esto se debe a las condiciones climáticas, de drenaje, de contaminación y productividad existentes en cada cuerpo de agua, lo cual explica que la composición con otros cuerpos sea difícil de establecer. Con respecto al fósforo, el cual se encuentra en las aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos, su entrada se debe principalmente a las aguas tratadas, que traen consigo concentraciones altas procedentes de la degradación de desechos humanos y domésticos (detergentes, fertilizantes), así como por la carga orgánica proveniente de los desechos de animales de sangre caliente (como aves). Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en procesos biológicos o por recibir la carga biológica del agua. El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos y puede ser el nutriente limitador de la productividad primaria de un cuerpo en el agua o bien pueden estimular el crecimiento de micro y macroorganismos acuáticos fotosintéticos en cantidades molestas, como es el caso del Nabor Carrillo, aunado a que su uso se ve limitado a causa de las condiciones turbias y al aporte continuo a través de la llegada de aguas tratadas en aguas de alta alcalinidad con exceso de sodio y pobre de calcio, generalmente de poca profundidad (Margalef, 1983), queda una concentración insuficiente de calcio para la coprecipitación del fosfato cálcico con el carbonato de calcio, uno de los mecanismos de autopurificación de fosfato más eficientes en cuerpos de agua con baja a media reserva alcalina; por tal motivo, el ortofosfatos permanece en solución en altas cantidades. En el Nabor Carrillo tal mecanismo de autopurificación no se presenta (eliminación del P) porque la reserva alcalina es alta, manifestada también por un pH básico y la suma de cloruros y sulfatos menor que la concentración de sodio. Así mismo el aporte del nitrógeno se da sobre todo por el vertido de aguas tratadas, aunque es probable que haya una entrada extra a través de

los desechos de las aves que lo habitan; sin embargo, en todos los casos donde los cuerpos de agua son alimentados con aguas tratadas el nitrógeno tiende a ser el elemento limitante con respecto al fósforo y con base en la relación Redfield (N16 P1). La muestra los valores obtenidos en entrada e interior del lago, así como los máximos permitidos para el riego, tanto como meta de calidad como valores tolerables para los diferentes iones. **Como se puede observar el agua del Nabor Carrillo, no es adecuada para su reutilización para la agricultura de forma directa.**

Bacteriológicos. Si bien existe un aporte bacteriológico alto (105 UFC/100mL) de origen fecal al lago (principalmente de humanos y aves), la disminución en el interior y salida del embalse (posiblemente a causa de la combinación de los factores ambientales que por la acción catalizadora de la luz, forman especies reactivas o fotooxidativas tóxicas: peróxido de hidrógeno, radicales hidroxilo y que al combinarse con altos pH del medio > 9.0. De esta forma, las sustancias tóxicas de oxígeno dañan la membrana interna de las bacterias, y con ello la capacidad de mantener un pH interno entre 7.6 y 7.8 (óptimo de sobrevivencia) cuando el del medio externo es > 9.0; (Curtis *et al.*, 1992) permite cumplir con los límites máximos permisibles para la agricultura. Tanto en la tabla siguiente como en la gráfica siguiente se muestra que para el caso del lago Nabor Carrillo, los valores máximos bacteriológicos detectados en la entrada, a causa de las descargas de las lagunas de lodos activados y los mínimos (no detectados) en las estaciones internas y salida del embalse.

Tabla IV.41 Valores máximos y mínimos bacteriológicos (UFC/100 mL) para el lago Nabor Carrillo

Estaciones	Valor	Coliformes Termotolerantes	Estreptococos fecales	Salmonella spp.	V. cholerae
Salida e internas	Mínimo	No Detectado	No Detectado	No Detectado	No Detectado
Entrada	Máximo	$2.4 \times 10^5 + 5.5 \log$	$2.1 \times 10^5 + 4.6 \log$	$8.1 \times 10^3 + 3.4 \log$	$3.2 \times 10^2 + 2.6 \log$



Gráfica IV.1 Valores bacteriológicos observados para las siete estaciones monitoreadas

Con base en la información anterior, se puede concluir lo siguiente:

La historia de las modificaciones hidráulicas de la planicie de Texcoco se inició en el siglo XIX toda vez que los escurrimientos superficiales que confluye han sido conducidos a través de canales artificiales hacia el exterior de la Cuenca de México, con el fin de atenuar las inundaciones que antaño afectaba a toda esta región.

En el área del Ex-Lago de Texcoco, durante el estiaje, las aguas residuales provenientes de una parte de la Ciudad de México, son conducidas a través del Dren General hacia el Gran Canal. En época de lluvias, los escurrimientos de aguas pluviales y residuales de estas corrientes son regulados en los vasos de Churubusco y Regulación Horaria, así como por el propio cauce del dren, para posteriormente desfogar en forma controlada hacia el Gran Canal. El área del predio del Proyecto no ha sido diseñada para funcionar como vaso regulador ni para el almacenamiento provisional, temporal o permanente de los escurrimientos naturales y el dren sanitario.

El caudal de los escurrimientos superficiales de los denominados Ríos de Oriente, está conformado por agua sanitarias domésticas de los núcleos poblacionales que recorren, lo que los hace no aptos para el consumo humano o su empleo en actividades agrícolas. En la temporada de lluvias, esta condición no varía ya que además del agua sanitaria, se registra el arrastre de residuos sólidos urbanos.

El agua del Lago Nabor Carrillo no puede ser empleada para la piscicultura debido a los valores bajos de oxígeno disuelto originados por la degradación de la materia orgánica acumulada en el fondo, además de que tiene un rango de no adecuada a permisible para su uso en riego agrícola, donde de acuerdo al inciso 4.2 de la NOM-001-SEMARNAT-1996, el límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas en suelo (uso agrícola) es < 1000 por cada 100 mL.

Sin embargo, el riesgo a la salud humana persiste por la presencia de dos cepas de *Acanthamoeba* spp. aisladas e identificadas del lago Nabor Carrillo que mostraron ser virulentas en ratón, lo cual hace inferir de forma indirecta la posible patogenicidad en humanos.

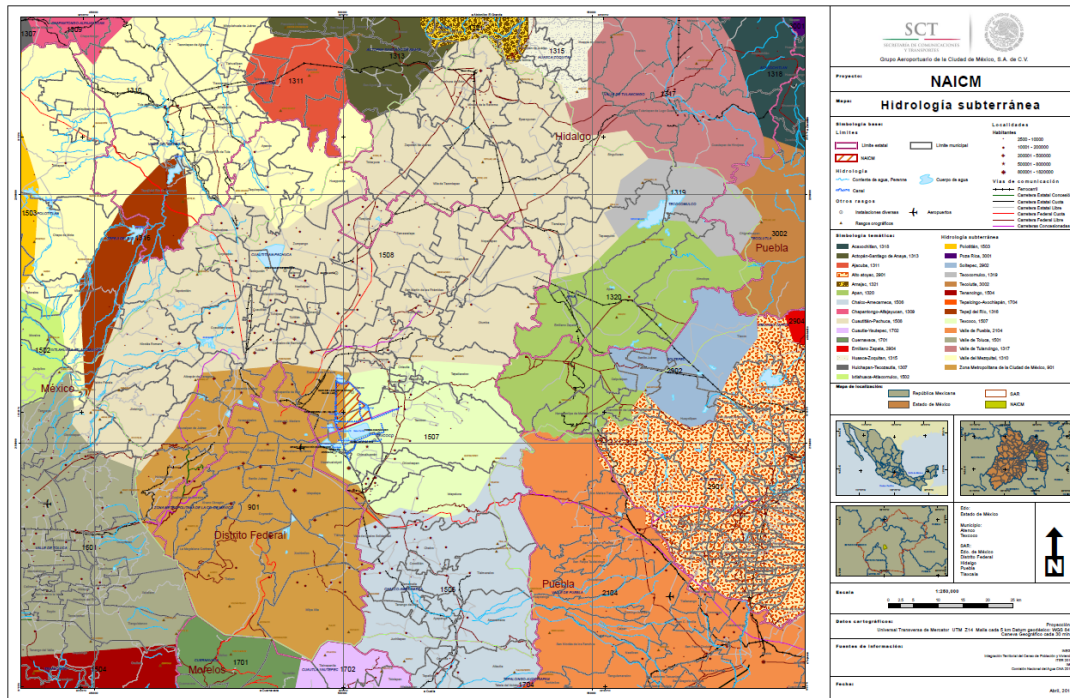
Además que se provocaría la sodicidad del suelo que reciba dicho riego y su alcalinidad, así como la disminución de la permeabilidad del suelo y el deterioro continuo de capa arable superficial.

IV.3.9 Hidrología Subterránea.

El SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto se encuentran asentados sobre los siguientes acuíferos:

Nombre	SAR y el AIP (ha)	Poligonal del Proyecto (ha)
Actopan-Santiago de Anaya	310.95	
Alto Atoyac	1,130.96	
Amajac	459.43	
Apan	110,492.35	
Chalco-Amecameca	83,535.88	
Cuatitlan-Pachuca	394,929.45	
Huasca-Zoquitlan	147.54	
Soltepec	19,949.24	
Tecocomulco	34,604.77	
Tecolutla	2,793.54	
Tepeji del Rio	1,424.84	
Texcoco	92,223.92	2,765.89
Valle de Puebla	369.49	
Valle de Toluca	189.83	
Valle de Tulancingo	1,972.77	
Valle del Mezquital	8,117.68	
Zona Metropolitana de la Cd. de México	200,917.67	1,665.27

Esta distribución se observa en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.15 Hidrología subterránea.



Mapa IV.19 Distribución de los acuíferos sobre los que se encuentran el SAR, el AIP y la poligonal del Proyecto.

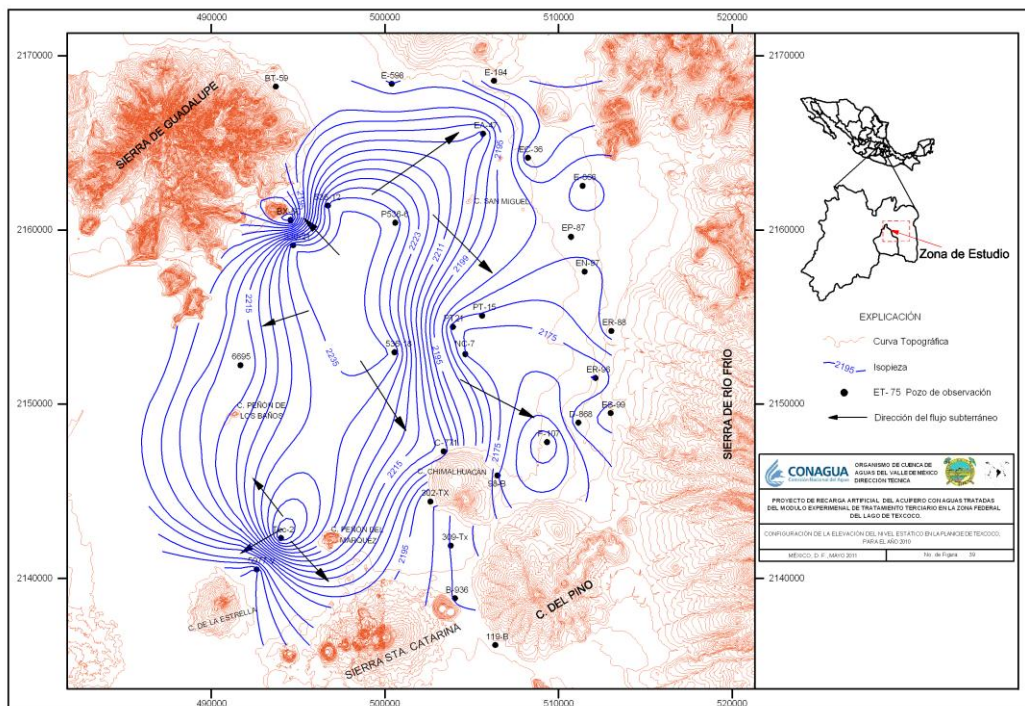


De los acuíferos antes descritos sobresale los que se ubican en la planicie de Texcoco, y que son de dos tipos.

Unidad hidrogeológica intergranular. Constituida por arcilla, limos, arena fina, tobas, arena y arcilla, y que en conjunto hacen los 400 metros. Estos sedimentos se interdigitan con sedimentos de textura más grande como arena, gravas, conglomerados y lavas. La secuencia fluvial. Esta unidad hidrogeológica constituye un acuitardo, con espesor de hasta 200 m, que sobreyace a un acuífero confinado. Valores de conductividad hidráulica (K). No existen pozos que extraigan agua del acuitardo por lo que se adoptaron los valores obtenidos y reportados por (Marsal y Masari, 1959; Rudolph, 1989; Vargas-Cabrera, 1995; y Huizar-Alvarez, 1989), quienes indican que la (Kh) conductividad hidráulica horizontal varía de  $10^{-6}$  a  $10^{-10}$  m/s. Esta conductividad se ha incrementado por fracturas (Murillo y García, 1978; Juárez Badillo, 1978). El concepto de acuitardo se refiere a que la estructura contiene agua pero la transmite muy lentamente o no la transmite en su totalidad.

Acuífero granular. Debajo de la secuencia lacustre e interdigitado lateralmente a esta, existen materiales granulares de origen fluvial (limos, arenas, gravas). La conductividad hidráulica varían entre Kh entre  $1.5 \cdot 10^{-3}$  y  $3 \cdot 10^{-4}$  m/s, la Kv de  $1.1 \cdot 10^{-4}$  m/s, el coeficiente de almacenamiento (S) es entre  $10^{-3}$ . Es un acuífero confinado, hacia las faldas de las Sierras pasa de confinado a libre. Desde el punto de vista sedimentológico, la mayor homogeneidad se presenta en una amplia superficie que comprende los lados oeste, sureste y noroeste del Lago Nabor Carillo y a partir de este Lago, en donde se interpreta la existencia de una secuencia homogénea de seis estratos de sedimentos finos alternados de arcilla, limo arena fina y caliza lacustre y se interdigitan con tobas, brecha y lavas, que lateralmente cambian a conglomerado.

Las aguas subterráneas (Comisión del Lago de Texcoco, 1982) son de tres tipos: aguas someras o de las capas superficiales, aguas de pozos someros y profundidad media y los mantos acuíferos profundos. Las aguas someras, presentan un elevado contenido de sales el cual decrece con los diversos niveles de profundidad. Los mantos acuíferos profundos por sus características químicas son utilizados para fines de consumo.



Mapa IV.20 Configuración de la elevación del nivel estático en la planicie de Texcoco en el año 2010.

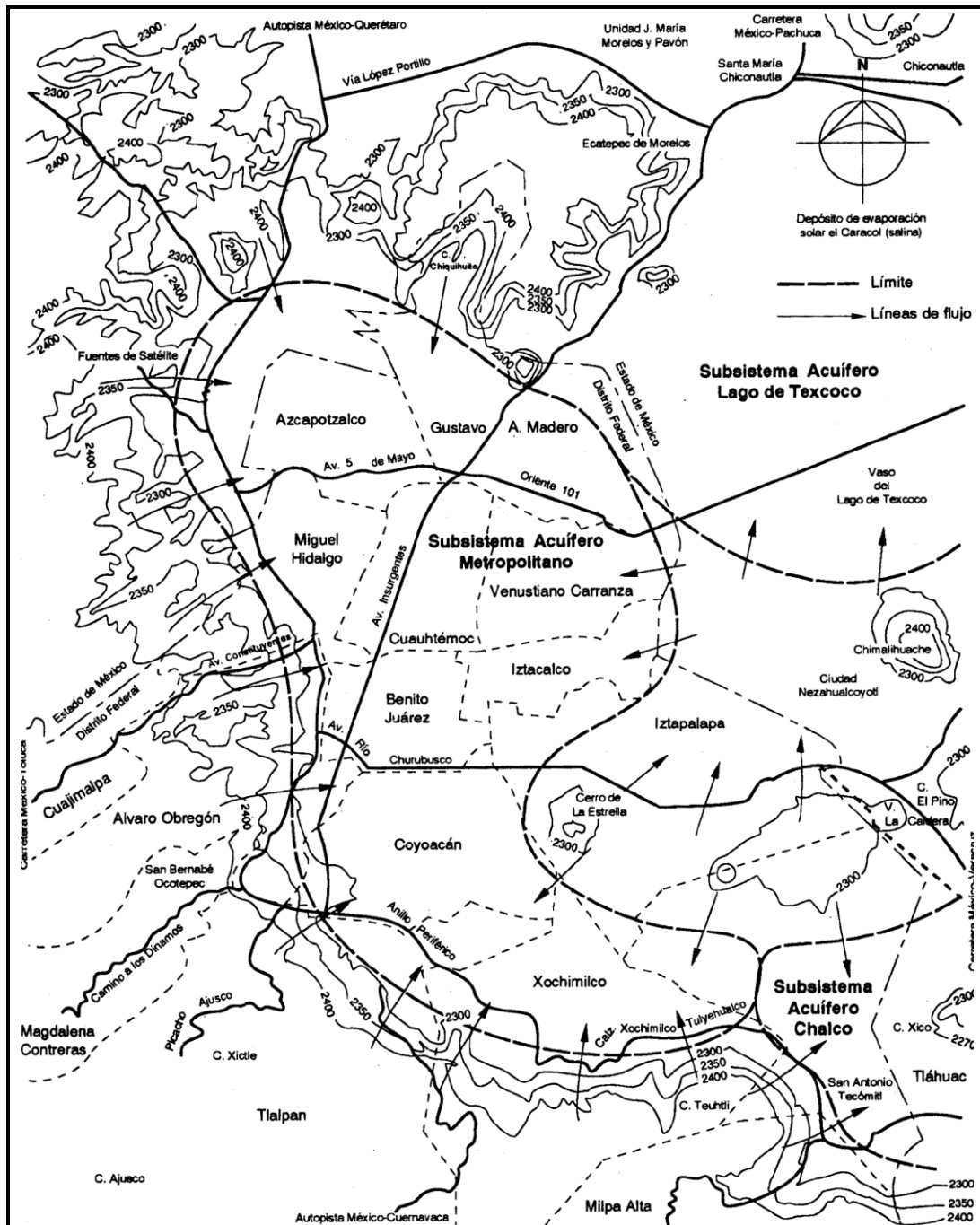


Figura IV.45 Sistema de acuíferos.

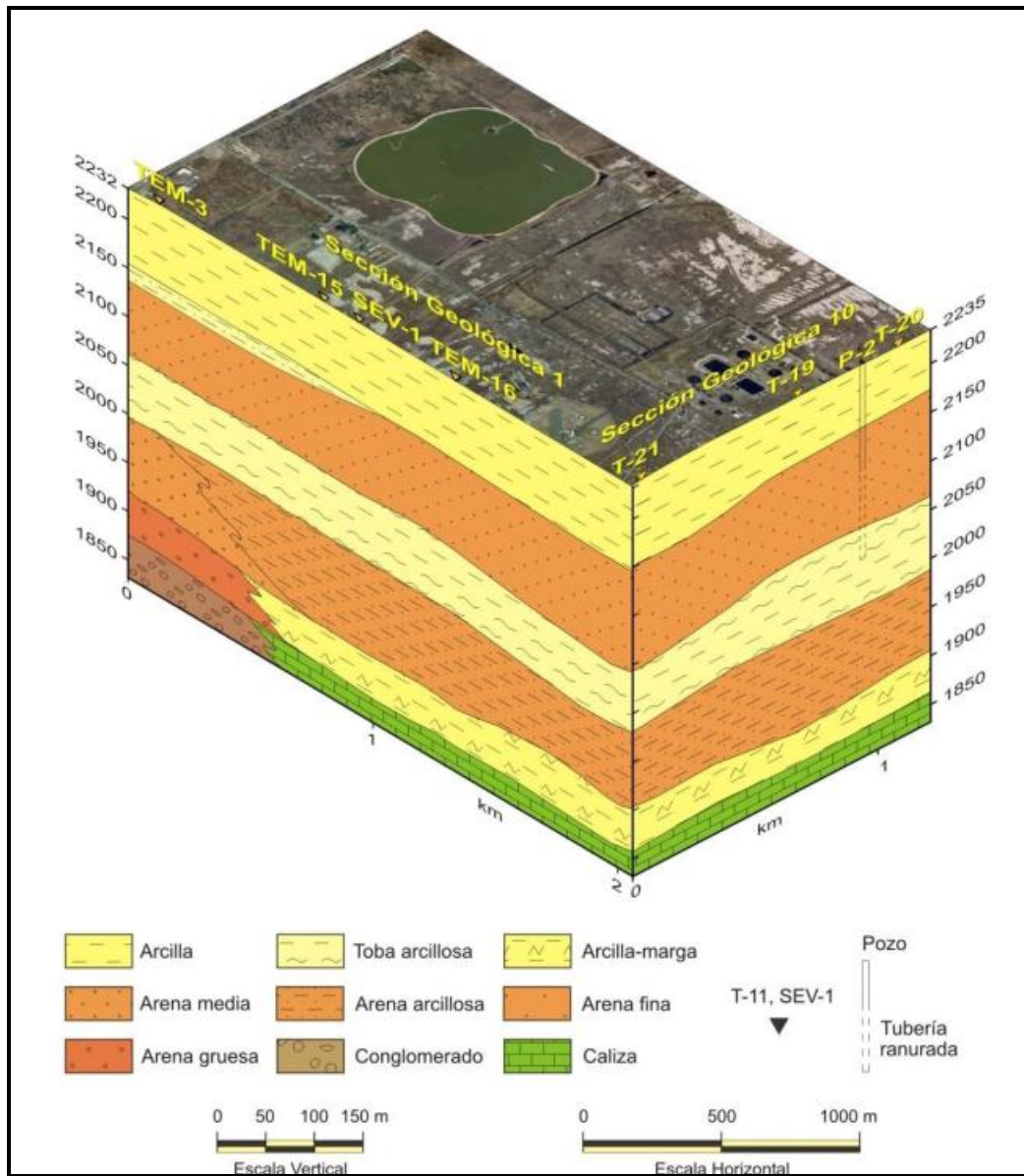


Figura IV.46 Secciones geológicas tipo.

La Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco se refiere al área de protección que se delimitó administrativamente con base en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, considerando las zonas inundables y lo que fueran los terrenos de la empresa Sosa Texcoco, que realizaba la extracción de sales carbonatos e hidróxido de sodio, así como otros proyectos como el de cultivo del plancton de la especie *Spirulina*. El aprovechamiento de los recursos actualmente es limitado, observando por ejemplo que en la poligonal del Proyecto se realizó algún cultivo con riego por goteo, pero que en la actualidad se encuentra abandonado.

La salinidad del suelo y agua es una limitante muy importante para el aprovechamiento de los recursos en actividades humanas, sin embargo, se puede mencionar de manera destacada el rescate ecológico que se ha estado gestando en la zona, con resultados evidentes sobre la vegetación y el control de avenidas, así como el tratamiento de aguas residuales y su aprovechamiento, y a que se han creado áreas que sirven de descanso y alimentación a aves migratorias que tienen esta zona en sus rutas anuales.

Debido a que la poligonal del Proyecto se ubica sobre el acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y el acuífero Texcoco, se hará una descripción detallada de ambos.

#### **Descripción del acuífero en el eje vertical**

La principal recarga al acuífero es la infiltración por lluvia, la cual se genera sobre los flancos de las elevaciones topográficas, en especial en la porción sur, debido a la alta permeabilidad de las rocas que existen en esa zona. Sin embargo de acuerdo a las propiedades físicas y el comportamiento hidráulico de los materiales no consolidados y rocas del acuífero de la Zona Metropolitana del Valle de México Ortega G y Farvolden. (1988) formaron cinco unidades hidrogeológicas:

- Acuitardo en materiales lacustres cuaternarios.
- Acuífero en rocas volcánicas y materiales cuaternarios.
- Acuífero en materiales piroclásticos y aluviales terciarios (Acuífero principal en explotación).
- Acuitardo en rocas volcánicas terciarias.
- Acuífero en rocas carbonatadas cretácicas.

Con base a la información estratigráfica recopilada y a las secciones geológicas propuesta, además de diversos estudios como el de Leiva Suárez, (2010), y siguiendo como guía el modelo de Mooser y Molina, (1992), se realizó el desarrollo de cada uno de los sistemas acuíferos en el Valle de México a través de las secciones hidrogeológicas que se muestran en la siguiente figura.

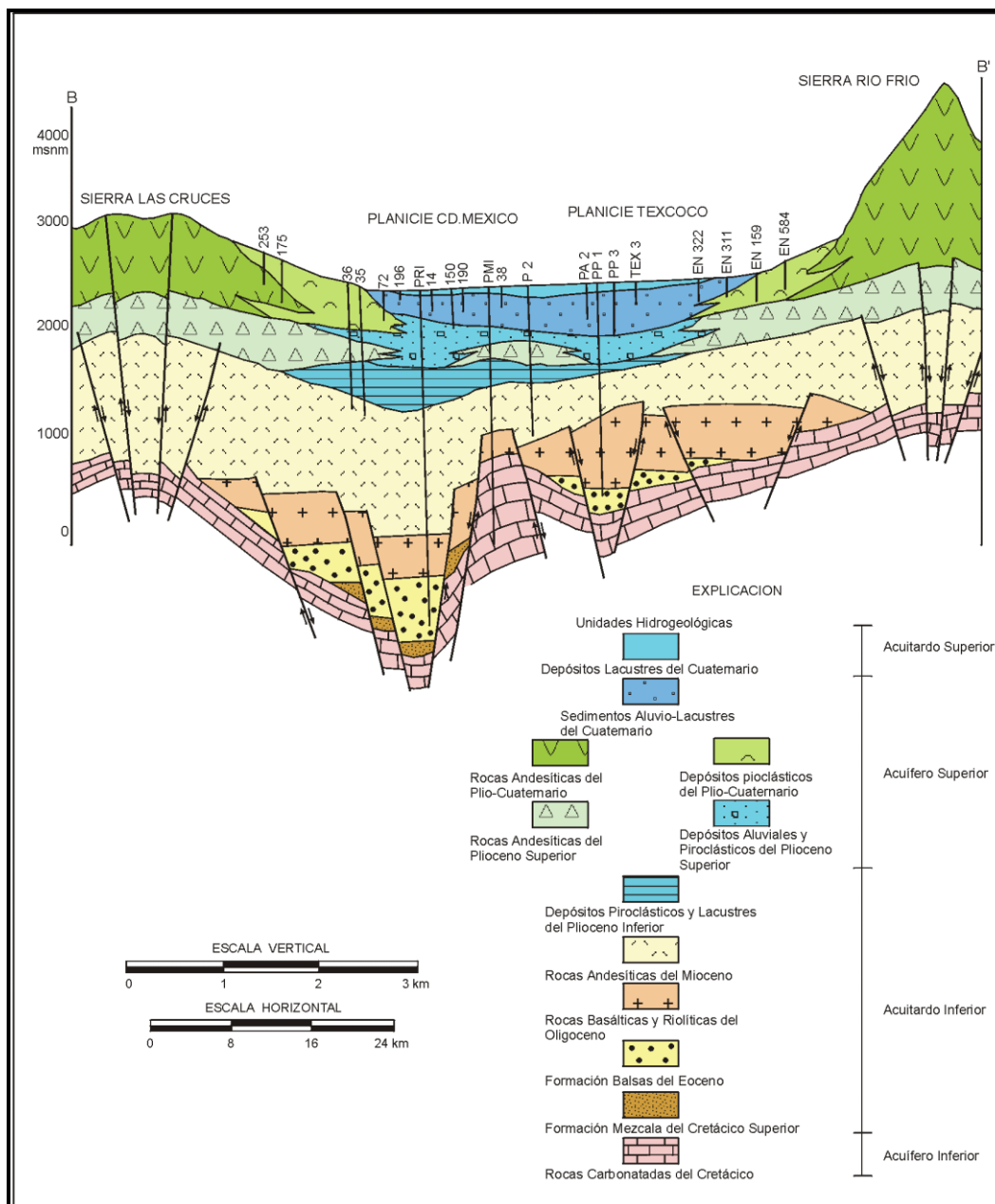


Figura IV.47 Sección hidrogeológica desde la Sierra de las Cruces hasta la Sierra de Río Frio que cruza la ciudad de México y Texcoco.

Las unidades hidrogeológicas son:

**Acuitardo superior.** Con un espesor promedio a nivel regional sobre toda la planicie que van desde los 20 m hasta los 150 m reportados en el pozo Texcoco-1, constituido por sedimentos fluviales, lacustres con buena porosidad pero de baja permeabilidad a lo largo de toda la planicie, depósitos arcillosos además de algunos lentes de material grueso como arenas-gravas y conglomerados; se forma además de una capa delgada de material arcilloso o limo-arenoso compacta y rígida llamada “capa dura” con un espesor de 3 m a una profundidad de 33 m que ocurrieron dentro de la subcuenca correspondientes al periodo Cuaternario.

Por efecto del alto caudal extraído del acuífero, esta unidad transmite agua al acuífero. Hidráulicamente esta unidad actúa como confinante del acuífero superior y por la pérdida de presión de poro que ha sufrido éste, y debido a la alta

compresibilidad, el terreno a lo largo del tiempo ha sufrido un hundimiento diferencial en toda la cuenca y en especial sobre la planicie, debido al gran número de pozos encontrados en esta zona.

La conductividad hidráulica horizontal ( $K_h$ ) varía de  $10^{-6}$  a  $10^{-10}$  en el material fino y  $10^{-5}$  en los horizontes limo-arenosos (Marsal y Masari, 1959; Rudolph, 1989; Vargas – Cabrera, 1995; Murillo y Huizar Álvarez, 1993 en Huizar Álvarez et al., 2002), ya que estos son parte de algunos pequeños acuíferos confinados, que en el pasado fueron una fuente principal de aporte de agua.

De acuerdo con Vargas – Cabrera C. y Ortega – Guerrero M.A (2002) se realizaron cerca de 300 pruebas hidráulicas a profundidades de 3 a 85 m, considerando así la formación de tres acuitardos con espesores medios entre 20 y 30 m, siendo que la conductividad hidráulica según el método Hvorslev dentro del acuífero somero oscila entre  $4 \times 10^{-11}$  y  $5 \times 10^{-9}$ , mientras que el segundo acuitardo es de  $4 \times 10^{-11}$  a  $5 \times 10^{-9}$  y el último con un valor de  $2.2 \times 10^{-11}$ .

Hacia las orillas del acuitardo, es decir en los bordes de la planicie, en la parte más superficial ( $< 10$  m), la conductividad hidráulica aumenta debido a los diversos agentes erosivos que provoca que los suelos de la región reciban grandes cambios en su textura sufriendo agrietamientos y por consiguiente presentan un cambio sobretodo en su porosidad, incrementando así su conductividad hidráulica.

Esto sugiere que dentro del sistema acuífero, el agua como tal mantiene un movimiento horizontal sobre los estratos limo-arenosos ya que el valor de la conductividad hidráulica es menor, además de considerar que los valores estáticos en el nivel del agua son menores, estos factores son clave para que el acuífero sufra de contaminación.

Acuífero superior. Con un espesor promedio de 600 m, constituido por aluvión, toba, roca basáltica, arcillas volcánicas intercaladas con pequeñas capas o lentes de arena, depósitos aluviales, piroclastos, conglomerado del Cuaternario; así como roca andesita basáltica, la Formación Tarango del Plio–Cuaternario; roca basáltica y andesítica del Plioceno Superior; depósitos de la Formación Tarango y basaltos del Terciario Superior. Es un acuífero libre en las regiones montañosas, en los abanicos piroclásticos, en las llanuras y aluviales; por otra parte es confinado en las planicies por depósitos lacustres del Cuaternario, los cuales se extienden desde Zumpango hasta Chalco y desde Texcoco hasta el cerro de Chapultepec. Éste acuífero granular es semiconfinado en la parte central de la Cuenca, ya que por encima se encuentra el paquete de arcillas lacustres.

El valor de  $K_h$  referente a esta unidad, de acuerdo con diversas pruebas de bombeo oscila entre  $1.5 \times 10^{-4}$  y  $3 \times 10^{-4}$  m/s y una conductividad hidráulica vertical ( $K_v$ ) de  $1.1 \times 10^{-6}$  m/s y un coeficiente de almacenamiento ( $S$ ) de  $10^{-3}$  en las rocas sanas y en las fisuradas  $K_h = 1.1 \times 10^{-3}$  y  $S = 4 \times 10^{-4}$  (Vásquez Sánchez, 1995; SMA, 1999; Huizar Álvarez et al., 2001 en Fajardo Rivera – Martínez Galicia, 2004).

Acuitardo inferior. Con un espesor promedio de 1,500 m, constituido por clastos sedimentarios, depósitos de pie de monte, piroclastos, conglomerado fluvial, horizontes de pómez, arcillas volcánicas muy comprimidas y resistentes, roca volcánica fracturada a una profundidad de 3,000 m del Plioceno; Formación Tarango, roca volcánica andesítica del Plio-Cuaternario; roca basáltica y andesítica del Plioceno Superior, roca volcánica, depósitos lacustres del Plioceno Inferior; roca volcánica del Terciario; depósito lacustre del Terciario Superior; roca ígnea ácida del Mioceno; roca ígnea intermedia del Oligoceno; conglomerado del Eoceno; marga, arenisca, lutita, carbonatos compactos del Cretácico Superior; la Formación Balsas, Formación Tepozteco y Formación Mezcala.

Acuífero inferior. Constituido por roca volcánica de tipo andesítico y dacítico del Terciario Medio y Superior; roca carbonatada de origen sedimentario del Cretácico; carbonatos de la Formación Morelos (espesor promedio 500 m).

### Descripción del acuífero en el plano horizontal

Se tienen identificados siete acuíferos en la subregión Valle de México y siete en la subregión Tula, cuya fuente de recarga es principalmente la precipitación pluvial. Tanto las características hidrológicas de la subregión del Valle de México, como su geología, contribuyen a que sus acuíferos sean los más grandes de la Región, con mayor capacidad de recarga y almacenamiento. Su importancia radica en que son la fuente principal de agua potable. El acuífero que abastece a la Ciudad de México se sobreexplota en un 300 % según la LAN y para el equilibrio hidrológico de la Región se debería extraer la disponibilidad existente.

Para el caso del acuífero de la ZMCM, las fugas de agua en las redes de agua potable y de drenaje contribuyen también, de manera importante, a su recarga.

La región tiene un volumen de recarga de 1,806.40 hm<sup>3</sup>/año, el cual representa la disponibilidad de agua subterránea. En el Valle de México, el volumen concesionado alcanza los 1,700.58 hm<sup>3</sup>/año, mientras que la recarga es de 750.70 hm<sup>3</sup>/año.

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de sobreexplotación en los acuíferos de acuerdo a lo registrado en el REPDA de volúmenes concesionados y lo publicado en el DOF.

Tabla IV.42 Condición de aprovechamiento de los acuíferos de acuerdo al REPDA y su disponibilidad.

Subregión de Planeación	Nombre del Acuífero	% de sobreconcesión
Valle de México	Zona Metropolitana de la Ciudad de México	348%
	Chalco – Amecameca	23%
	Texcoco	90%
	Cuautitlán – Pachuca	20%
Tula		
	Actopan - Santiago de Anaya	2%
	Astillero	25%

FUENTE: Abril, 2002, Diario Oficial de la Federación. Determinación de la disponibilidad. Calculadas por la Gerencia de Aguas Subterráneas, Comisión Nacional del Agua.

Un aspecto que denota la carencia de sustentabilidad hidrológica, así como sus implicaciones legales, es la concesión de volúmenes de derechos de extracción de agua subterránea, por una magnitud que excede a la capacidad natural de recarga del acuífero. De este modo, los acuíferos que representan una situación más grave son aquellos sobreexplotados, para los cuales se estima que la extracción no excede al volumen concesionado por el REPDA, ya que esto significa que existe una autorización para incrementar la sobreexplotación actual.

El acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México se encuentra ubicada en el sur poniente de la Cuenca del Valle de México, ocupa el 17% de la superficie de la cuenca endorreica. La Ciudad de México y su área conurbada dependen fundamentalmente para abastecimiento de agua potable del suministro del acuífero.

La Ciudad de México y el acuífero están separados, en su mayor parte por un acuitardo arcilloso, el espesor del acuitardo es de alrededor de 50 metros, el acuífero alcanza profundidades mayores a 800 metros; y en él se encuentran pozos con profundidades que oscilan entre 100 y 400 m.

#### Acuífero Texcoco

Los municipios y poblaciones que se consideran dentro del acuífero Texcoco se indican a continuación:

- Atenco
- Chiautla
- Chicoloapan
- Chiconcuac
- Chimalhuacan
- Ecatepec
- Nezahualcoyotl
- Papalotla
- Tepetlaoxtoc
- Texcoco

Veda. El Decreto de Veda es el del Valle de México publicado en el Diario Oficial el 19 de agosto de 1954.

Tipo de Acuífero. El tipo de acuífero Texcoco se considera semiconfinado debido a que se encuentra un acuitardo formado por material arcilloso con espesor superior a 60 metros en la parte central del lago de Texcoco y dicho espesor se adelgaza hacia las estribaciones de las sierras que limitan dicho acuífero.

### Recarga del Acuífero.

**Recarga Natural.** En la zona del Ex-Lago de Texcoco, la estratigrafía está constituida por un estrato de arcilla con un espesor promedio de 60m. Lo que evita que el agua de lluvia penetre hacia los mantos acuíferos en estudio, por lo que la recarga vertical se considera prácticamente nula.

**Recarga Inducida.** En este caso se considera que no existe recarga inducida debido al material arcilloso que forma el primer estrato de la zona, asimismo las láminas de riego que son esporádicas, y pequeñas ya que se riega en estiaje las zonas arboladas que se encuentran en la zona del Ex-Lago de Texcoco y que no son dignas de tomar en cuenta para este caso.

**Flujo Horizontal.** El flujo subterráneo se calculó utilizando la Ley de Darcy, en donde se establece que el caudal que pasa a través de una sección de terreno es igual a la transmisividad del material por la longitud del área considerada multiplicada a su vez por el gradiente hidráulico.

A pie de las sierras que limitan el valle y al poniente del acuífero Texcoco se trazaron celdas para el cálculo de la entrada de agua subterránea. Cada celda corresponde al área delimitada entre dos curvas equipotenciales y dos líneas de corriente. De esta manera se marcaron 20 celdas para el sistema acuífero Texcoco, las celdas se identificaron con números progresivos.

Para realizar el cálculo de entradas por flujo horizontal se tomaron datos del Plano de Igual Elevación del Nivel estático de 1995, se escogió este año, debido a que después de haber revisado planos para los años de 1993 y 1997 no se tenía información completa. Los valores de las cargas equipotenciales se tomaron directamente del plano, se realizaron mediciones para obtener los valores del espesor y longitud de cada una de las celdas; el valor de Transmisividad se tomó del estudio del Proyecto de Texcoco y se asignó un valor constante de transmisividades para todas las celdas, posteriormente se procedió a obtener los gastos de entrada para cada una de las celdas y se obtuvo la suma de los volúmenes de entrada para obtener el volumen total por flujo horizontal en el acuífero. Según la información calculada el volumen de entradas por flujo horizontal es de 48.6 Mm<sup>3</sup>/año.

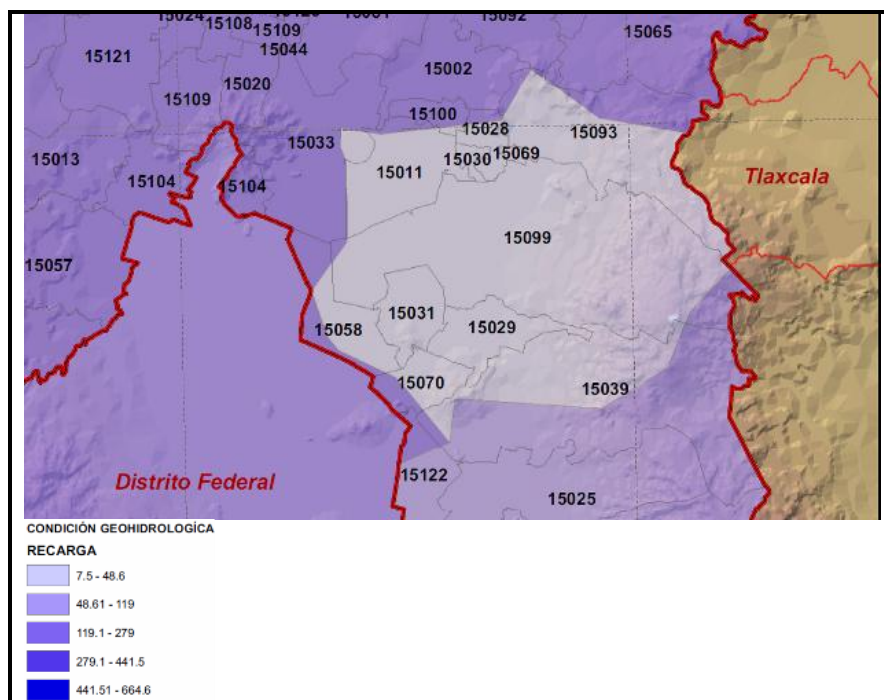


Figura IV.48 Recarga del acuífero Texcoco.



Aprovechamientos

El mayor volumen de agua que es utilizada para abastecer al Distrito Federal y área conurbada, proviene del acuífero superior, esto se puede observar claramente por la gran densidad de pozos que se localizan atravesando esta unidad, lo que es notorio al observar el oriente, norte y sur de la cuenca.

El alto volumen de extracción de agua supone a que éste factor es la causa principal del abatimiento de su nivel y por tanto el del suelo, por lo que, induce a una recarga lateral de peor calidad.

Tabla IV.43 Aprovechamientos de la cuenca del Valle de México.

Municipio	Número de pozos					Total
	Uso Agrícola	Público-urbano	Uso Industria	Uso Pecuario	Múltiple y servicios	
Atenco	21	9	1	31		
Chiautla	20	13	3	1	37	
Chicoloapan	10	16	2	5	4	37
Chiconcuac	7	6	13			
Chimalhuacán	2	17	2	21		
Ixtapaluca	2	2	4			
Netzahualcóyotl	1	1				
Papalotla	3	2	2	7		
La Paz	12	8	2	22		
Tepetlaoxtoc	29	16	4	15	64	
Texcoco	160	98	13	16	25	312
Tezoyuca	2	1	3			
<b>Total</b>	<b>256</b>	<b>193</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>49</b>	<b>552</b>

Tabla IV.44 Aprovechamiento por uso

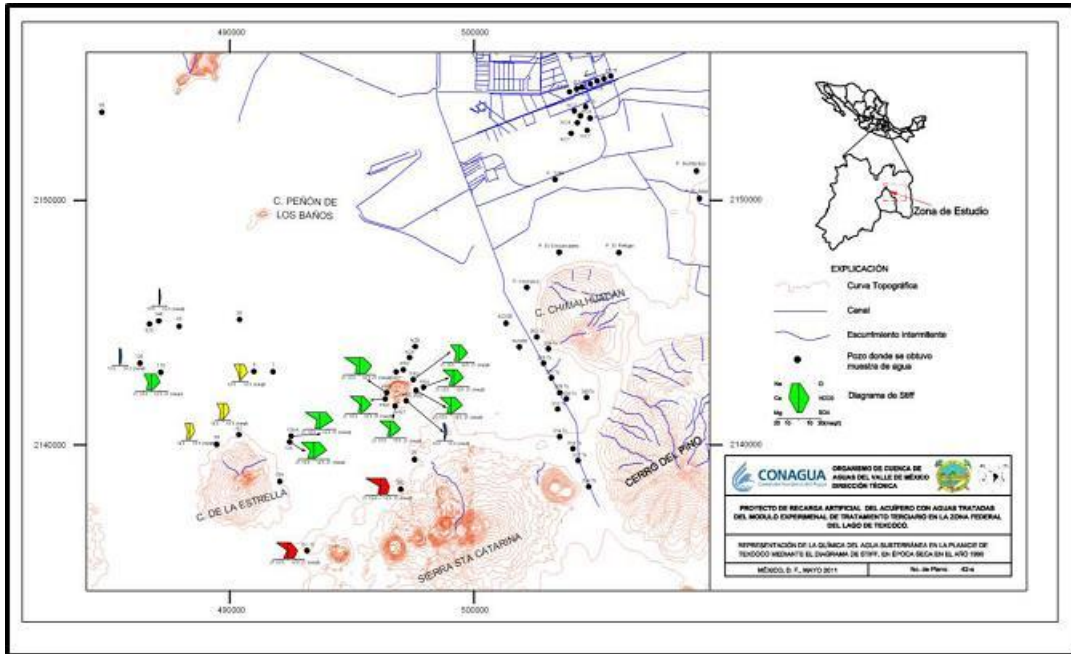
Uso	Volumen de extracción metros cúbicos m <sup>3</sup>	Número de pozos
Agrícola	52,195,178.13	256
Público urbano	225,955,684.60	193
Pecuario	1,006,606.00	30
Industrial	7,830,136.00	24
Otro uso	2,841,729.00	49
<b>Total</b>	<b>289,829,333.73</b>	<b>552</b>

Calidad del agua subterránea. El contenido de sales del agua subterránea de la región de interés tiene oscilaciones desde baja a alta, por lo que la calidad del agua varía de no recomendable a buena. Para determinar y representar la variación espacial del agua subterránea dentro de la zona de estudio, se utilizó el diagrama de Stiff. Los datos muestran que para el año 1990, los pozos más mineralizados, corresponden a los pozos Peñón, Ixtapalapa y Agrícola Oriental, operados por el SACM, después están los pozos Chimalhuacán. Para 1994, la mayoría de los pozos muestra una buena calidad de agua con poca mineralización, a excepción del pozo 202.

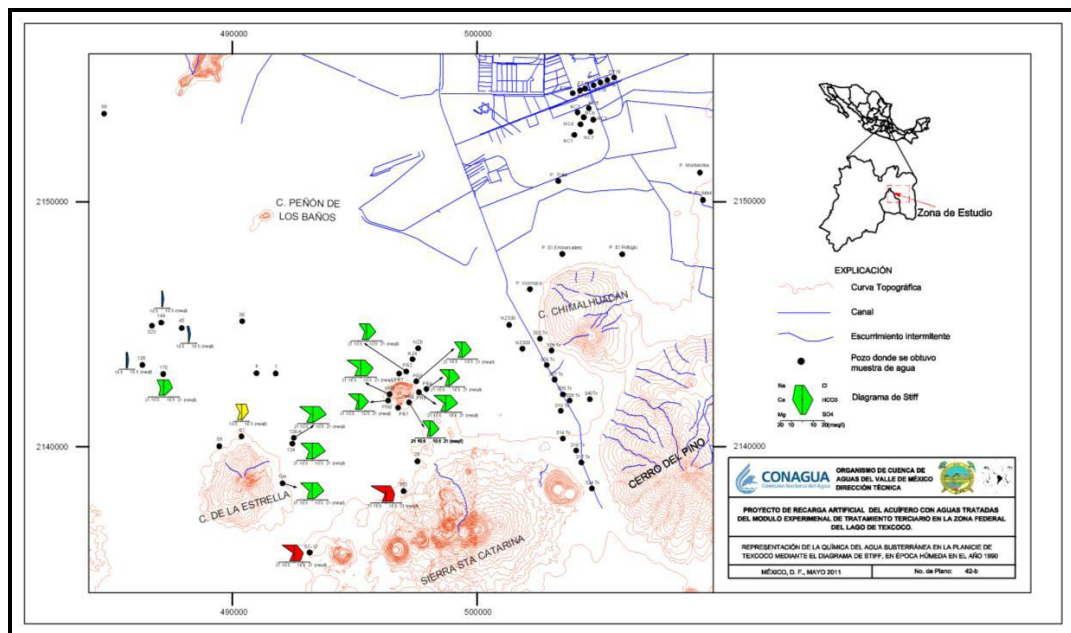
Para 1998, sorprendentemente la mineralización del agua de los pozos Peñón e Ixtapalapa, mejoró mucho, con excepción de los pozos situados al pie de la Sierra Santa Catarina. Respecto a los pozos Peñón Texcoco y Nabor Carrillo, estos presentan una mineralización (contenido de STD) aceptable excepto los pozos Nabor 1 y 4, Peñón Texcoco 20 y 21 cuya calidad de agua menor.

Para el año 2002 (la calidad del agua en la región sigue un patrón igual, al periodo precedente). Mientras que para el año 2006, en los pozos Nabor Carrillo y Peñón Texcoco la calidad del agua empeoró un poco, pues el número de pozos con mayor mineralización aumentó, como se aprecia en la magnitud de los diagramas de Stiff sobre todo en la época húmeda.

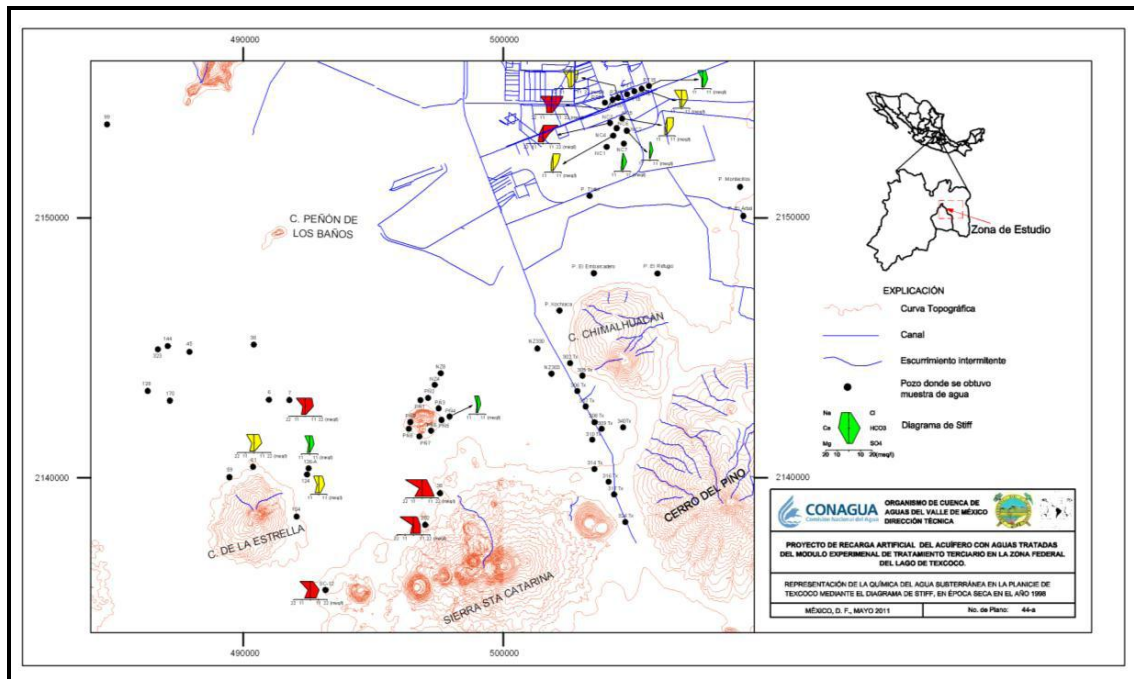
Finalmente, en el año 2010, los datos proporcionados muestran que a excepción de los pozos Peñón 20, 21 y Nabor Carrillo 7, los restantes tienen calidad de agua aceptable.



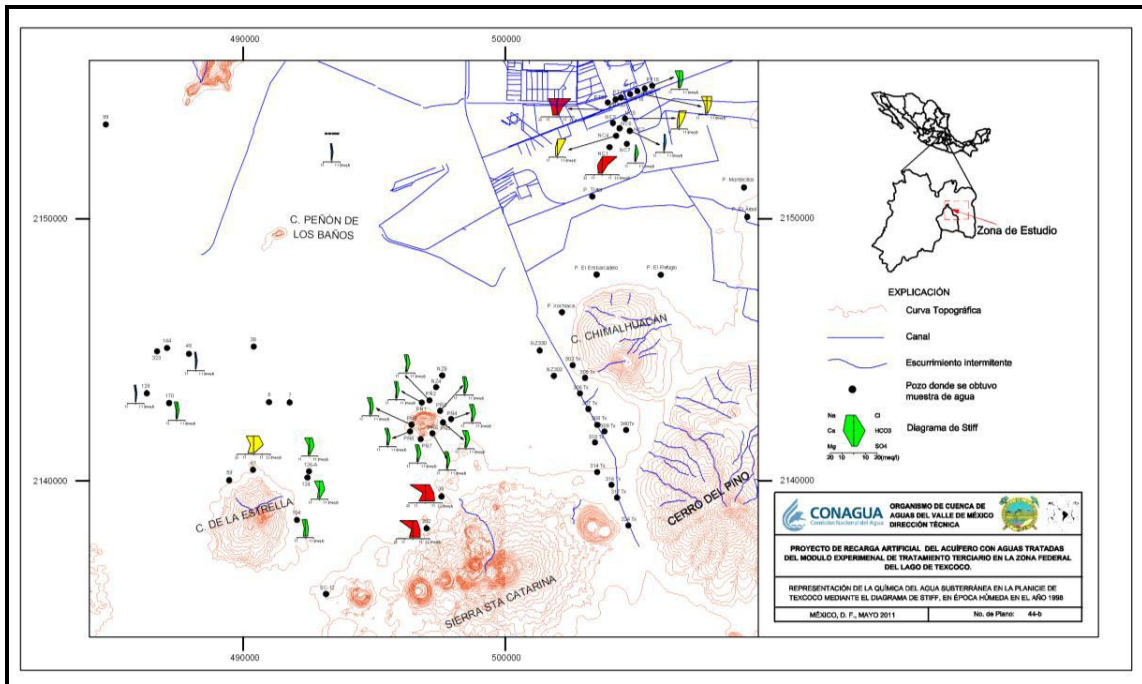
Mapa IV.21 Calidad del agua 1990, temporada seca.



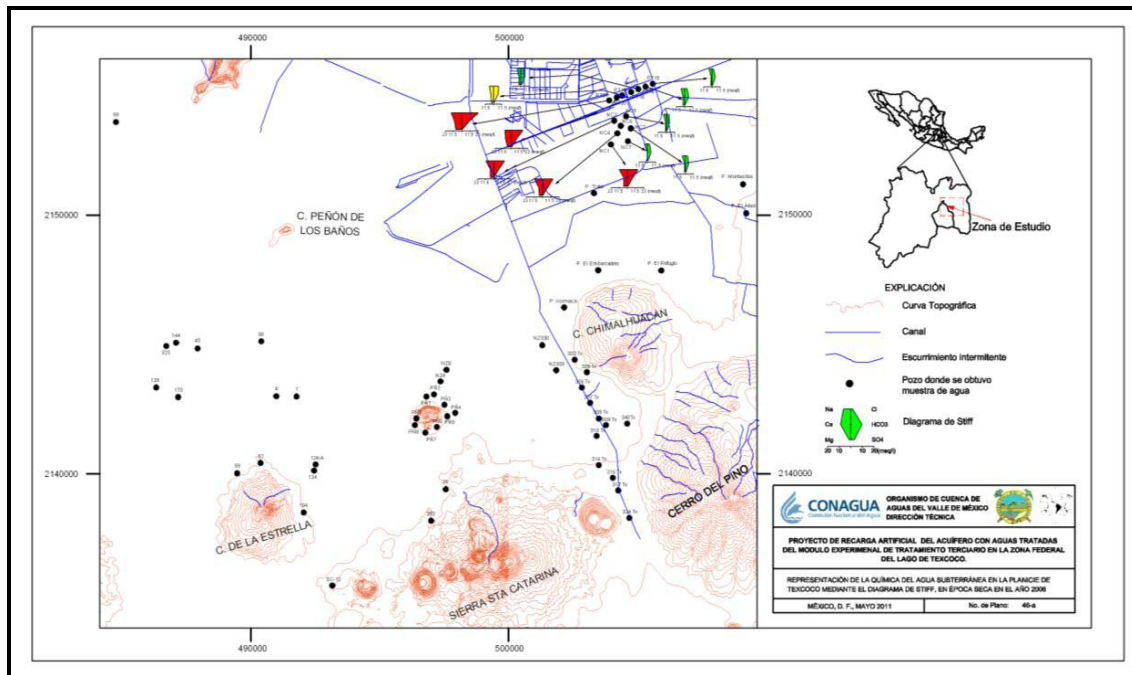
Mapa IV.22 Calidad del agua 1990, temporada húmeda.



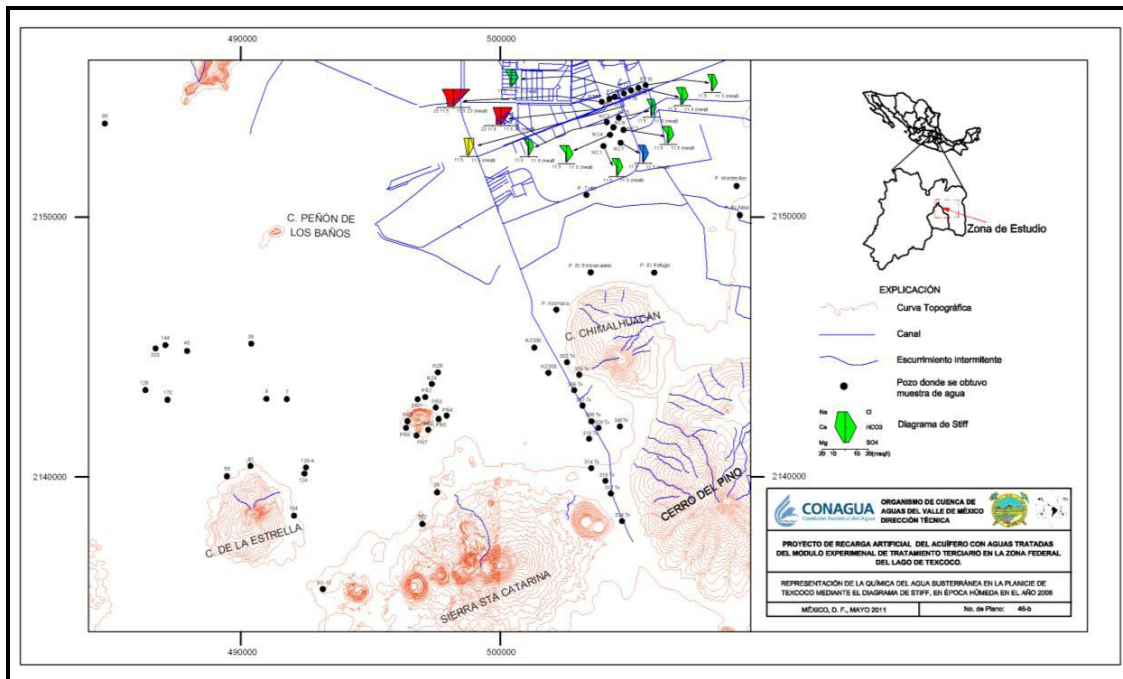
Mapa IV.23 Calidad del agua 1998, temporada seca.



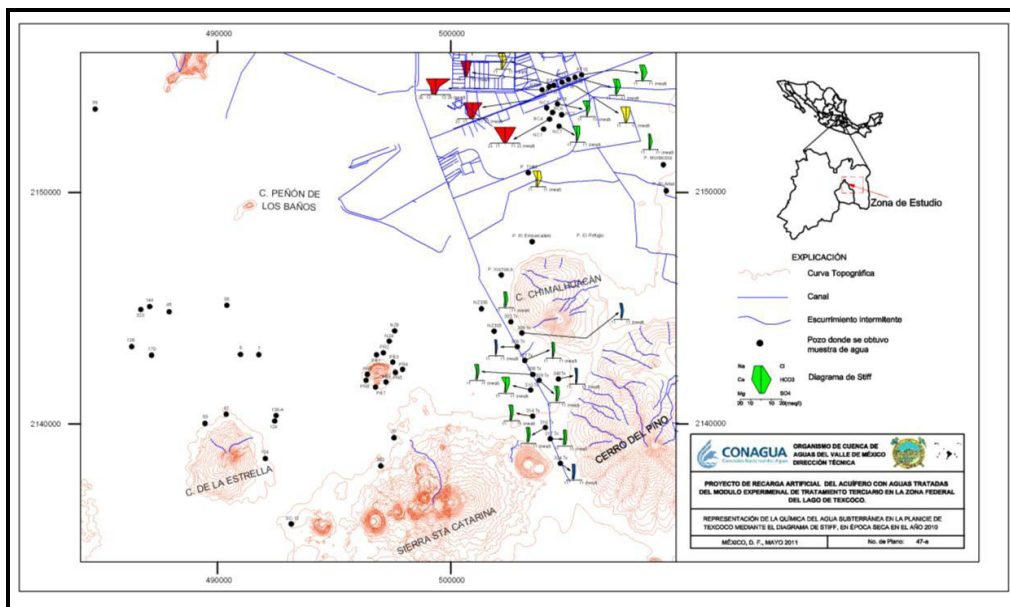
Mapa IV.24 Calidad del agua 1998, temporada húmeda.



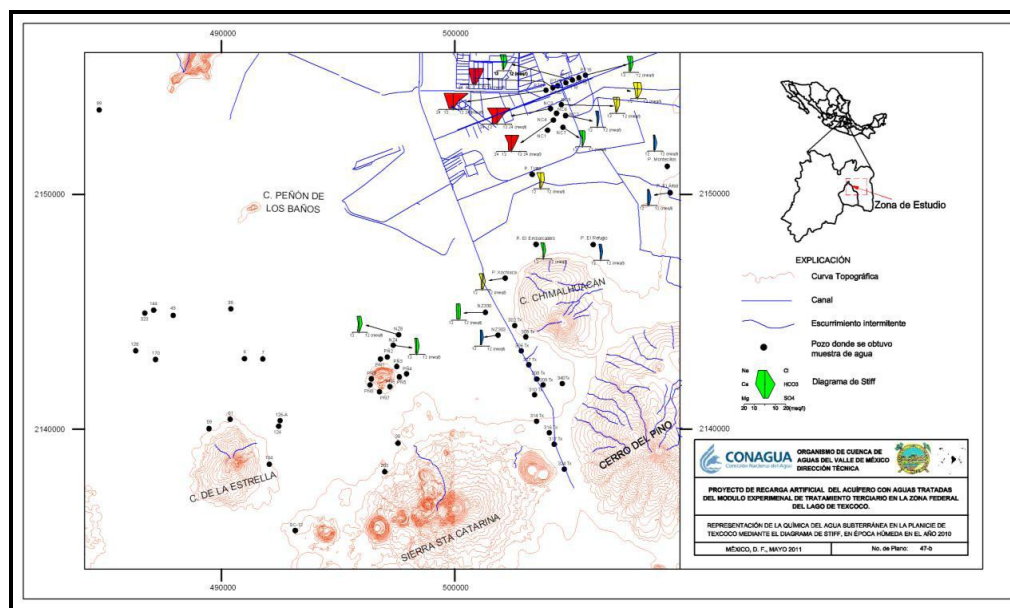
Mapa IV.25 Calidad del agua 2006, temporada seca.



Mapa IV.26 Calidad del agua 2006, temporada húmeda.



Mapa IV.27 Calidad del agua 2010, temporada seca



Mapa IV.28 Calidad del agua 2010, temporada húmeda

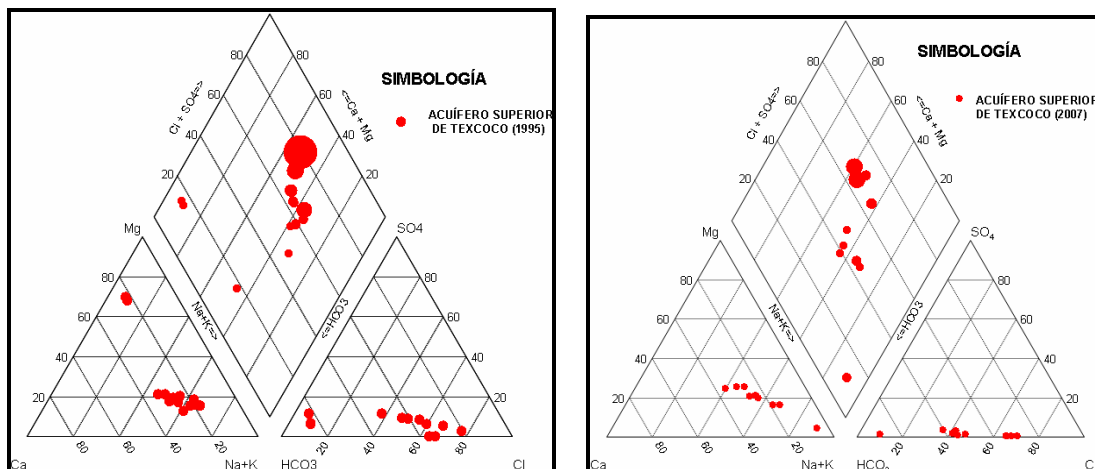
Facies Hidroquímicas. La información consultada indica, que desde la planicie de Texcoco hasta Ixtapalapa, existe un agua de composición química relativamente uniforme. Los iones predominantes en el agua de la región son, Bicarbonatos, Sodio, Cloruro, Calcio y Magnesio, existiendo algunas zonas donde el contenido de algunos iones es significativamente alarmante, como es el caso de Na, Cl y Sulfato, Mn y Fe, As.

Se identifican las siguientes facies hidroquímicas:

- ⊕ HCO<sub>3</sub>, Na, Cl, Mg (Bicarbonatada Sódico Clorada, Magnésica): es la predominante en el área de interés, variando tan solo el contenido de algunos iones. Es exclusiva de los pozos Peñón Texcoco (PT 15, 16 y 17) y los Nabor Carrillo (NC 2, 5, 6 y 7)

- ⊕ Cl, Na, HCO<sub>3</sub>, Ca (Clorada Sódico Bicarbonatada Cálcica): es exclusiva de los pozos Peñón Texcoco 18, 19, 20, 21, y Nabor Carrillo 1, 3 y 4
- ⊕ Na, SO<sub>4</sub>, Cl, HCO<sub>3</sub> (Sódico Sulfatada Clorada Bicarbonatada): Corresponde a los pozos Santa Catarina, S.M. Azahuacan y Meyehualco, cuyo contenido mineral de sulfatos sobrepasa los 17 meq/L, la concentración de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, se asocia con aportes externos, Estas facies muestran claramente el efecto de la estacionalidad del año.

La causa de ese cambio de facies puede ser, que el bombeo está induciendo el arribo de agua con mayor contenido de sales, aportadas por los sedimentos lacustres y otra parte por infiltración de agua residual.



Gráfica IV.2 Contenido de sales, datos históricos.

### Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad De México

Dentro del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México se consideran 13 Delegaciones del Distrito Federal y siete Municipios del Estado de México los cuales se mencionan a continuación:

#### Distrito Federal

- Coyoacán
- Tlalpan
- Xochimilco
- Alvaro Obregón
- Benito Juárez
- La Magdalena Contreras
- Azcapotzalco
- Cuajimalpa de Morelos
- Cuauhtémoc
- Gustavo A. Madero
- Iztacalco
- Miguel Hidalgo
- Venustiano Carranza

#### Estado de México

- Atizapán de Zaragoza
- Huixquilucan
- Jilotzingo
- Lerma
- Naucalpan de Juárez
- Tlalnepantla de Baz
- Xonacatlán

Las 13 delegaciones que se encuentran incluidas dentro de este acuífero se encuentran vedadas para el alumbramiento de aguas subterráneas de manera total desde 1954, según el decreto de la Veda de la Cuenca del Valle de México del

19 de agosto de 1954, fecha de su publicación en el Diario Oficial. Los municipios considerados dentro de este acuífero que se encuentran vedados de manera total son: Atizapán de Zaragoza y Tlanepantla, parcialmente está vedado el Municipio de Huixquilucan.

Veda. Según el Decreto de Veda en el Valle de Toluca desde el 23 de septiembre de 1965, los Municipios de Jilotzingo y Lerma están vedados totalmente y los Municipios de Naucalpan (antes Naucalpan de Juárez) y Xonacatlán (antes San Francisco Xonacatlán) se encuentran vedados parcialmente.

Decretos de Reserva o Reglamento. Los decretos de veda por los cuales se rigen tanto las Delegaciones como los Municipios del Estado de México son: El decreto de Veda de la Cuenca del Valle de México publicado el 19 de agosto de 1954 en el Diario Oficial de la Federación y El decreto de Veda en el Valle de Toluca desde el 23 de septiembre de 1965 fecha de publicación en el Diario Oficial.

Tipo de Acuífero. Debido a que el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México presenta de manera irregular material arcilloso que le sirve como confinante o semiconfinante el acuífero se clasifica como semiconfinado.

El contenedor impermeable del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México lo constituyen rocas volcánicas y calizas, en tanto que el paquete sedimentario da origen a un sistema acuífero complejo formado por tres grandes cuerpos: en la parte superior, un paquete arcilloso de alta porosidad, baja permeabilidad y gran heterogeneidad en su constitución, que forma un acuitardo de espesor variable y que actúa como semiconfinante en el centro de la cuenca. Bajo este paquete se encuentra el acuífero actualmente en explotación, formado por material granular más grueso que el del acuitardo, esto es, piroclastos y conglomerados de origen volcánico. Su espesor es variable (generalmente mayor de 200 m) así como sus propiedades hidráulicas. Le subyacen rocas volcánicas fracturadas, cuya base llega a estar a los 2000 m en el centro disminuyendo hacia las márgenes de la Cuenca.

Las tres unidades presentan un amplio rango en sus parámetros hidrodinámicos (permeabilidad, coeficiente de almacenamiento, transmisividad) (Lesser, 1984). Están comunicadas hidráulicamente sobre todo las dos últimas (rocas volcánicas y material granular). La interrelación de la primera (paquete arcillosos) con la segunda (material granular) ha quedado demostrada por la subsidencia que afecta la Ciudad de México.

Este acuífero es recargado por infiltraciones de la precipitación, actuando como áreas de recargas más importantes las sierras circundantes. La precipitación media anual varía de 400 a 600 mm en la parte baja de la cuenca, en los lomeríos circundantes la precipitación está entre 700 y 1,000 mm y en las sierras que limitan la cuenca las precipitaciones son mayores de 1,000 mm anuales. La extracción de agua subterránea en la cuenca de la Ciudad de México es del orden de 50 m<sup>3</sup>/s, a través de obras hidráulicas, predominando pozos con profundidades superiores a 100 m. La extracción de agua subterránea de la cuenca representa cerca del 70% del abastecimiento.

Infraestructura Hidráulica. La Infraestructura hidráulica que se localiza en las zonas hidrológicas Xochimilco, Churubusco, Ciudad de México y Texcoco; está constituida por presas, ríos y canales entubados en su totalidad; las presas y los ríos se localizan principalmente en la zona poniente del área de estudio, mientras que los canales y ríos entubados se localizan en la porción central de la Ciudad de México. A continuación se hace mención de las presas, ríos y canales existentes en las zonas hidrológicas antes mencionadas.

Zona I Xochimilco. Esta zona abarca las cuencas de los ríos que descienden de la Sierra de Chichinautzin, la cual presenta formaciones basálticas de gran permeabilidad. Los principales ríos de la zona son: San Gregorio, Santiago, San Lucas y San Buenaventura. Tiene una superficie aproximada de 522 km<sup>2</sup>, la longitud de las corrientes es de 46.0 km. En esta zona se carece de información de escurrimientos, los datos disponibles de las dos estaciones hidrométricas consisten básicamente en medición de niveles en las lagunas de Xochimilco y Tláhuac, las corrientes mencionadas tienen un régimen perenne, sus cauces son estables. Los principales canales que se encuentran dentro de esta zona son: Cuemanco, Nacional, Bordo, Apatlaco, Chalco y De Garat, los canales Cuemanco y Apatlaco no se encuentran entubados.

Zona II Churubusco. Comprende principalmente las cuencas de los ríos Eslava, Magdalena, Barrancas San Jerónimo, Anzaldo, Barranca Coyotes, Barranca Texcalatlaco, Barranca Tetelpa, Barranca de Guadalupe, Barranca del Muerto, Tarango y Mixcoac. Debido a las características topográficas y morfológicas de los suelos que se localizan en los cauces son estables, el régimen de la mayoría de estas corrientes es intermitente, sobre todo en su parte alta, ya que aguas

abajo las descargas de aguas residuales las han convertido en corrientes perennes, principalmente los ríos Mixcoac, Magdalena y Eslava. A partir de la confluencia de estos últimos se tiene un escurrimiento medio anual de 4.9 millones de m<sup>3</sup>, concentrándose en la época de lluvias, de los meses de julio a octubre, el 81% de estos escurrimientos, la época de estiaje abarca de febrero a mayo, en la que llegan a ser nulos los escurrimientos. Cubre una extensión de 234 km<sup>2</sup>, la longitud de las corrientes principales es de 28 km. Dentro de esta zona se localizan as presas Texcalatlaco y Mixcoac.

Zona III Ciudad de México. Esta se constituye por las cuencas de los ríos Becerra, Tacubaya, Tecamachalco, San Joaquín, Tornillo, Hondo, Sordo, Barranca los Cuartos, Totolica, Chico de los Remedios, San Mateo Nopala, Barranca Tepaxtlaxco, Río de los Remedios, Tlanepantla, y San Javier. Incluye gran parte del área urbanizada de la Ciudad de México y los ríos que bajan hacia ella desde el poniente de la Subregión Valle de México. La gran mayoría de las corrientes son intermitentes, salvo los ríos Tacubaya, San Joaquín, Hondo, y Tlanepantla los cuales tienen escurrimientos perennes.

Para el estudio de su funcionamiento hidráulico se dispone de 19 estaciones hidrométricas en operación, siendo las más representativas para este análisis por ubicarse a la salida de la cuenca. La estación San Juan Ixhuatepec, sobre el Río de los Remedios, antes de su descarga al Gran Canal del Desagüe; y de la estación km 0 + 286 sobre el Emisor Poniente que mide las descargas del Vaso de Cristo hacia el mencionado emisor, con lo cual se cubre prácticamente toda el área de drenaje de esta zona. El volumen medio anual registrado en San Juan Ixhuatepec es de 50.9 millones de m<sup>3</sup>, concentrándose en la época de lluvias, de junio a octubre, el 73% de los escurrimientos, (37.4 millones de m<sup>3</sup>), mientras que en estiaje de enero a abril, el volumen medio es de 5.4 millones de m<sup>3</sup> en la estación km 0 +286 el volumen de escurrimiento medio anual es de 65.9 millones de m<sup>3</sup>, mientras que en la época de lluvias es de 60.9 millones de m<sup>3</sup>. Los escurrimientos son de tipo intermitente y cubre la zona una extensión de 725 km<sup>2</sup> y la longitud de las corrientes principales es de 57.5 km.

Las presas que se encuentran dentro de esta zona son: Madín, Los Cuartos, el Sordo, San Joaquín, Tecamachalco, Tacubaya y Becerra.

Calidad del Agua. A manera de resumen la calidad del agua en este acuífero rebasa las concentraciones de la Norma, los datos que a continuación se describen, se obtuvieron del estudio Procesamiento e Interpretación de los Niveles Piezométricos y de Calidad del Agua, del Acuífero del Valle de México correspondiente a 1995. Los planos a los que se hace referencia corresponden al estudio antes mencionado.

En los planos de curvas de igual contenido de cloruros para el año 1995 en la Ciudad de México exceden las concentraciones en 250 % más del límite permisible; la evolución de los cloruros durante el periodo de 1987 – 1995 se presentaron fuertes variaciones en la parte noreste en el Municipio de Ecatepec con incrementos de 400 mg/l.

La evolución de la dureza total durante el periodo 1987-1995 en la parte norte de la Ciudad de México se presentó un incremento de 200 mg/l. Lo anterior muestra que las aguas subterráneas del Valle de México principalmente en la zona geohidrológica de la Ciudad de México cuenta con las concentraciones mayores sobrepasando la norma establecida; así mismo el residuo seco total durante el periodo 1987 – 1995 tiene un incremento de 900 mg/l ; referente al elemento amonio del periodo 1987-1995 en la parte noreste de la ciudad se presentó un decremento hasta de 10 mg/l, de lo que se deduce que en general no sobrepasa la norma establecida.

Al norte del distrito federal colindando con la parte sureste del Lago de Texcoco se rebasan los límites referentes a calidad del agua subterránea en los contenidos de amonio, lo que indica que existe contaminación de las aguas, lo anterior posiblemente se debe al drenaje de la ciudad, así como posible infiltración de aguas residuales provenientes de asentamientos humanos irregulares.

Con base en la información proporciona, se puede concluir que el Proyecto propuesto para su implantación en una parte del Ex-Lago de Texcoco, no tendrá ningún tipo de influencia sobre la recarga de los acuíferos que ahí se encuentran ya que por su configuración estratigráfica intergranular, son acuíferos semiconfinados, es decir, que no dependen de la infiltración del agua de lluvia proveniente del predio del Proyecto, para su recarga. Adicional a lo anterior, el Proyecto no contempla el alumbramiento de aguas subterráneas en ninguna de sus fases ya que la CONAGUA lo proveerá del suministro necesario de agua durante todas sus fases de desarrollo.



#### IV.4 Medio Biótico

##### Aspectos Bióticos

Los estudios realizados por el Colegio de Biólogos de México, A.C. (CBM) para caracterizar las manifestaciones bióticas en el área donde se llevará a cabo el Proyecto, se desarrollaron a través de tres grupos para fines estrictamente utilitarios, atendiendo la naturaleza de los principales grupos bióticos representados:

- El primer grupo constituido fundamentalmente por el componente vegetal.
- El segundo grupo que incluye a las aves, como el elemento biótico más importante por su relevancia en las dinámicas ecológicas regionales.
- El tercer grupo representado por la fauna menor.

##### Determinación de las Áreas de Estudio

Cada uno de los grupos fue estudiado, atendiendo sus posibilidades de desplazamiento, representatividad o participación en las dinámicas ecológicas a fin de conocer con objetividad la susceptibilidad de cada especie al cambio por la realización del Proyecto, así como la vulnerabilidad de las poblaciones. El estudio de este componente biótico, abarcó desde lo general a lo particular, iniciando en el nivel del SAR, para concretar en el área del Proyecto, con un nivel de análisis inversamente proporcional a su dimensión y relevancia.

##### IV.4.1 Flora

###### ⊕ Delimitación y justificación

A fin de realizar el análisis del componente vegetal, se procedió a delimitar su Área de Influencia a partir del predio del Proyecto y en función del medio biótico en que se encuentra.

Dentro del SAR se encuentra la Microcuenca Texcoco, que a nivel del componente vegetal puede eventualmente verse influenciado por el desarrollo del Proyecto propuesto o por la invasión de especies desde las áreas verdes jardinadas de que disponga éste Proyecto, determinadas por la llegada de semillas o partes reproductivas de las especies vegetales desde ésta, o las dinámicas hidrológicas internas, determinar el progreso o no de especies al interior del predio del Proyecto y su retroalimentación hacia el exterior.

Para efectos de la evaluación de la Flora, se empleó el criterio hidrológico a nivel de la Microcuenca Texcoco, debido a: cuenta con límites naturales concordantes con las características del Proyecto bajo evaluación; se consideraron las aportaciones de las corrientes superficiales de agua en su interior; la delimitación topográfica del sitio, dadas por las depresiones y elevaciones naturales, para dar lugar a una planicie lacustre en su parte más baja, con una elevación de 2,240 metros sobre el nivel del mar.

Estas características prevalecen en las denominadas cuencas cerradas, en donde el destino final de las sales acarreadas por el agua en la parte más baja de la cuenca, donde el agua se evapora, se van acumulando lentamente para dar origen a suelos salinos, aunado a las aportadas durante su formación geológica. Estas condiciones permiten el establecimiento de vegetación que crece y completa su ciclo de vida en hábitats con altos contenidos de sales denominadas halófilas.

Los pastizales halófilos se distribuyen ampliamente en el área del proyecto, por lo que el componente vegetal, por su condición sésil, pero con fuerte influencia de las dinámicas hidrológicas, sería el estudiado en todo el sistema de la Microcuenca de Texcoco y no únicamente en la poligonal del Proyecto. El resto del SAR el análisis y estudios se llevará a cabo a nivel de información bibliográfica.

En la siguiente figura se muestra la ubicación del Proyecto y la Microcuenca Texcoco.

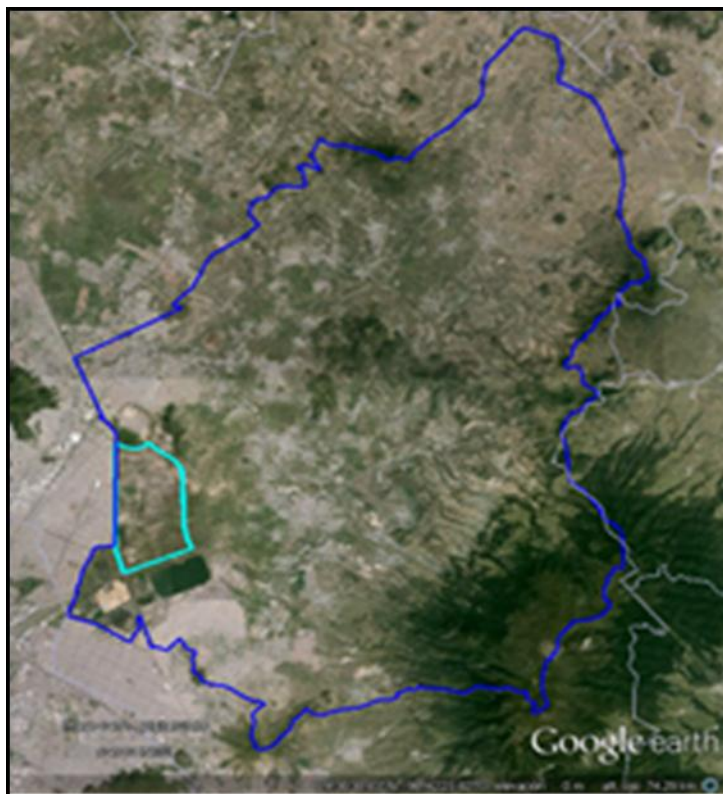


Figura IV.49 Microcuenca hidrológica Texcoco, considerada como el área de influencia para el componente vegetal, del Proyecto.

⊕ Investigaciones bibliográficas del SAR, la microcuenca Texcoco y el área del Proyecto

Como parte de los trabajos que se realizaron y por rigor científico se hizo la revisión de los registros en la literatura científica que desde hace más de 30 años existe tanto en instituciones de gobierno, como de enseñanza superior del país, así como inclusive en instituciones extranjeras. Derivado de ello, se obtienen los inventarios de flora, fauna menor y aves que se han reportado a lo largo del tiempo y que son retomados en éste inciso.

⊕ Componente vegetal

La siguiente descripción de la vegetación corresponde al SAR en donde existen un total de 17 ecosistemas o tipos vegetacionales. Para su identificación y clasificación se utilizaron los datos vectoriales de uso de suelo y vegetación de la Serie IV del INEGI (2010). Los principales tipos de vegetación se describen a continuación.

*Agricultura de Riego (AR)*. Estos agroecosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo la aspersión, goteo, o cualquier otra técnica, es el caso del agua rodada (distribución del agua a través de surcos o bien tubería a partir de un canal principal y que se distribuye directamente a la planta), por bombeo desde la fuente de suministro (un pozo, por ejemplo) o por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o un cuerpo de agua natural. Los cultivos característicos son hortalizas, verduras, frutales, semillas básicas como maíz, frijol etc.

*Agricultura de Temporal (AT)*. Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, por lo que su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua. Su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, que puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien son por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo. Pueden ser áreas de monocultivo o

policultivo y pueden combinarse con pastizales o bien estar mezcladas con zonas de riego, lo que conforma un mosaico complejo, difícil de separar, pero que generalmente presenta dominancia de los cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia.

*Bosque Cultivado (BC)*. Es aquel que se establece mediante la plantación de diferentes especies arboladas realizadas por el hombre, sobre todo en aquellas áreas que presentan una perturbación debido a las actividades humanas. Estas poblaciones se pueden considerar como bosques artificiales, ya que son consecuencia de una reforestación con árboles de distintos géneros, por lo general, con especies exóticas. Los fines de estas plantaciones son el recreativo, ornamental y forestal, además de conservar el medio ambiente, así como evitar la erosión del suelo. Según la adaptabilidad, éstas son algunas de las especies que más se cultivan: *Pinus* sp. (pino), *Eucaliptus* sp. (eucalipto), *Cupressus* sp. (cedro), *Casuarina* sp. (casuarina), *Schinus molle* (pirul), *Populus* sp. (álamo o chopo), *Fraxinus* sp. (fresno), *Alnus* sp. (aile), entre otras.

*Bosque de Encino (BQ)*. Comunidad vegetal constituida por el género *Quercus* (encinos, robles), su distribución abarca desde el nivel del mar, hasta los 3,100m, aunque más del 95% de su estación se halla en altitudes entre los 1,200 y 2,800m. Se encuentra muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de bosques mixtos con especies de ambos géneros. Junto con los bosques de pino, los bosques de encino representan el otro tipo importante de vegetación templada de México.

Estos bosques se distribuyen prácticamente en todo México, principalmente en las sierras madres, y Eje Neo volcánico, así como en los Estados de Oaxaca y Chiapas. En la zona alta de la Subcuenca del río Texcoco – Zumpango se registra la presencia de bosque de encino desde los 2,600 msnm hasta los 3,100 msnm, en asociaciones dominadas por el género *Quercus*, compuestas por árboles bajos y medianos, presenta un estrato arbustivo y otro herbáceo que es más abundante durante la época de lluvias y se aminora durante la época de estiaje; este tipo de vegetación se encuentra intervenido por el hombre debido a que se aprovechan recursos como la leña o la tierra de monte. En algunos casos representa vegetación clímax y en otros casos se trata de vegetación secundaria, donde la existencia de algún factor de perturbación, como un incendio, cambio de uso de suelo o aprovechamiento maderable ha promovido su desarrollo.

*Bosque de Encino-Pino (BPQ)*. Se caracteriza por la dominancia de *Quercus* sp. (encinos), sobre los *Pinus* sp. (pinos). Se desarrolla principalmente en áreas de mayor importancia forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino – encino. Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino.

*Bosque de Oyamel (BA)*. Este tipo de vegetación se caracteriza por la presencia de árboles principalmente del género *Abies* como: oyamel, pinabete (*Abies religiosa*), abeto (*A. duranguensis*) y *Abies* sp., además de pino u ocote (*Pinus* sp.), encino o roble (*Quercus* sp.) y aile (*Alnus firmifolia*), que a veces sobrepasan los 30 m de altura y que se desarrollan en clima semifrío y húmedo, entre los 2,000 a 3,400 m de altitud. Las masas arboladas pueden estar conformadas por elementos de la misma especie o mixtos (por ejemplo *Abies* – *Pinus*), acompañados por diferentes especies de coníferas y latifoliadas; algunos bosques son densos sobre todo en condiciones libres de disturbio, pero debido al fuerte impacto que provocan las actividades humanas, su área se encuentra en constante disminución para dar lugar a espacios agrícolas y pecuarios.

*Bosque de Pino (BP)*. En la zona alta de la Subcuenca del río Texcoco – Zumpango se encuentra este tipo de vegetación (ocupa el 41.74% de la superficie de la Subcuenca) en asociación de *Pinus hartwegii*. Esta asociación se distribuye en un intervalo altitudinal de 3,500 – 4,000 msnm en suelos ácidos, extremadamente ricos en materia orgánica, profundos, de textura media, sobre laderas ligeras o pronunciadas, el estrato arbóreo se compone de árboles que en su mayoría miden de 15 a 30 m, con un dosel abierto, el estrato arbustivo está presente aunque es muy discreto, su cobertura no supera el 25% del suelo, el estrato herbáceo tiene una cobertura del 100% y se compone principalmente por pastos amacollados. La flora asociada se compone en el estrato arbustivo por las especies de *Senecio angulifolius*, *S. cinerarioides* y *Baccharis conferta*, mientras que el estrato herbáceo se encuentra dominado por pastos amacollados de la especie *Calamagrostis tolucensis*, y herbáceas como *Penstemon gentianoides* y *Lupinus montanu*.

*Bosque de Pino-Encino (BPQ)*. Esta comunidad, junto con los bosques de encino – pino se consideran fases de transición en el desarrollo de bosques de pino o encino puros. Este tipo de bosque, se distribuye ampliamente en la mayor parte de la superficie forestal de las partes altas de los sistemas montañosos del país, la cual está compartida por las diferentes especies de pino (*Pinus* sp.) y encino (*Quercus* sp.); siendo dominantes los pinos.

*Bosque de Táscate (BJ)*. Son bosques formados por árboles escuamifolios (hojas en forma de escama) del género *Juniperus* a los que se les conoce como táscate, enebro o cedro, con una altura promedio de 8 a 15 m de regiones subcálidas templadas y semifríos, siempre en contacto con los bosques de encino, pino – encino, selva baja caducifolia y matorrales de zonas áridas.

*Matorral Crasicaule (MC)*. Este tipo de vegetación muestra predominancia de cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del Centro y Norte del país. Algunas especies características son: *Opuntia* sp., *Carnegiea gigantea*, *Pachycereus pringlei*, *Stenocereus thurberi*. Se incluyen las asociaciones conocidas como Nopaleras, Chollales, Cardonales o Tetecheras. Se localizan estas comunidades en el centro de México, en los Estados de México, Querétaro e Hidalgo, así como manchones en el Estado de Puebla.

Esta comunidad se desarrolla preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación media anual varía entre 300 y 600 mm y la temperatura es de 16 a 22°C en promedio anual. La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4 m, su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi 100% de cobertura, y el matorral puede admitir la numerosa presencia de plantas herbáceas.

*Matorral desértico rosetofoilo*. Comunidades vegetales dominadas por arbustos de altura inferior a 4 m. Son propias de climas secos con lluvias escasas y zonas frágiles que favorecen la desertificación. En realidad son el grupo más diverso de comunidades vegetales. La composición de especies cambia con la región. Existen variantes de matorrales dependiendo del grupo de especies más abundante. En algunos predominan plantas suculentas y con hojas gruesas, en otros las plantas tienen hojas muy pequeñas o las pierden, o tienen espinas, lo cual les da aspecto diferente, por ejemplo, los matorrales de Tamaulipas tienen aspecto diferente a los de Coahuila y a su vez a los de Baja California y así sucesivamente.

Cubren el 30% del país (70.49 millones de hectáreas), desde el nivel del mar hasta 3,000 msnm pero generalmente por debajo de esta altitud. Habitan principalmente en el norte del país, desde Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Durango, Zacatecas, y en parte en los estados de San Luis Potosí, Durango y Guanajuato. Hacia el Norte también en Chihuahua, Sonora y Baja California. Parte de los estados de Puebla y Oaxaca en el Valle de Tehuacán Cuicatlán también albergan matorrales.

Habitan climas áridos y semiáridos que pueden variar desde muy caluroso en las planicies costeras hasta relativamente fresco en las partes altas. En zonas con precipitación inferior a 700 mm y con 7 a 12 meses secos por año, en amplias extensiones su precipitación es de 300 a 400 mm. La temperatura promedio de 12 a 26° C.

En los matorrales hay una gran variedad de especies, por lo regular hay dos o tres que dominan y en algunos casos un grupo. Abundan familias y géneros muy adaptados a la sequía, como leguminosas, cactus, agaves, euforbiáceas, pastos, entre muchas otras. Entre los arbolillos pequeños con tallos gruesos están: izotes (*Yuccapericulosa*, *Y. filifera* y otras) y palo verde (*Parkinsonia microphylla*), pata de elefante (*Beaucarnea gracilis*), torote (*Bursera microphylla*) y tenaza (*Havardia pallens*). Hay arbustos espinosos como el amargoso (*Castela tortuosa*), granjero (*Celtis pallida*), huizache (*Acacia farnesiana*), limoncillo (*Zanthoxylum fagara*), mezquite (*Prosopis juliflora*, *P. laevigata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), tullidora (*Karwinskia humboldtiana*), zarza (*Mimosa leucaenoides*) entre otros. Otros arbustos con hojas muy pequeñas son el acebuche (*Forestiera angustifolia*), afinador (*Mortonia greggii*), anacahuita (*Cordia boissieri*), candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*), candelilla o gallito (*Euphorbia lomelii*), cenizo (*Encelia farinosa*, *Leucophyllu mambiguum*), corva de gallina (*Neopringlea integrifolia*), gobernadora (*Larrea tridentata*), hierba del burro (*Ambrosia dumosa*), huajillo (*Acacia berlandieri*), ocotillo u olivo (*Gochnatia hypoleuca*) entre muchos otros

*Pastizal cultivado*. Vegetación dominada por herbáceas, principalmente gramíneas (pastos, zacates o gramínoideas). Se le encuentra en cualquier clima, pero principalmente en las regiones semiáridas del norte y en las partes más altas de las montañas (por arriba de los 4 000 metros). Casi todos los pastizales de nuestro país se emplean para la producción ganadera, casi siempre con una intensidad excesiva. Otros pastizales fueron bosques o matorrales, y la acción del ganado y el fuego los mantienen en esta forma alterada. A éstos se les conoce como pastizales inducidos.

*Pastizal Halófilo (PH)*. Comunidad de gramíneas que se desarrolla sobre suelos salino – sódicos, por lo que su presencia es independiente del clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas; aunque también son frecuentes en algunas áreas próximas a las costas afectadas por el mar o por lagunas costeras. Cuando los

cloruros y los sulfatos son las sales predominantes, el pH del suelo se mantiene generalmente entre 7 y 8.5, en cambio, de ser los carbonatos los más abundantes, la reacción es fuertemente alcalina. Estos suelos, por lo común, son de textura arcillosa y de drenaje deficiente y muchas veces están sujetos a inundaciones más o menos prolongadas. La humedad del suelo, así como el contenido de sales y su alcalinidad pueden tener una variación acentuada a lo largo del año y muchas veces también de un año a otro.

Entre las formas biológicas de las comunidades halófilas predominan las gramíneas rizomatosas y las plantas herbáceas suculentas. De los pastizales halófilos costeros más sobresalientes se encuentran *Distichlis spicata*, de *Sporobolus virginicus* y de *Monanthochloe littoralis*, que forman una carpeta baja, y los de *Spartina* y de *Uniola*, que miden cerca de 1 m de alto. Este tipo de vegetación es la mejor distribuida en el área del Proyecto, su gran tolerancia a la elevada salinidad de los suelos y a las frecuentes inundaciones se debe a las adaptaciones que la especie dominante *Distichlis spicata* (L.) (Pasto salado), presenta a estos factores.

Rzedowsky *et al* (1957) menciona que la gran comunidad vegetal más abundante en la zona del ex Lago es *Distichlis spicata* (L.) (Pasto salado). Este se presenta como un anillo que rodea a la porción central desnuda del Ex-Lago de Texcoco y limita su avance hacia el centro del mismo por la mayor salinidad y alcalinidad que existe en esta porción.

En la actualidad gran parte del área que anteriormente estaba desnuda ha sido paulatinamente cubierta con esta especie, lo que ha sido posible gracias a las características particulares de este pasto que lo hace altamente tolerante a las condiciones de salinidad que prevalece en el área, aunado al esfuerzo por parte de la Comisión del Lago de Texcoco que ha impulsado las actividades de pastización. Más de las tres cuartas partes del área es total o parcialmente cubierta con este pasto salado (Llerena 1978).

*Pastizal Inducido (PI)*. Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de tala, incendios, pastoreo y muchas con ayuda de algún factor del medio natural, como, por ejemplo, la tendencia a producirse cambios en el suelo que favorecen el mantenimiento del pastizal. En el Valle de México se describen comunidades de este tipo, que en general son bajas y muchas veces abiertas, a menudo incluyen un gran número de gramíneas anuales. Los géneros *Buchloe*, *Erioneuron*, *Aristida*, *Lycurus* y *Bouteloua* contienen con frecuencia las especies dominantes.

*Pradera de Alta Montaña (VW)*. La forman comunidades de pocos centímetros de altura, con aspecto cespitoso (Pradera), amacollado (Zacatonal) o arrosado, localizado generalmente arriba de los 3,500 msnm, después del límite altitudinal de la vegetación arbórea y cerca de las nieves perpetuas. Su distribución está restringida a las montañas y volcanes más altos de la República. Se constituye principalmente por especies de gramíneas como: *Calamagrostis tolucensis*, *Stipa ichu*, *Festuca amplissima*, *Festuca livida*, *Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia macroura*, *Muhlenbergia quadridentata*; otras especies notables en estas comunidades son: *Potentilla candicans*, *Eryngium* sp., *Arenaria bryoides*, *Draba* sp., *Muhlenbergia repens*, *Vulpia myuros*, *Deschampsia pringleii*, *Cyperus sesleroides* y *Carex leucophylla*, entre otras.

Casi todas estas montañas, se localizan en la mitad meridional del país, donde la cota aproximada de 4,000 m señala la altitud máxima que alcanza el bosque; el límite superior que alcanza este pastizal alpino se sitúa alrededor de 4,300 m, aunque algunas especies de plantas crecen todavía más allá de 4,500 m. La temperatura media anual varía probablemente de 3 a 5 °C, con variación anual de 3°C, pero con una oscilación diurna suficientemente amplia para que se presenten heladas en todos los meses del año. Las temperaturas mínimas y extremas, no descienden (solo ligeramente), de -10°C. La precipitación anual, en promedio, varía entre 600 y 800 mm y aunque un considerable porcentaje de la misma cae en forma de nieve, esta no permanece por largos periodos sobre el suelo. La insolación y el viento son intensos, con lo cual la evaporación es alta.

Este tipo de vegetación ocupa alrededor de 6 ha en la Subcuenca del río Texcoco – Zumpango, se encuentra sobre los 4,000 msnm, se desarrolla por encima del límite altitudinal de los bosques de coníferas, desde los 3,800 a los 4,500 msnm, en los picos prominentes de la Faja Volcánica Transmexicana y en el volcán Tacaná, México - Guatemala. En la cuenca de México ocupa una superficie alrededor de 50 km<sup>2</sup>. En el estrato arbóreo se puede encontrar únicamente *Pinus*

*hartwegii*, muy disperso ya que puede estar presente aunque no es parte del paisaje; el estrato arbustivo se compone de géneros como *Baccharis*, *Berberis*, *Senecio* y *Juniperus* mientras que el estrato herbáceo se encuentra dominado por pastos amacollados del género *Agrostis* y *Calamagrostis*.

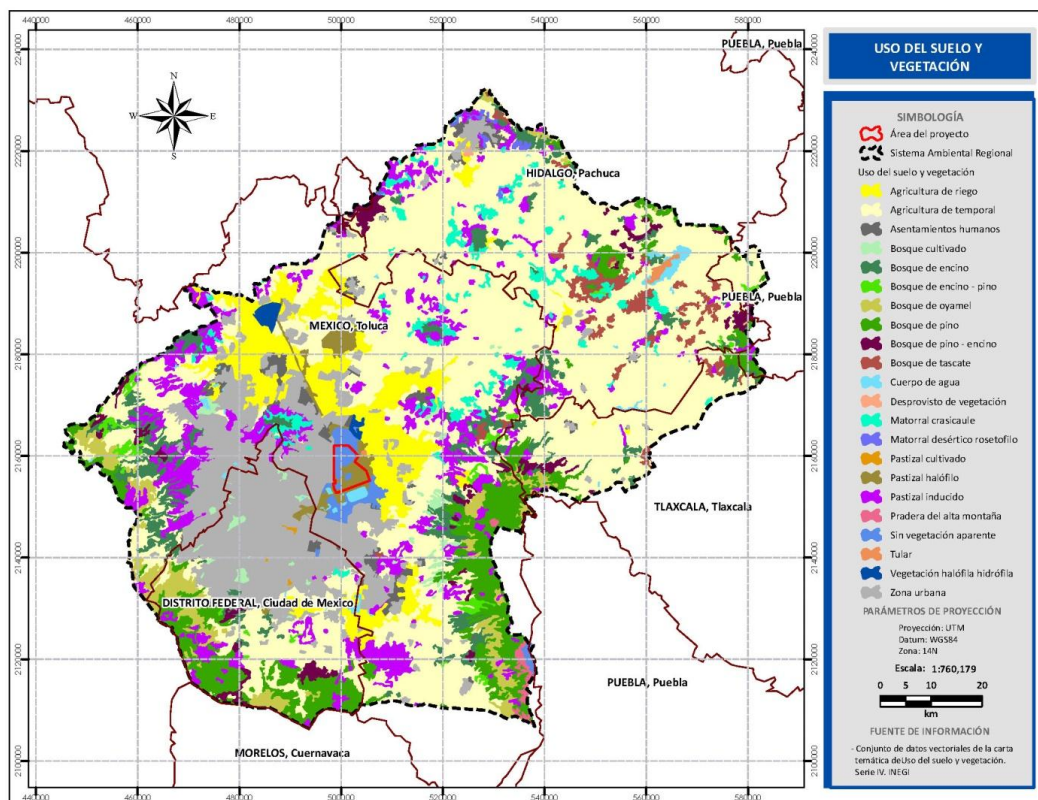
*Tular (VT)*. Es una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledoneas de 80 cm hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Su distribución es cosmopolita, se desarrollan en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, principalmente en la zona del altiplano. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha* sp.) y tulillo (*Scirpus* sp.), también es común encontrar los llamados carrizales de *Phragmites communis* y *Arundo donax*.

*Vegetación Halófila Hidrófila (VHH)*. La constituyen comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se caracterizan por desarrollarse sobre suelos con alto contenido de sales, en partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, cerca de lagunas costeras y área de marismas. Se caracteriza por especies de baja altura y por la dominancia de pastos rizomatosos y tallos rígidos, además de una escasa cobertura de especies arbustivas. Se desarrolla en partes bajas de las cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, en donde los factores climáticos y geológicos dieron origen a áreas salinas. Las especies más abundantes corresponden estrictamente a halófitas como *Atriplex* sp (chamizo), *Suaeda* sp (romerito), *Batis maritima* (vidrillo), *Frankenia* sp (hierba reuma), *Abronia maritima* (alfombrilla) y *Limonium* sp (lavanda). Otras especies capaces de soportar estas condiciones son *Sesuvium* sp (verdolaga), *Hilaria* sp (zacate toboso), *Eragrostis obtusiflora* (zacate).

La comunidad de *Suaeda* le sigue en importancia y generalmente se le encuentra ya sea asociada con el pasto salado en áreas en donde ésta no alcanza gran cobertura, o en pequeñas superficies como comunidad dominante y en menor grado como plantas esporádicas en áreas relativamente desnudas. Sin embargo, esta se ve limitada para dominar mayores áreas debido a que, a pesar de ser altamente resistente es más sensible a las condiciones de sequía e inundación.

Con respecto a *Eragrostis obtusiflora*, ésta se presenta en manchones relativamente pequeños y normalmente sin mezclarse con otras especies al parecer por su estructura y agresividad. En menor porción se representan en el área otras gramíneas como *Hordeum jubatum*. También se presenta una *Chenopodiaceae*, en manchones aislados y principalmente en canales de riego.

La distribución de estos tipos de vegetación, se muestra en la siguiente tabla y mapa, el cual también se incluye en el Anexo VIII.3.16 Uso de suelo y vegetación a nivel del SAR.



Mapa IV.29 Uso de suelo y vegetación dentro del SAR.

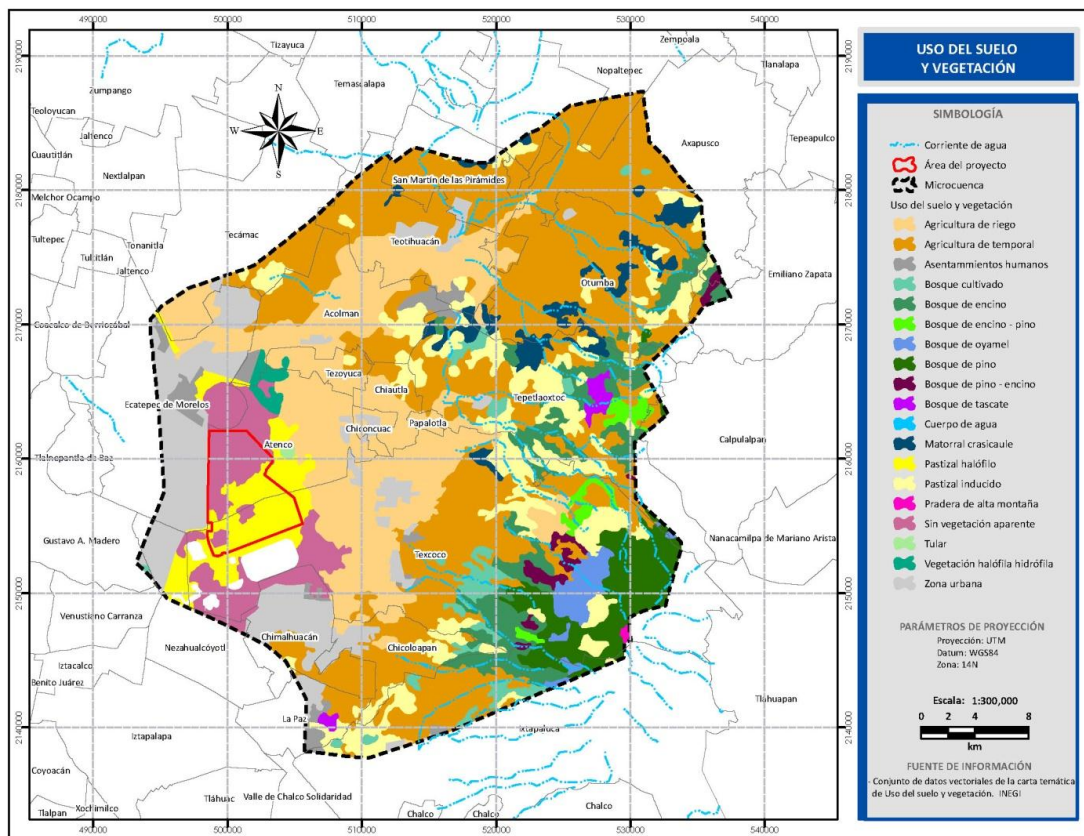
⊕ Vegetación a nivel de Microcuenca Texcoco o Área de Influencia del Proyecto (AIP-Flora)

La Microcuenca Texcoco se ubica entre las sierras meridionales y altiplanicies de la Región Hidrológica 26 Rio Panuco, perteneciente a la cuenca rio Moctezuma, dentro de la subcuenca del Lago Texcoco-Zumpango.

Tabla IV.45 Uso de suelo y vegetación en la Microcuenca Texcoco o AIP-Flora.

Tipos de Vegetacion	Superficie (Ha)
Pastizal Inducido (PI)	12,809.46
Bosque de Encino (BQ)	7,252.66
Bosque de Pino (BP)	5,901.94
Pastizal Halófilo (PH)	5,593.09
Matorral Crasicaule (MC)	3,398.46
Bosque de Oyamel (BA)	1,669.21
Bosque de Pino-Encino (BPQ)	981.54
Bosque de Encino-Pino (BQP)	1,122.95
Vegetación Halófila Hidrófila (VHH)	682.75
Bosque de Tascate (BJ)	635.99
Pradera de Alta Montana (VW)	71.94
Tular (VT)	93.30
Bosque Cultivado (BC)	2,540.46
Agricultura de Temporal (AT)	52,209.74
Agricultura de Riego (AR)	26,363.70
Sin Vegetación Aparente	6,846.65
Cuerpo de Agua	1,437.93
Asentamientos Humanos	2,358.64
Zona Urbana	12,384.05
<b>Total</b>	<b>144,354.54</b>

La distribución de los tipos de vegetación presentes en la microcuenca Texcoco o AIP, de acuerdo a la Serie IV de INEGI (2010) se presenta en el siguiente mapa.



Mapa IV.30 Uso del suelo y vegetación en el área de la Microcuenca Ex-Lago de Texcoco.

La descripción de los ecosistemas vegetales es:

**Pastizal Inducido (PI).** En el Valle de México se describen comunidades de este tipo, que en general son bajas y muchas veces abiertas a menudo incluyen un gran número de gramíneas anuales. Los géneros *Buchloe*, *Erioneuron*, *Aristida*, *Lycurus* y *Bouteloua* contienen con frecuencia las especies dominantes.

**Bosque de Encino (BQ).** Comunidad vegetal constituida por el género *Quercus* (encinos, robles), su distribución abarca desde el nivel del mar, hasta los 3,100 m, aunque más del 95% de su estación se halla en altitudes entre los 1,200 y 2,800 msnm. Se encuentra muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de bosques mixtos con especies de ambos géneros. Junto con los bosques de pino, los bosques de encino representan el otro tipo importante de vegetación templada de México.

En la zona alta de la Subcuenca del río Texcoco – Zumpango, se registra la presencia de bosque de encino desde los 2,600 msnm hasta los 3,100 msnm, en asociaciones dominadas por el género *Quercus*, compuestas por árboles bajos y medianos, presenta un estrato arbustivo y otro herbáceo que es más abundante durante la época de lluvias y se aminora durante la época de estiaje; este tipo de vegetación se encuentra intervenido por el hombre debido a que se aprovechan recursos como la leña o la tierra de monte. En algunos casos representa vegetación clímax y en otros casos se trata de vegetación secundaria, donde la existencia de algún factor de perturbación, como un incendio, cambio de uso de suelo o aprovechamiento maderable ha promovido su desarrollo.

**Bosque de Pino (BP).** En la zona alta de la Subcuenca del río Texcoco – Zumpango se encuentra este tipo de vegetación (ocupa el 41.74% de la superficie de la Subcuenca en asociación de *Pinus hartwegii*). Esta asociación se distribuye en un



intervalo altitudinal de 3,500 – 4,000 msnm en suelos ácidos, extremadamente ricos en materia orgánica, profundos, de textura media, sobre laderas ligeras o pronunciadas, el estrato arbóreo se compone de árboles que en su mayoría miden de 15 a 30 m, con un dosel abierto, el estrato arbustivo está presente aunque es muy discreto, su cobertura no supera el 25% del suelo, el estrato herbáceo tiene una cobertura del 100% y se compone principalmente por pastos amacollados.

La flora asociada se compone en el estrato arbustivo por las especies de *Senecio angulifolius*, *S. cinerarioides* y *Baccharis conferta*, mientras que el estrato herbáceo se encuentra dominado por pastos amacollados de la especie *Calamagrostis toluensis*, y herbáceas como *Penstemon gentianoides* y *Lupinus montanu*.

*Pastizal Halófilo (PH)*. Comunidad de gramíneas que se desarrolla sobre suelos salino – sódicos, por lo que su presencia es independiente del clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas; aunque también son frecuentes en algunas áreas próximas a las costas afectadas por el mar o por lagunas costeras. Cuando los cloruros y los sulfatos son las sales predominantes, el pH del suelo se mantiene generalmente entre 7 y 8.5, en cambio, de ser los carbonatos los más abundantes, la reacción es fuertemente alcalina. Estos suelos, por lo común, son de textura arcillosa y de drenaje deficiente y muchas veces están sujetos a inundaciones más o menos prolongadas. La humedad del suelo, así como el contenido de sales y su alcalinidad pueden tener una variación acentuada a lo largo del año y muchas veces también de un año a otro.

Entre las formas biológicas de las comunidades halófilas predominan las gramíneas rizomatosas y las plantas herbáceas suculentas. De los pastizales halófilos costeros más sobresalientes se encuentran *Distichlis spicata*, de *Sporobolus virginicus* y de *Monanthochloe littoralis*, que forman una carpeta baja, y los de *Spartina* y de *Uniola*, que miden cerca de 1 m de alto.

Este tipo de vegetación es la mejor distribuida en el área del Proyecto, su gran tolerancia a la elevada salinidad de los suelos y a las frecuentes inundaciones se debe a las adaptaciones que la especie dominante *Distichlis spicata* (L.) (pasto salado), presenta a estos factores.

Rzedowsky *et al* (1957) mencionan que la gran comunidad vegetal más abundante en la zona del ex lago es *Distichlis spicata* (Pasto salado). Este se presenta como un anillo que rodea a la porción central desnuda del Ex-Lago de Texcoco y limita su avance hacia el centro del mismo por la mayor salinidad y alcalinidad que existe en esta porción.

En gran parte del área que anteriormente estaba desnuda ha sido paulatinamente cubierta con esta especie, lo que ha sido posible gracias a las características particulares de este pasto que lo hacen altamente tolerante a las condiciones de salinidad que prevalecen en el área, aunado al esfuerzo por parte de la Comisión del Lago de Texcoco que ha impulsado las actividades de pastización. Más de las tres cuartas partes del área se reporta como total o parcialmente cubierta con este pasto salado (Llerena, 1978).

*Matorral Crasicaule (MC)*. Tipo de vegetación que muestra predominancia de cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del Centro y Norte del país. Algunas especies características son: *Opuntia* sp., *Carnegiea gigantea*, *Pachycereus pringlei*, *Stenocereus thurberi*. Se incluyen las asociaciones conocidas como Nopaleras, Chollales, Cardonales, Tetecheras, etc. Se localizan estas comunidades en el centro de México, en los estados de México, Querétaro e Hidalgo, también se localizan manchones en el estado de Puebla.

Esta comunidad se desarrolla preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación media anual varía entre 300 y 600 mm y la temperatura es de 16 a 22°C en promedio anual. La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4 m, su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi 100% de cobertura, y el matorral puede admitir la numerosa presencia de plantas herbáceas.

*Bosque de Oyamel (BA)*. Este tipo de vegetación se caracteriza por la presencia de árboles principalmente del género *Abies* como: *A. religiosa* (oyamel), *A. duranguensis* (abeto) y otras, además de *Pinus* sp., *Quercus* sp. y *Alnus firmifolia* (aíle), que a veces sobrepasan los 30 m de altura y que se desarrollan en clima semifrío y húmedo, entre los 2,000 – 3,400 m de altitud.

Las masas arboladas pueden estar conformadas por elementos de la misma especie o mixtos (*Abies – Pinus*, por ejemplo), acompañados por diferentes especies de coníferas y latifoliadas; algunos bosques son densos sobre todo en condiciones libres de disturbio, pero debido al fuerte impacto que provocan las actividades humanas, su área se encuentra en constante disminución para dar lugar a espacios agrícolas y pecuarios.

*Bosque de Pino-Encino (BPQ)*. Esta comunidad, junto con los bosques de encino – pino se consideran fases de transición en el desarrollo de bosques de pino o encino puros. Este tipo de bosque se distribuye ampliamente en la mayor parte de la superficie forestal de las partes altas de los sistemas montañosos del país, la cual está compartida por las diferentes especies de *Pinus* y *Quercus* sp.; siendo dominantes los pinos.

*Bosque de Encino-Pino (BPQ)*. Se caracteriza por la dominancia de *Quercus* sp. (encinos), sobre los *Pinus* sp. (pinos). Se desarrolla principalmente en áreas de mayor importancia forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino – encino. Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino.

*Vegetación Halófila Hidrófila (VHH)*. La constituyen comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se caracterizan por desarrollarse sobre suelos con alto contenido de sales, en partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, cerca de lagunas costeras y área de marismas. Se caracteriza por especies de baja altura y por la dominancia de pastos rizomatosos y tallos rígidos, además de una escasa cobertura de especies arbustivas. Se desarrolla en partes bajas de las cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, en donde los factores climáticos y geológicos dieron origen a áreas salinas. Las especies más abundantes corresponden estrictamente a halófitas como *Atriplex* sp. (chamizo), *Suaeda* sp. (Romerito), *Batis maritima* (vidrillo), *Frankenia* sp. (Hierba reuma), *Abronia maritima* (alfombrilla) y *Limonium* sp. (Lavanda). Otras especies capaces de soportar estas condiciones son *Sesuvium* sp. (Verdolaga), *Hilaria* sp. (Zacate tobozo) y *Eragrostis obtusiflora* (zacate).

La comunidad de *Suaeda* le sigue en importancia y generalmente se le encuentra ya sea asociado con el pasto salado en áreas en donde ésta no alcanza gran cobertura, o en pequeñas superficies como comunidad dominante y en menor grado como plantas esporádicas en aéreas relativamente desnudas. Sin embargo ésta se ve limitada para dominar mayores áreas debido a que, a pesar de ser altamente resistente es más sensible a las condiciones de sequía e inundación.

Con respecto a *Eragrostis obtusiflora*, ésta se presenta en manchones relativamente pequeños y normalmente se mezclan con otras especies al parecer por su estructura y agresividad. En menor porción se representan en el área otras gramíneas como *Hordeum jubatum*. También se presenta una *Chenopodiaceae*, en manchones aislados y principalmente en canales de riego.

*Bosque de Tascate (BJ)*. Son bosques formados por árboles escuamifolios (hojas en forma de escama) del género *Juniperus* a los que se les conoce como tascate, enebro o cedro, con una altura promedio de 8 a 15 m de regiones subcálidas templadas y semifrías, siempre en contacto con los bosques de encino, pino – encino, selva baja caducifolia y matorrales de zonas áridas.

*Pradera de Alta Montaña (VW)*. La forman comunidades de pocos centímetros de altura, con aspecto cespitoso (pradera), amacollado (zacatonal) o arrosado, localizado generalmente arriba de los 3,500 msnm, después del límite altitudinal de la vegetación arbórea y cerca de las nieves perpetuas. Su distribución está restringida a las montañas y volcanes más altos de la República.

Se constituye principalmente por especies de gramíneas como: *Calamagrostis tolucensis*, *Stipa ichu*, *Festuca amplissima*, *Festuca livida*, *Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia macroura*, *Muhlenbergia quadridentata*. Otras especies notables en estas comunidades son: *Potentilla candicans*, *Eryngium* sp., *Arenaria bryoides*, *Draba* sp., *Muhlenbergia repens*, *Vulpia myuros*, *Deschampsia pringleii*, *Cyperus sesleroides* y *Carex leucophylla*, entre otras.

Este tipo de vegetación ocupa alrededor de 6 ha en la Subcuenca del Río Texcoco – Zumpango, se encuentra sobre los 4,000 msnm, se desarrolla por encima del límite altitudinal de los bosques de coníferas, desde los 3,800 a los 4,500 msnm. En la cuenca de México ocupa una superficie alrededor de 50 km<sup>2</sup>. En el estrato arbóreo se puede encontrar únicamente *Pinus hartwegii*, aunque muy disperso, puede estar presente aunque no es parte del paisaje; el estrato arbustivo se compone de géneros como *Baccharis*, *Berberis*, *Senecio* y *Juniperus* mientras que el estrato herbáceo se encuentra dominado por pastos amacollados del género *Agrostis* y *Calamagrostis*.

*Tular (VT)*. Es una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledóneas de 0.80 m hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Su distribución es cosmopolita, se desarrollan en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, principalmente en la zona del altiplano. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de *Typha* sp. (Tule), y *Scirpus* sp. (Tulillo), también es común encontrar los llamados carrizales de *Phragmites communis* y *Arundo donax*.

*Bosque Cultivado (BC)*. Es aquel que se establece mediante la plantación de diferentes especies arboladas realizadas por el hombre, sobre todo en aquellas áreas que presentan una perturbación debido a las actividades humanas. Estas poblaciones se pueden considerar como bosques artificiales, ya que son consecuencia de una reforestación con árboles de distintos géneros, por lo general, con especies exóticas.

Los fines de estas plantaciones son el recreativo, ornamental y forestal, además de conservar el medio ambiente, así como evitar la erosión del suelo. Según la adaptabilidad, éstas son algunas de las especies que más se cultivan: *Pinus* sp. (Pino), *Eucalyptus* sp. (Eucalipto), *Cupressus* sp (Cedro), *Casuarina* sp (Casuarina), *Schinus molle* (pirul), *Populus* sp (Álamo o chopo), *Fraxinus* sp (Fresno), *Alnus* sp (Aíle), entre otros.

*Agricultura de Temporal (AT)*. Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, por lo que su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, que puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien son por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo. Pueden ser áreas de monocultivo o de policultivo y pueden combinarse con pastizales o bien estar mezcladas con zonas de riego, lo que conforma un mosaico complejo, difícil de separar, pero que generalmente presenta dominancia de los cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia.

*Agricultura de Riego (AR)*. Estos agroecosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo la aspersión, goteo, o cualquier otra técnica, es el caso del agua rodada (distribución del agua a través de surcos o bien tubería a partir de un canal principal y que se distribuye directamente a la planta), por bombeo desde la fuente de suministro (un pozo, por ejemplo) o por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o un cuerpo de agua natural.

#### ⊕ Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del Proyecto y sus colindancias

Para determinar el uso de suelo y tipo de vegetación, se realizó un recorrido físico en el predio del Proyecto para identificar el uso del suelo actual y el tipo de vegetación presente. Dadas las condiciones en el predio del Proyecto, se estimaron superficies por tipo de vegetación, cuerpos de agua, caminos internos y obras civiles; los datos se obtuvieron mediante el programa Google Earth, con la imagen de satélite del mes de Septiembre del 2013. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV.46 Uso de suelo y tipo de vegetación en el predio del Proyecto.

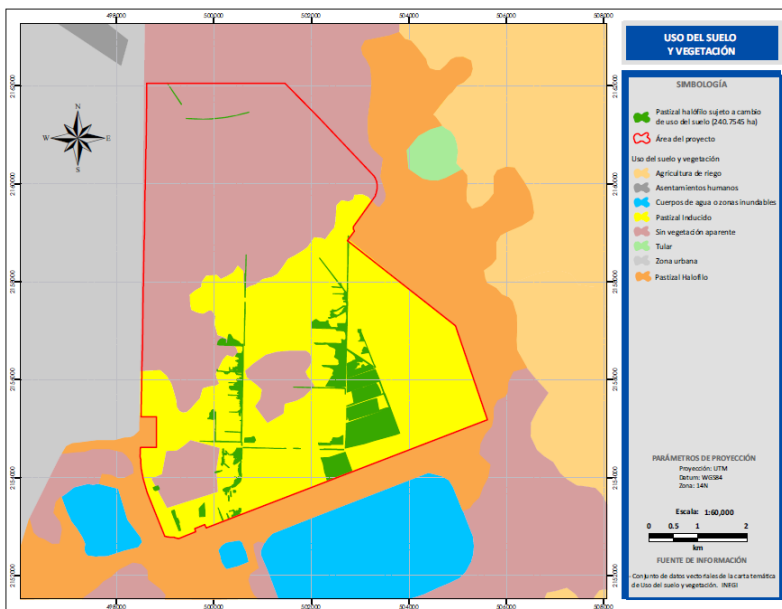
Uso de Suelo y Vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Pastizales inducidos	2,267.2043	51.16
Pastizal halófilo	240.7545	5.43
Cuerpos de agua y zona inundable	1,862.64	42.04
Caminos internos (terracería y asfaltados)	51.841	1.17
Obras civiles	8.7242	0.20
<b>Totales</b>	<b>4,431.1640</b>	<b>100.00</b>

Del sitio en el cual se desarrollará el Proyecto se puede comentar que las obras para desaguar artificialmente el Valle de México que se llevaron a cabo en los años 50's y 60's del siglo XX contribuyeron a disminuir las inundaciones de la Ciudad de México, pero también provocaron la desecación paulatina del sistema lacustre, siendo el último en desecarse el Lago de Texcoco, que se transformó en un ambiente pantanoso en la época de lluvias y desértico en la de estiaje. Muchas de las áreas del lecho desecado del Ex-Lago se quedaron sin uso, debido a las condiciones extremadamente adversas de salinidad y sodicidad, lo que propició que en época de secas quedaran grandes áreas con tierra y detritus sujetas a erosión eólica con la formación de grandes tolvaneras que se convirtieron en un grave problema ambiental y de salud de los habitantes del Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Ante esta problemática, se propusieron varios estudios y proyectos, entre los que se seleccionó la propuesta del Dr. Nabor Carrillo Flores originando el Proyecto Texcoco, que inició en 1966 con presupuesto de NAFIN. Si bien es cierto que se han adoptado una serie de acciones que pudieran argumentar que el área del Ex-Lago de Texcoco no se ajusta a la definición de terreno forestal, la Promovente adopta la posición de que es un terreno forestal.

Con base a lo anterior, y como se observa en el Estudio Técnico Justificativa de Cambio de Uso de Suelo Forestal (ETJ) la superficie sujeta a cambio de uso de suelo de Pastizal halófilo es de 240.7545 ha, por lo que para dar cumplimiento a la fracción O) del Artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, Artículo 117 de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable y a los Artículos 120 y 121 su Reglamento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero del 2005, se presenta en paralelo a esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional, la solicitud para obtener la autorización para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales que incluye el Estudio Técnico Justificativo correspondiente.

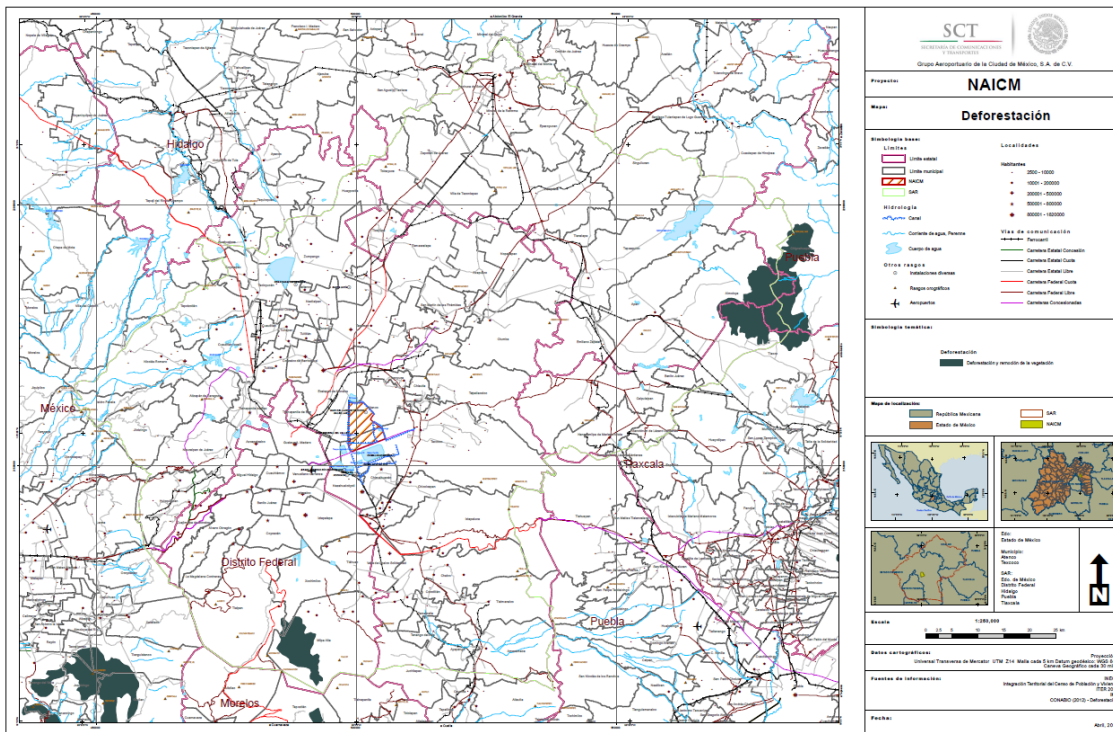
En la siguiente figura se observa el mapa Usos de Suelo y Vegetación a nivel del predio del Proyecto, derivado de los trabajos de campo, para mayor apreciación ver Anexo VIII.3.17.



Mapa IV.31 Mapa de usos de suelo y vegetación en el predio del Proyecto, derivado de los trabajos de campo.

### Deforestación

En el SAR únicamente existen 2,985.57 ha con problemas de deforestación, mientras que en la poligonal del Proyecto no se detecta esta problemática. Lo anterior se muestra en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.18 Deforestación.



Mapa IV.32 Deforestación en el SAR y en la poligonal del Proyecto.

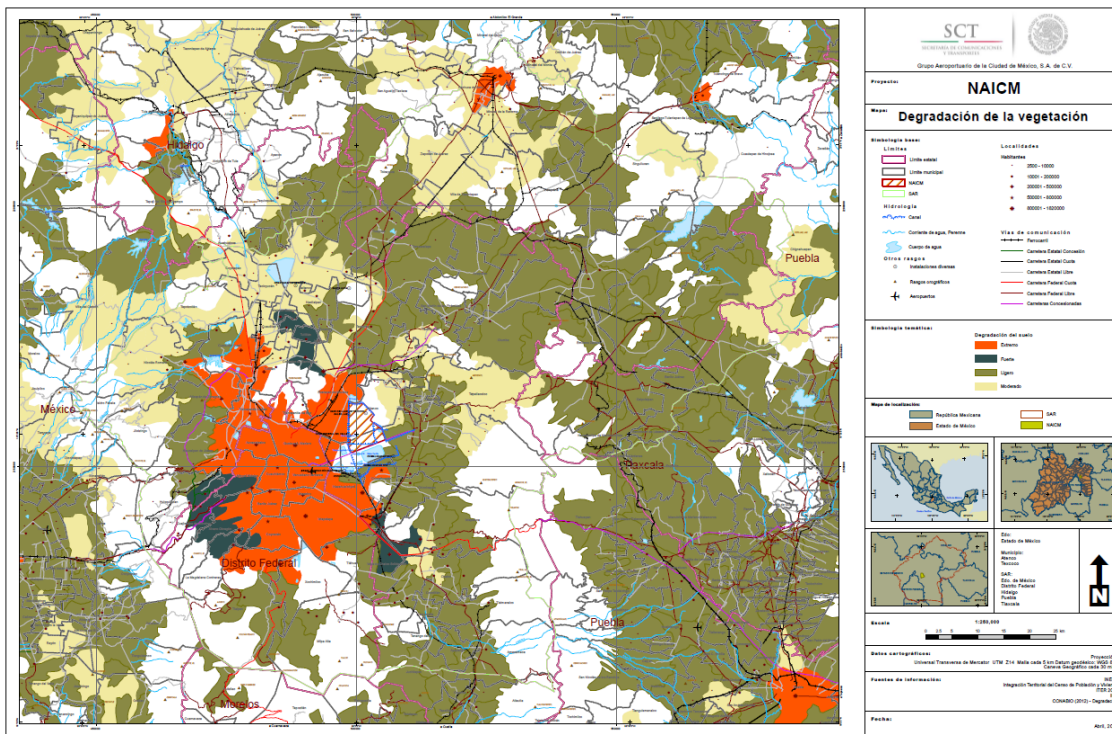
### Grado de degradación de la vegetación

De acuerdo a la cartografía de Uso de suelo y Vegetación Serie III (INEGI, 2007) y CONABIO, en el SAR se presentan los siguientes grados de degradación de la vegetación.

Tabla IV.47 Grados de degradación de la vegetación en el SAR y la poligonal del Proyecto.

Grado de degradación de la vegetación	SAR (ha)	Poligonal del Proyecto (ha)
Extremo	94,444.24	
Fuerte	22,943.35	
Ligero	411,210.12	28.23
Moderado	153,057.59	

En el siguiente mapa se muestra lo descrito así como en el Anexo VIII.3.19 Degradación de la vegetación.



Mapa IV.33 Grados de degradación de la vegetación en el SAR y en la poligonal del Proyecto.

#### ⊕ Metodología de muestreo.

Para el muestreo de vegetación en la poligonal del Proyecto se emplearon dos tipos de muestreos: el muestreo estratificado y el muestreo sistemático. El muestreo estratificado: consistió en delimitación de rodales de la vegetación presentes en la poligonal del Proyecto y el muestreo sistemático: en cada uno de los rodales de vegetación se ubicaron unidades de muestreo en un patrón regular en cada rodal de vegetación previamente identificados en la realización de vegetación.

#### Intensidad de muestreo

La intensidad de muestreo, se definió en función de la superficie de vegetación en la poligonal del Proyecto, con base en este criterio se consideró una intensidad de muestreo del 10% para el área total con presencia de vegetación definida en la primera etapa del trabajo de campo.

Una vez definida la intensidad de muestreo se estimó el tamaño de la muestra con base en la siguiente formula:

$$n = (IM/100) * N$$

Dónde:

- n = Superficie a muestrear (ha)
- IM = Intensidad de muestreo (%)
- N = Superficie total (ha)

La vegetación en la poligonal del Proyecto presenta una distribución muy heterogenia, localizándose conglomerados de vegetación, para este tipo de condiciones se emplearon sitios rectangulares, usando transectos rectangulares de 10 x 50 m (500 m<sup>2</sup>).

Los transectos se ubicaron en un patrón regular en cada uno de los rodales de vegetación en función del tamaño de los rodales presentes en el predio. En cada unidad de muestreo se registraron a todos aquellos individuos con un DAP ≥5cm, y se registraran los siguientes parámetros o variables Dasométricas:

- Altura total (m): se considera la altura total medida desde la base del tronco hasta la copa de los individuos. Esta medición se realizará con la ayuda de una pístalo haga y mediante observación directa.
- Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm): esta medición se realizará a 1.3m de altura de la base del árbol; se midieran todos los individuos leñosos con diámetro  $\geq 5$  cm. Esta medición se realizará con la ayuda de cintas diamétricas.
- Morfoespecie: los individuos medidos y no reconocidos en campo, serán colectados para su posterior determinación taxonómica, asignándoles una morfoespecie en campo.

Para la determinación taxonómica de las especies registradas durante los muestreos de la vegetación, se colectaron partes vegetativas de los ejemplares medidos. La determinación botánica se realizó con material bibliográfico especializado y claves dicotómicas de cada una de las familias.

Tabla IV.48 Área de los diferentes tipos de vegetación y componentes existentes en el predio

Concepto	Área (ha)	%
Pastizal halófilo inducido	2,267.19	51.16
<i>Tamarix aphylla</i> y <i>Tamarix chinensis</i>	240.7545	5.43
Cuerpos de agua y zona inundable	1,862.64	42.04
Caminos internos (terracería y asfaltados)	51.841	1.17
Obras civiles	8.7242	0.20
<b>Total</b>	<b>4,431.1640</b>	<b>100.00</b>

Se realizó un recorrido físico en toda la poligonal del Proyecto para la identificación de áreas con vegetación. Con la ayuda de un navegador satelital (GPS) se marcaron coordenadas de los puntos donde se apreciaba un cambio en la estructura de la vegetación. Se identificaron polígonos de vegetación mediante imagen de satélite Google earth, Marzo 2013, correspondiente al periodo de sequía; periodo en el que se iniciaron los trabajos de campo. A continuación se muestran dichos polígonos que por su distribución, se dividieron en secciones a fin de ubicar toda el área del Proyecto.

**Resultados obtenidos en los trabajos de campo.**

Los trabajos de campo permitieron complementar, comprobar y disprobar la información bibliográfica, respecto a la distribución de los diferentes componentes vegetales que ocurren actualmente en el predio. Resultado de ellos y con el auxilio de fotointerpretación, se encontraron los principales polígonos vegetacionales dentro del predio.



Figura IV.50 Manchones con vegetación al extremo Suroeste del predio del Proyecto.



Figura IV.51 Manchones de vegetación en la porción Sureste del predio del Proyecto.



Figura IV.52 Manchones de vegetación en la porción media central al Este del predio del Proyecto.





Figura IV.53 Vegetación en la porción media central al Oeste del predio del Proyecto.



Figura IV.54 Polígonos de vegetación en la porción Noroeste del predio del Proyecto.



Figura IV.55 Polígonos de vegetación en el extremo Norte del predio del Proyecto.

La poligonal del Proyecto tiene una superficie 4,431.1640 hectáreas en la que se detectaron dos principales formaciones de vegetación: vegetación arbórea-arbustiva de *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla* y pastizal halófilo, en el que sobresalen *Distichlis spicata* (pasto salado), *Sporobolus pyramidatus* (liendrilla o cola de zorro) y *Paspalum virgatum* (cebadilla) como las especies dominantes.

Dadas las condiciones de la vegetación en el predio, se estimaron superficies por tipo de vegetación, mismas que fueron obtenidas mediante la delimitación de polígonos de las áreas de vegetación arbórea-arbustiva, de pastizales halófilos, cuerpos de agua, caminos internos y obras civiles, se realizaron por medio del programa Google Earth, con la imagen de satélite del mes de Septiembre del 2013. Se tomaron otros sitios de muestreo como puntos de control para corroborar la superficie por tipo de vegetación. Con base a la delimitación de los polígonos de vegetación se tiene lo siguiente:

- Estrato arbóreo y arbustivo

Como los principales y más conspicuos elementos bióticos dentro del predio del Proyecto, se tienen los árboles y los arbustos, mismos que se presentan en manchones siempre coincidentes con la red de caminos que forman virtualmente una retícula dentro del predio. La ubicación de estos manchones se muestra en las siguientes figuras.

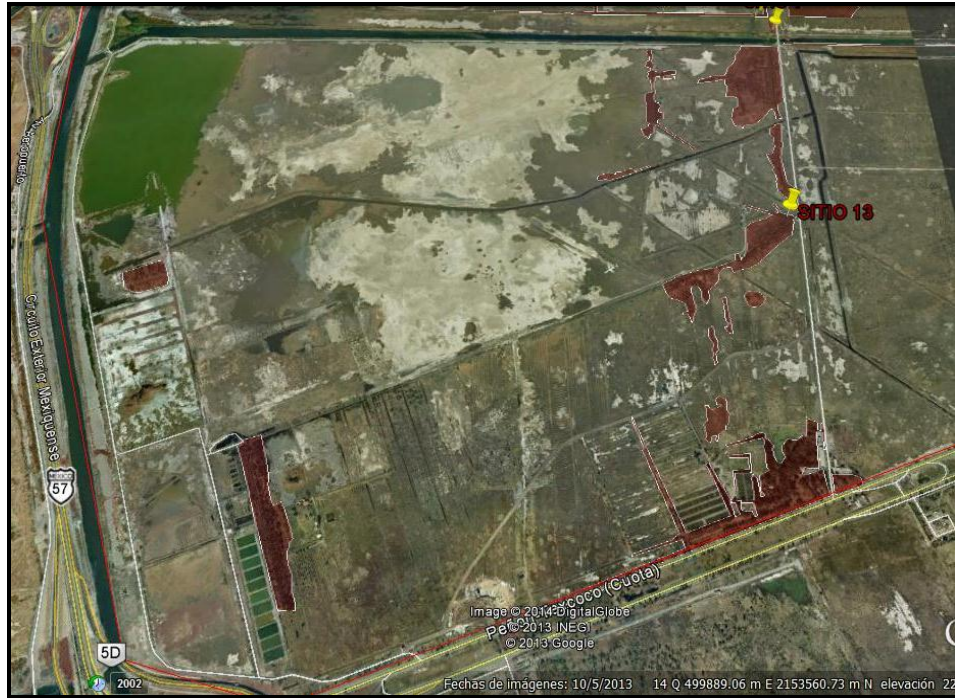


Figura IV.56 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.



Figura IV.57 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.



Figura IV.58 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.

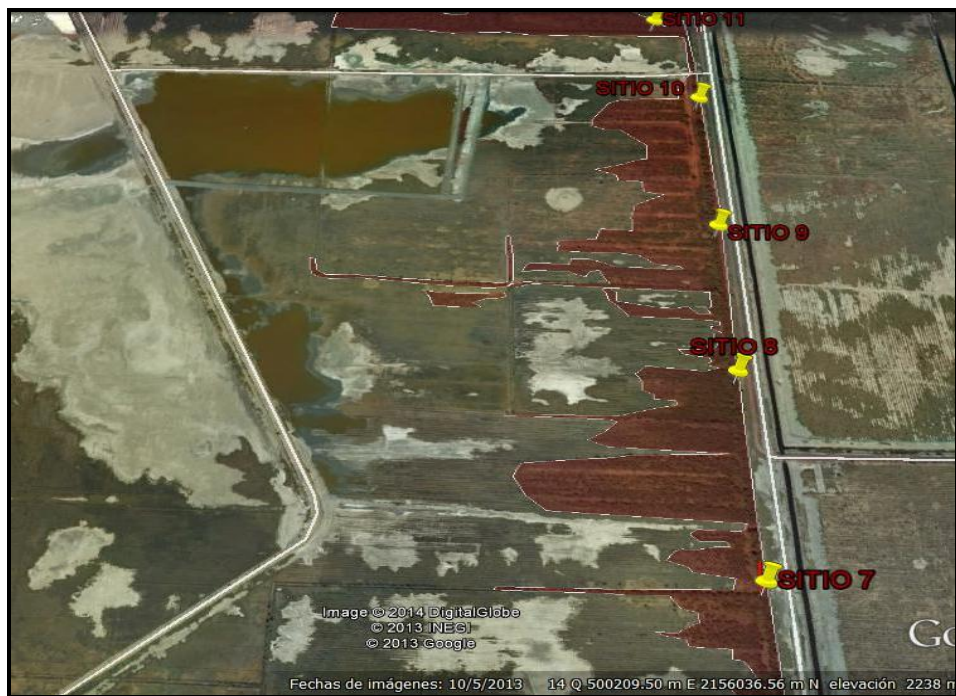


Figura IV.59 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.



Figura IV.60 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.



Figura IV.61 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.



Figura IV.62 Zona con vegetación arborescente y arbustiva en el predio del Proyecto.

- Pastizal halófilo

Para el caso particular de este tipo de vegetación a la fecha se tienen puntos de muestreo de referencia debido a las características fenotípicas de las diferentes especies (*Distichlis spicata*, *Eragrostis obtusiflora* y *Hordeum jubatum*) principalmente el tipo de crecimiento, al ser especies de crecimiento rizomatosas y amacollado es difícil diferenciar y contabilizar a cada individuo, por otra parte el arreglo espacio-temporal de sus poblaciones es un factor importante a considerar debido a que existe variación del crecimiento de estas especies e incide directamente sobre la distribución sobre el terreno.

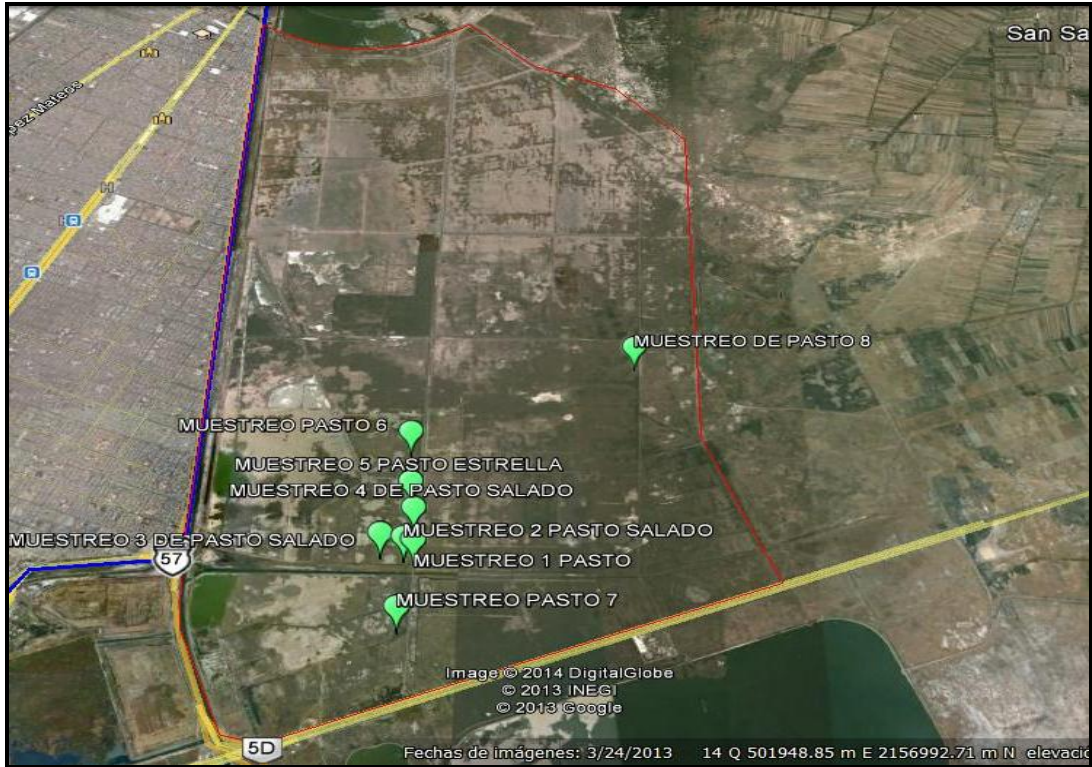


Figura IV.63 Primera ubicación de puntos de muestreo de pastizal halófilo en el predio del Proyecto.

Como resultado de la delimitación de polígonos por vocación de uso de suelo, se tiene que la superficie que ocupa el estrato arbóreo – arbustivo corresponde al 5.43% de la superficie total del Proyecto y el pastizal halófilo constituye el 51.16%.

Posterior a la Primera ubicación de los puntos de muestreo de pastizal halófilo y retroalimentando la información con las mediciones hechas en campo, se llevó a cabo el muestreo en los siguientes sitios y coordenadas.



Figura IV.64 Zona con pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.



Figura IV.65 Zona de pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.





Figura IV.66 Zona de pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.

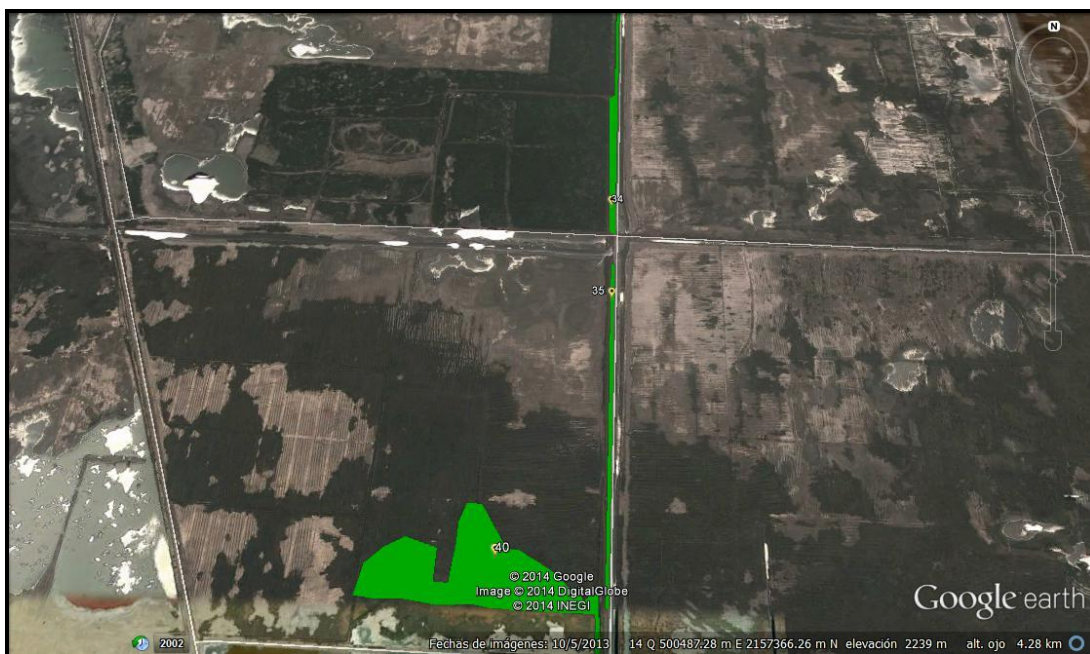


Figura IV.67 Zona con pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.

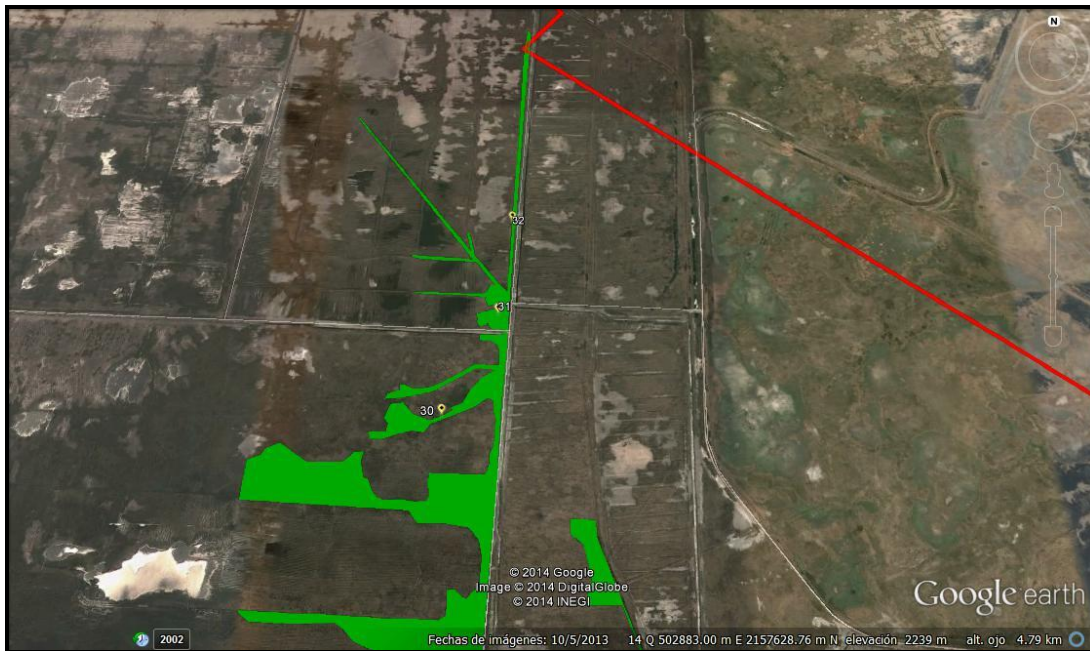


Figura IV.68 Zona con pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.



Figura IV.69 Zona de Pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.



Figura IV.70 Zona de pastizal halófilo en la poligonal del predio del Proyecto.

Una vez identificadas las de pastizal halófilo se realizó el muestreo en 26 transectos de forma rectangular de 50 metros de largo por 10 metros de ancho (500 m<sup>2</sup>), los cuales se presentan a continuación.

Tabla IV.49 Coordenadas de los sitios de muestreo 1, 2 y 3.

Sitio 1			Sitio 2			Sitio 3		
Punto	Coordenadas		Punto	Coordenadas		Punto	Coordenadas	
	X	Y		X	Y		X	Y
1	500573	2154662	1	500576	2154721	1	500238	2154729
2	500586	2154709	2	500493	2154743	2	500189	2154727
3	500562	2154710	3	500524	2154730	3	500188	2154738
4	500563	2154663	4	500576	2154729	4	500239	2154739



Figura IV.71 Sitio de muestreos 1, 2 y 3.

Tabla IV.50 Coordenadas de los sitios de muestreo 4 y 5.

Sitio 4			Sitio 5		
Punto	Coordenadas		Punto	Coordenadas	
	X	Y		X	Y
1	500571	2154911	1	500579	2155055
2	500574	2154959	2	500577	2155098
3	500562	2154959	3	500565	2155098
4	500559	2154914	4	500567	2155057



Figura IV.72 Sitio de muestreo 4 y 5.

Tabla IV.51 Coordenadas del sitio de muestreo 6.

Sitio 6		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	500580	2155369
2	500583	2155415
3	500572	2155415
4	500570	2155369



Figura IV.73 Sitio de muestreo 6.

Tabla IV.52 Coordenadas del sitio de muestreo 7.

Sitio 7		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	500582	2155672
2	500583	2155716
3	500572	2155715
4	500573	2155673



Figura IV.74 Sitio de muestreo 7.

Tabla IV.53 Coordenadas del sitio de muestreo 8.

Sitio 8		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	500587	2155937
2	500586	2155984
3	500577	2155985
4	500577	2155937



Figura IV.75 Sitio de muestreo 8.

Tabla IV.54 Coordenadas del sitio de muestreo 9.

Sitio 9		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	500591	2156189
2	500592	2156244
3	500580	2156243
4	500581	2156191



Figura IV.76 Sitio de muestreo 9.

Tabla IV.55 Coordenadas del sitio de muestreo 10.

Sitio 10		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	500596	2156512
2	500598	2156594
3	500589	2156593
4	500585	2156513



Figura IV.77 Sitio de muestreo 10.

Tabla IV.56 Coordenadas del sitio de muestreo 11.

Sitio 11			Sitio 12		
Punto	Coordenadas		Punto	Coordenadas	
	X	Y		X	Y
1	500595	2156700	1	500333	2156721
2	500549	2156701	2	500330	2156777
3	500550	2156692	3	500322	2156778
4	500595	2156692	4	500326	2156721

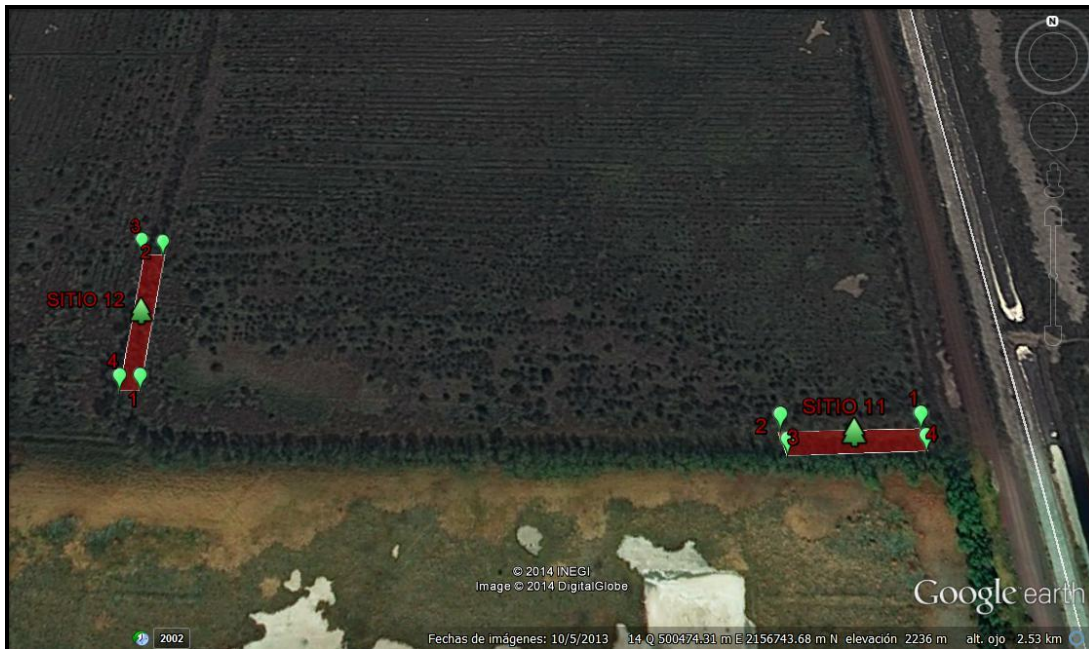


Figura IV.78 Sitio del muestreo 11 y 12.



Tabla IV.57 Coordenadas del sitio de muestreo 13.

Sitio 13			Sitio 14		
Punto	Coordenadas		Punto	Coordenadas	
	X	Y		X	Y
1	500537	2153969	1	500472	2153941
2	500497	2153985	2	500481	2153931
3	500495	2153979	3	500449	2153894
4	500536	2153964	4	500438	2153899

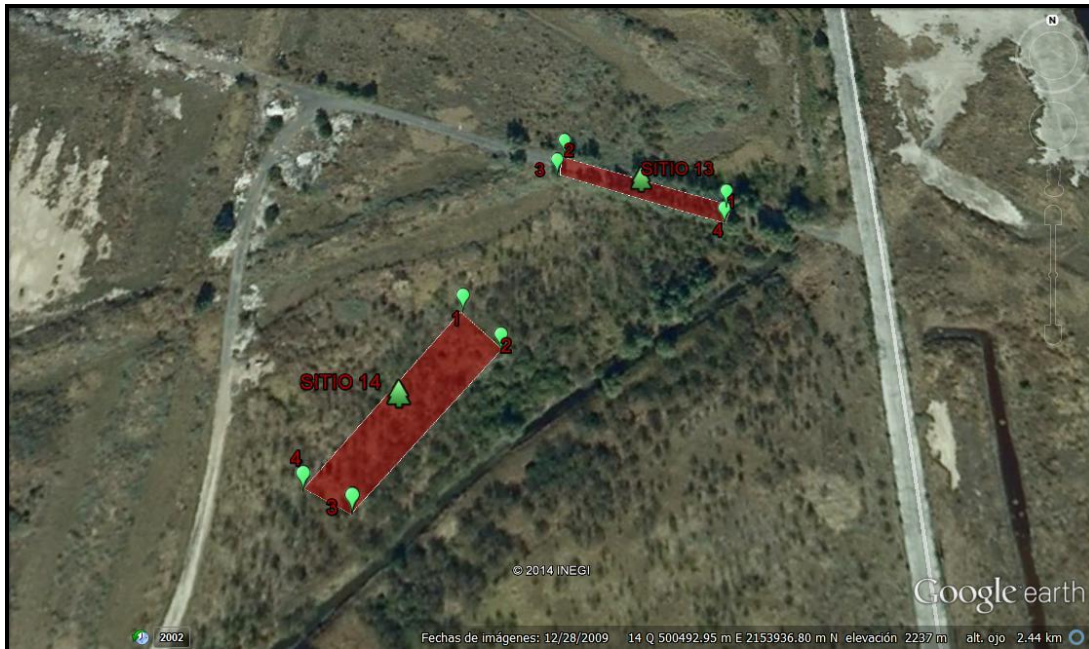


Figura IV.79 Sitio de muestreo 13 y 14.

Tabla IV.58 Coordenadas del sitio de muestreo 15.

Sitio 15		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	502711	2156035
2	502708	2156085
3	502697	2156085
4	502699	2156038

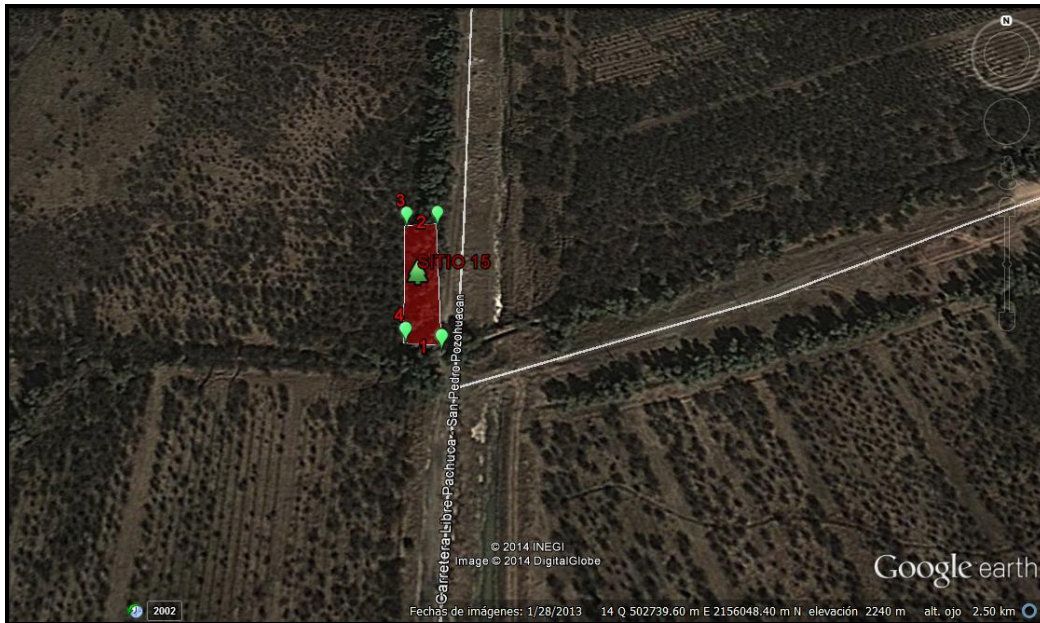


Figura IV.80 Sitio de muestreo 15.

Tabla IV.59 Coordenadas del sitio de muestreo 16.

Sitio 16		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	502715	2156329
2	502716	2156377
3	502706	2156377
4	502707	2156328



Figura IV.81 Sitio de muestreo 16.

Tabla IV.60 Coordenadas del sitio de muestreo 17.

Sitio 17		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	502724	2156636
2	502723	2156687
3	502712	2156686
4	502715	2156637



Figura IV.82 Sitio de muestreo 17.

Tabla IV.61 Coordenadas del sitio de muestreo 18.

Sitio 18		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	502729	2156943
2	502731	2156993
3	502717	2156994
4	502717	2156943



Figura IV.83 Sitio de muestreo 18.

Tabla IV.62 Coordenadas del sitio de muestreo 19.

Sitio 19		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	502738	2157260
2	502736	2157309
3	502726	2157308
4	502728	2157260



Figura IV.84 Sitio de muestreo 19.

Tabla IV.63 Coordenadas del sitio de muestreo 20.

Sitio 20		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	502742	2157550
2	502742	2157588
3	502733	2157590
4	502733	2157550

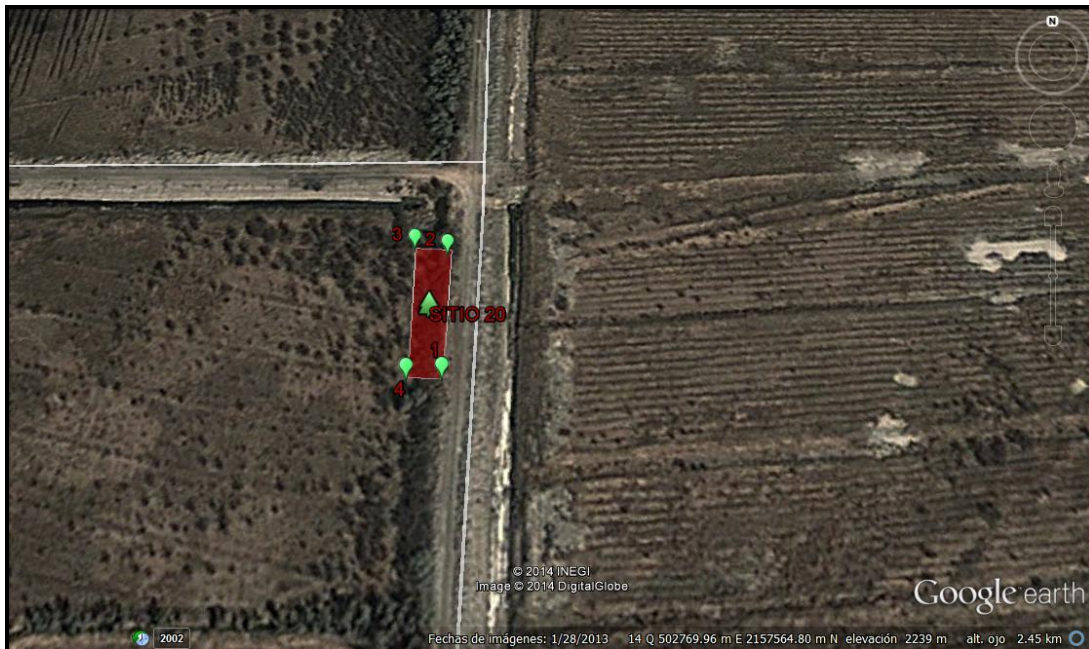


Figura IV.85 Sitio de muestreo 20.

Tabla IV.64 Coordenadas del sitio de muestreo 21.

Sitio 21		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	502676	2157145
2	502675	2157136
3	502622	2157139
4	502622	2157146



Figura IV.86 Sitio de muestreo 21.

Tabla IV.65 Coordenadas del sitio de muestreo 22.

Sitio 22		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	500664	2158470
2	500665	2158516
3	500653	2158517
4	500653	2158468



Figura IV.87 Sitio de muestreo 22.

Tabla IV.66 Coordenadas del sitio de muestreo 23.

Sitio 23		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	500656	2158123
2	500659	2158169
3	500649	2158169
4	500648	2158122



Figura IV.88 Sitio de muestreo 23.

Tabla IV.67 Coordenadas del sitio de muestreo 24.

Sitio 24		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	500652	2157839
2	500652	2157886
3	500643	2157886
4	500645	2157838



Figura IV.89 Sitio de muestreo 24.

Tabla IV.68 Coordenadas del sitio de muestreo 25.

Sitio 25		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	500262	2153744
2	500267	2153735
3	500215	2153734
4	500219	2153724



Figura IV.90 Sitio de muestreo 25.



Tabla IV.69 Coordenadas del sitio de muestreo 26.

Sitio 26		
Punto	Coordenadas	
	X	Y
1	499820	2153312
2	499809	2153310
3	499807	2153264
4	499818	2153264



Figura IV.91 Sitio de muestreo 26.

- Vegetación arbórea-arbustiva de *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla*

Este tipo de vegetación se distribuye principalmente a lo largo de los canales de riego, de manera lineal sobre los bordos del canal formando secciones compactas continuas o manchones de árboles de *Tamarix chinensis* o *Tamarix aphylla*. En las mediciones de campo las formaciones vegetales con dominancia de árboles de *Tamarix aphylla* presentaron mayor altura y diámetro a la altura de pecho (DAP) pero menor cobertura de copa debido al crecimiento de los arboles esta especie.

Por su parte, las formaciones con dominancia de *Tamarix chinensis* se caracterizan por tener una altura relativamente baja y diámetros menores a los de *Tamarix aphylla*, pero a diferencia de ésta, *Tamarix chinensis* presenta mayor ramificación del tronco principal lo que le permite una mayor cobertura de copa. En terreno abierto se pueden encontrar pequeños manchones de *Tamarix chinensis* con una altura de dos a cuatro metros, dispuestos en franjas con una separación de aproximadamente cuatro metros y de largo variable.

Estructuralmente en esta formación de vegetación se puede diferenciar dos estratos, el estrato arbustivo con *Tamarix chinensis* (pino salado) como la única especie presente, y el estrato herbáceo con una altura no mayor a los 0.40 m en el que destacan *Eragrostis obtusiflora* (zacahuixtle) y algunas herbáceas anuales como *Sonchus oleraceus* (lechuguilla espinosa) y *Kochia scoparia* (artemisa roja).

Básicamente la vegetación arbórea que actualmente se presenta en el predio del Proyecto la constituyen principalmente arboles de *Tamarix chiniesis* y *Tamarix aphylla* que alcanzan su máximo desarrollo sobre los bordes de las canales de riego, esto se debe a la disponibilidad de agua que ayuda a disminuir los efectos de las sales en el suelo y representa un reservorio de humedad en la temporada de secas, caso contrario en terrenos planos donde se registró la presencia de *Tamarix chiniesis* de poca altura con un crecimiento de tipo arbustivo y muy ramificado desde su base como resultado de las condiciones del terreno y el clima. Además de *T. chiniesis* y *T. aphylla* se pueden encontrar algunos árboles de *Casuarina equisetifolia* y *Schinus molle* de manera aislada.



Fotografía IV.3 Estrato arbóreo – arbustivo de *Tamarix chiniesis* y *Tamarix aphylla*.

- Pastizal halófilo

En el predio del Proyecto este tipo de vegetación se desarrolla sobre suelos salinos y se caracteriza por la presencia y dominancia de las siguientes especies *Distichlis spicata* (pasto salado), *Eragrostis obtusiflora* (zacahuistle), y *Hordeum jubatum* (cola de zorrillo), gramíneas rizomatosas que cubren gran parte de los pastizales generando una cubierta homogénea que dificulta la diferenciación individual de cada especie.

Cabe señalar que la superficie que se reporta para el pastizal halófilo es variable durante el año debido a las condiciones de humedad, actualmente el pastizal halófilo ha ganado terreno cubriendo zonas que anteriormente INEGI consideraba como zonas "sin vegetación aparente".

Se pueden encontrar otras especies de crecimiento herbáceo como *Kochia scoparia* que cubre grandes extensiones de terreno, por tal motivo se le puede encontrar como la única especie presente en grandes extensiones de terreno.

Entre el arbolado de *Tamarix chiniesis* y *Tamarix aphylla*; así como en el pastizal halófilo, se pueden encontrar algunas plantas de *Solanum nigrum*, *Argemone mexicana*, *Sonchus oleraceus*, *Bidens alba*, *Chenopodium fremontii*, *Amaranthus* sp, *Lepidium virginicum*, *Phytolacca icosandra* y *Suaeda nigra* muchas de estas plantas de ciclo anual y con una distribución muy restringida, asociada a vegetación ya establecida donde las condiciones del suelo y el microclima le permiten su crecimiento.



Fotografía IV.4 Pastizal halófilo.

La Ficha Taxonómica de la Vegetación de muestra en el Anexo VIII.4.7.

#### **Diversidad florística del predio del Proyecto.**

Como antecedentes históricos y desde que se drenó y secó la última parte de lo que antiguamente fue el gran Lago de Texcoco, quedó expuesto el lecho del lago, la zona se convirtió en un hábitat terrestre árido, salino y sin biota. Para mejorar la calidad del hábitat y manejar sus recursos, las autoridades comenzaron a introducir vegetación. Actualmente la vegetación del predio del Proyecto se integra de cinco especies dominantes: *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla* que principalmente integran el estrato arbóreo y arbustivo y *Distichlis spicata*, *Eragrostis obtusiflora* y *Hordeum ubatum*, que forman grandes extensiones de pastizal halófilo.

Es posible encontrar algunas especies que sobrevivieron a los primeros procesos de revegetación, entre ellas destacan *Casuarina equisetifolia*, *Schinus molle* y *Nicotina glauca*, además de una gran variedad de plantas herbáceas de ciclo anual que crecen asociadas a la vegetación arbórea y al pastizal halófilo, por lo tanto su distribución y abundancia en estas formaciones vegetales es muy escasa, por esta razón se realizó un recorrido por el predio del Proyecto para coleccionar la mayoría de las especies vegetales que aún se encontraban creciendo, esto por el ciclo de vida de las herbáceas. En base a esta colecta se determinó la diversidad del predio del Proyecto, tomando como base la riqueza específica (S) que presenta; es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas, esto debido a las condiciones y origen de la vegetación anteriormente descritas para el predio del Proyecto.

Una forma ideal para medir la riqueza específica, es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible aplicarlo al área de la poligonal del proyecto debido a que se registraron cinco especies dominantes que integran los principales manchones de vegetación.

### Riqueza específica (S) en el predio del Proyecto

Número total de especies obtenido mediante el inventario realizado para las comunidades vegetales presentes en el área del Proyecto, resultando una riqueza específica de 24 especies como se muestran en las siguientes fotografías.

Tabla IV.70 Lista de especies del predio del Proyecto

Familia	Genero	Especie	Forma de vida
Fabaceae	<i>Eysenhardtia</i>	<i>polystachya</i>	Arbusto
Solanaceae	<i>Nicotina</i>	<i>glauca</i>	Arbusto
Euphorbiaceae	<i>Ricinus</i>	<i>communis</i>	Arbusto
Asteraceae	<i>Gnaphalium</i>	<i>chartaceum</i>	Hierba
Poaceae	<i>Melinis</i>	<i>repens</i>	Pasto
Poaceae	<i>Distichlis</i>	<i>spicata</i>	Pasto
Poaceae	<i>Eragrostis</i>	<i>obtusiflora</i>	Pasto
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>nigrum</i>	Hierba
Papaveraceae	<i>Argemone</i>	<i>mexicana</i>	Hierba
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>sp</i>	Arbustivas
Anacardiaceae	<i>Schinus</i>	<i>molle</i>	Árbol
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i>	<i>aphylla</i>	Árbol
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i>	<i>chinensis</i>	Árbol
Malvaceae	<i>Anoda</i>	<i>cristata</i>	Hierba
Asteraceae	<i>Sonchus</i>	<i>oleraceus</i>	Hierba
Asteraceae	<i>Bidens</i>	<i>alba</i>	Hierba
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>crispus</i>	Hierba
Casuarinaceae	<i>Casuarina</i>	<i>equisetifolia</i>	Árbol
Poaceae	<i>Hordeum</i>	<i>jubatum</i>	Pasto
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium</i>	<i>fremontii</i>	Hierba
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i>	<i>sp</i>	Hierba
Brassicaceae	<i>Lepidium</i>	<i>virginicum</i>	Hierba
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca</i>	<i>icosandra</i>	Hierba
Chenopodiaceae	<i>Suaeda</i>	<i>nigra</i>	Hierba



Fotografía IV.5 Vegetación existente en la poligonal del proyecto bajo evaluación.



Fotografía IV.6 Vegetación existente en la poligonal del proyecto bajo evaluación.

Número total de especies obtenido mediante el inventario realizado para las comunidades vegetales presentes en el predio Proyecto, resultando una riqueza específica de 46 especies como se observa en la tabla siguiente.

Tabla IV.71 Lista preliminar de especies del predio del Proyecto.

Familia	Especie	Nombre común	Nativa/ Cultivada	Exótica
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarina		Sí
Agavaceae.	<i>Agave Americana</i> L.	Maguey		Sí
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i> L.	Verdolaga de playa	Sí	
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Quelite	Sí	
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Pirúl		Sí
Arecaceae	<i>Phoenix canariensis</i>	palma canaria		Sí
	<i>Gnaphalium chartaceum</i> Greenm	Gordolobo	Sí	
Asphodelaceae	<i>Aloe vera</i> L.	Sábila o Zabila		Sí
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pavón) Pers.	Chamizo	Sí	
	<i>Bidens alba</i> (L.) DC.	Aceitilla	Sí	
	<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	Escobilla		Sí
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Lechuguilla espinosa		Sí
	<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	Achual	Sí	
Cruciferae	<i>Lepidium virginicum</i> L.	Lentejilla de campo	Sí	
Buddlejaceae	<i>Buddleja cordata</i> Kunth	Tepozan blanco		Sí
Cactaceae	<i>Cylindropuntia rosea</i> (DC.) Backeb	Cactus de Arizona	Sí	
	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Tuna de castilla	Sí	
	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	Nopal	Sí	
Chenopodiaceae	<i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad	Artemisa roja o Coquia		Sí
	<i>Atriplex nummularia</i> Lindl	Triple	Sí	
	<i>Atriplex patula</i> L.	armuelle		Sí
	<i>Chenopodium fremontii</i> S. Watson	Pata de gallo	Sí	
	<i>Chenopodium macrospermum</i> Hook. F.	Chenopodio		Sí
	<i>Suaeda nigra</i> Raf.	Romerillo	Sí	

Familia	Especie	Nombre común	Nativa/ Cultivada	Exótica
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis L.</i>	Higuerilla		Sí
Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.</i>	Coatillo	Sí	
	<i>Prosopis laevigata Humb. et Bonpl. ex Willd</i>	Mezquite	Sí	
Mimosoideae	<i>Acacia retinodes Schltl</i>	Acacia		Sí
Geraniaceae	<i>Pelargonium hortorum Peyr.</i>	Geranio	Sí	
Hydrophyllaceae	<i>Wigandia urens (Ruiz &amp; Pav.) Kunth</i>	Chichicaste	Sí	
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia (L.) R.Br.</i>	Cordón de sol		Sí
Malvaceae	<i>Anoda cristata L</i>	Malvavisco	Sí	
	<i>Malva parviflora L</i>	Quesitos		Sí
Myrtaceae	<i>Eucalyptus inérea F. Muell. Ex Benth.</i>	Eucalipto		Sí
	<i>Callistemon salignus (Sm.) Dulce</i>			Sí
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana L</i>	Chicalote	Sí	
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra L.</i>	Jaboncillo, verbechina	Sí	
Familia	Especie	Nombre común	Nativa/ Cultivada	Exótica
Plantaginaceae	<i>Plantago major L.</i>	Plantago		Sí
Poaceae	<i>Arundo donax L.</i>	Carrizo		Sí
	<i>Bouteloua simplex Lag</i>	Pasto navaja	Sí	
	<i>Cynodon dactylon (L.) Pers.</i>	Zacate		Sí
	<i>Eragrostis obtusiflora (E.Fourn.) Scribn.</i>	Zacahuixtle	Sí	
	<i>Distichlis spicata (L.) Greene</i>	Pasto salado	Sí	
	<i>Hordeum jubatum L</i>	Cebada silvestre	Sí	
	<i>Melinis repens (Willd.) Zizka</i>	Pasto rosa		Sí
	<i>Pennisetum clandestinum Hochst</i>	Pasto colchoncillo		Sí
Polygonaceae	<i>Rumex crispus L</i>	Lengua de vaca		Sí
Resedaceae	<i>Reseda luteola L.</i>	Cola de zorro		Sí
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca Graham</i>	Tabaquillo	Sí	Sí
	<i>Lycium sp</i>	Lycium		Sí
	<i>Solanum nigrescens Mart. &amp; Gal.</i>	Hierba mora	Sí	
Tamaricaceae	<i>Tamarix aphylla L.</i>	Pino salado		Sí
	<i>Tamarix chinensis Lour</i>	Tamarindo rosa		Sí
Typhaceae	<i>Typha latifolia L.</i>	Totora		Sí

En las siguientes fotografías se muestra la vegetación del predio del Proyecto.



Fotografía IV.7 Vista típica de la vegetación del predio del Proyecto.



Fotografía IV.8 Vista típica de la vegetación del predio del Proyecto.



Fotografía IV.9 Vista típica de la vegetación del predio del Proyecto.



Fotografía IV.10 Vista típica de la vegetación del predio del Proyecto.

### Determinación taxonómica de especies

El inventario florístico, se efectuó mediante la identificación taxonómica en campo; así mismo, se colectaron partes vegetativas con flor y/o frutos, de aquellos que no pudieron ser identificados en campo. Las colectas se preservaron en alcohol al 70% hasta que fueron deshidratadas en una secadora de focos. Finalmente se fumigaron con cloroformo industrial por 72 horas, para posteriormente revisarlas y determinarlas utilizando claves taxonómicas y software especializados.

### Índices de diversidad de la vegetación muestreada del predio.

Una vez realizado el análisis de información recopilada en campo, podemos determinar los índices de diversidad, por estrato muestreado, el cual se presenta en las siguientes tablas.

Tabla IV.72 Índices de diversidad del estrato arbóreo.

Densidad del estrato arbóreo							
No	Especie	Densidad en 1.3 ha	Densidad en 240.7545 ha	PI	Índice de Simpson	LOG2 PI	Índice de Shannon-Weaver (H')
1	<i>Tamarix aphylla</i>	461	85,375	0.514508693	0.264719195	-0.664542828	-0.341913062
2	<i>Tamarix chinensis</i>	431	79,819	0.481025703	0.231385727	-0.731834574	-0.35203124
3	<i>Casuarina equisetifolia</i>	4	741	0.004465604	1.99416E-05	-5.411350799	-0.02416495
<b>Total</b>		<b>896</b>	<b>165,935</b>	<b>1</b>	<b>0.496124864</b>	<b>-6.807728201</b>	<b>-0.718109252</b>

Tabla IV.73 Índices de diversidad del estrato arbustivo.

Densidad del estrato arbustivo						
No	Especie	Densidad en 240.7545 ha	PI	Índice de Simpson	LOG2 PI	Índice de Shannon-Weaver (H')
3	<i>Lycium sp</i>	2593	0.93340533	0.8712455	-0.0689157	-0.06432632
4	<i>Opuntia streptacantha</i>	185	0.06659467	0.0044349	-2.7091307	-0.18041367
<b>Total</b>		<b>2778</b>	<b>1.000</b>	<b>0.87568036</b>	<b>-2.77804644</b>	<b>-0.24473999</b>



Tabla IV.74 Índices de diversidad del estrato herbáceo.

Densidad del estrato herbáceo						
No	Especie	Densidad en 240.7545 ha	PI	Índice de Simpson	LOG2 PI	Índice de Shannon-Weaver (H')
1	<i>Bidens alba</i>	3518720	0.05367232	0.00288072	-2.924858	-0.1569839
2	<i>Lepidium virginicum</i>	13889683	0.21186441	0.04488653	-1.551809	-0.3287731
3	<i>Kochia scoparia</i>	3333524	0.05084746	0.00258546	-2.978925	-0.1514708
4	<i>Chenopodium macrospermum</i>	1111175	0.01694916	0.00028727	-4.077537	-0.0691108
5	<i>Suaeda nigra</i>	4444698	0.0677966	0.00459638	-2.691243	-0.1824571
6	<i>Malva parviflora</i>	925979	0.0141243	0.0001995	-4.259859	-0.0601675
7	<i>Distichlis spicata</i>	23149471	0.35310734	0.12468479	-1.040983	-0.3675788
8	<i>Hordeum jubatum</i>	7315233	0.11158192	0.01245053	-2.192996	-0.2446987
9	<i>Solanum nigrescens</i>	1296370	0.01977401	0.00039101	-3.923387	-0.0775811
10	<i>Reseda luteola</i>	3240926	0.04943503	0.00244382	-3.007096	-0.1486559
11	<i>Sonchus oleraceus</i>	2500143	0.03813559	0.00145432	-3.266607	-0.124574
12	<i>Tithonia tubiformis</i>	833381	0.01271186	0.00016159	-4.365219	-0.0554901
<b>Total</b>		<b>65559303</b>	<b>1.00000</b>	<b>0.19702</b>	<b>-36.28052</b>	<b>-1.96754179</b>

Índice máximo de diversidad de la vegetación muestreada del predio.

$$J'' = \frac{H'}{H' \text{ Max}}$$

#### Equidad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

Donde:  $H'_{\text{max}} = \ln(S)$

Tabla IV.75 Índices de Máxima Diversidad presentes en los tres estratos de la vegetación.

Índices de diversidad del estrato arbóreo en el Área del Proyecto		Índices de diversidad del estrato arbustivo en el Área del Proyecto		Índices de diversidad del estrato herbáceo en el Área del Proyecto	
Índice de Shannon-Weaver(H')	Equidad de Pielou	Índice de Shannon-Weaver(H')	Equidad de Pielou	Índice de Shannon-Weaver(H')	Equidad de Pielou
-0.718	-0.654	-0.245	-0.353	-1.968	-0.792

Para conocer la máxima diversidad de especies presentes en los tres estratos de la vegetación presente en el área del Proyecto, para ello se utilizó el índice de Pielou basado principalmente el concepto de equidad. Considerando que valor de este índice va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. Como se puede observar en la tabla anterior, las especies de los diferentes estratos presentes en el área sujeta a cambio de uso de suelo no presentan la misma abundancia por los valores por debajo del cero obtenidos a través del índice de Pielou. Esto se debe a las condiciones heterogéneas que presenta el área del Proyecto, principalmente en la salinidad del suelo, y disponibilidad de agua; estos dos factores determinan el establecimiento y sobrevivencia de árboles arbustos y herbáceas, influyendo directamente en la distribución y abundancia de cubierta vegetal.

### Índice de valor de importancia (ivi) de la vegetación muestreada del predio

Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados, y estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad, el valor máximo es 300%, mientras más se acerque una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes y es igual a la suma de la dominancia la abundancia y la frecuencia. Para las especies presentes en el Predio del Proyecto se calculó de la siguiente manera.

### Índice de Valor de Importancia (IVI) = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa

La dominancia (estimador de biomasa: área basal, cobertura) relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Dónde:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

El área basal (AB) de los árboles se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$AB = \frac{\pi}{4} DAP^2$$

La densidad relativa se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Dónde:

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

La frecuencia relativa se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Dónde:

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}}$$

Tabla IV.76 Índice de Valor de Importancia (IVI) de importancia para las especies presentes en área sujeta a cambio de uso de suelo.

Especie	Dominancia relativa		Densidad relativa		Frecuencia relativa		Índice de Valor de Importancia (IVI).
	ABS	REL	ABS	REL	ABS	REL	
<i>Casuarina equisetifolia</i>	0.04	72.19	0.00	0.51	0.04	2.44	75.14
<i>Tamarix aphylla</i>	0.01	18.43	0.03	55.04	0.73	46.34	119.82
<i>Tamarix chinensis</i>	0.001	9.38	0.03	44.44	0.81	51.22	105.05
<b>Total</b>	<b>0.05</b>	<b>100</b>	<b>0.06</b>	<b>100</b>	<b>1.58</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

En el área sujeta a cambio de uso de suelo se registraron tres especies en los muestreos de vegetación, de las cuales *Tamarix aphylla* y *Tamarix chinensis* presentan los valores más altos en el Índice de Valor de Importancia (IVI) esto se debe a las condiciones ecológicas que actualmente se presenta el Ex-Lago de Texcoco, donde la salinidad es un factor determinante para la sobrevivencia de los árboles, y solo especies como *Tamarix aphylla* y *Tamarix chinensis* tolerante a estos niveles de salinidad en los suelos pueden establecerse y prosperar bajo estas condiciones.

#### IV.4.2 Fauna

##### ⊕ Peces, anfibios, reptiles y mamíferos

La fauna de peces, anfibios, reptiles y mamíferos que se reporta en el SAR se representa en ecorregiones biogeográficas perfectamente delimitadas. En las ramificaciones pertenecientes a la Sierra Madre Oriental hacia el Sur de México, Norte y Este del SAR, que abarca los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla y sus serranías colindantes, se reporta un total de 73 especies (Cordero y Medellín, 2007; Pérez, 2006; Jiménez y Juárez, 2005; Valencia, 2006; Hernández, 2008; Hernández-Hernández, *et al.*, 2010; Becerra, *et al.*, 2012; Rodríguez y Pulido, 2013).

En el Sistema Transversal Volcánico (STV) y el Valle de México en el cual se encuentra el Estado de Morelos, Estado de México y Distrito Federal, hacia la parte central del mismo STV, y hacia la parte Central y Sur del SAR, es decir la porciones correspondientes al Distrito Federal y al Estado de México, se reporta un total de 135 especies (Navarro, *et al.*, 2007; SEDEMA, 2007-2012; Bárcenas y Medellín 2007; GODF, 2006 y Granados, *et al.*, 2004). El listado de las especies presentes en el SAR de estos cuatro grupos faunísticos se presenta en éste apartado.

De acuerdo con Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de las 208 especies antes citadas, 9 son especies endémicas, 6 están catalogadas como especies sujetas a Protección Especial, 12 como especies amenazadas, una especie en Peligro de Extinción y una especie Probablemente Extinta en el medio silvestre. Conforme a la CITES, 1 especie se encuentra dentro de los Apéndices I y II; 2 especies dentro del Apéndice III y 3 especies dentro del Apéndice I, en lo que refiere a la Red List of Threatened Species, International Union for Conservation of Nature (IUCN por sus siglas en inglés, 2013), 6 especies se encuentran como Casi Amenazada (NT por sus siglas en inglés), 2 como Vulnerables (VU por sus siglas en inglés), 2 especies como Amenazadas (EN por sus siglas en inglés) y 2 especies como Datos Insuficientes (DD por sus siglas en inglés). Ninguna especie reportada en el SAR se encuentra en el acuerdo de SEMARNAT de poblaciones prioritarias para la conservación que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV.77 Lista de mamíferos reportados bibliográficamente en el SAR bajo alguna categoría de protección.

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010 (Endemismo)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (Categoría)	CITES	UICN
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle norteño	Endémico	A		LC
<i>Canis lupus</i>	Lobo mexicano	No endémica	E	I y II	LC
<i>Choeronycteris mexicana</i>	Murciélago trompudo	No endémica	A		LC
<i>Cryptotis goldmani</i>	Musaraña	Endémica	Pr		LC
<i>Cryptotis parva</i>	Musaraña	Endémica	Pr		LC
<i>Dipodomys phillipsi</i>	Rata canguro de phillip	Endémica	Pr		LC
<i>Eleutherodactylus angustidigitum</i>	Rana fisgona de Pátzcuaro	Endémica	Pr		VU
<i>Eleutherodactylus grandis</i>	Rana fisgona mayor	Endémica	Pr		CR
<i>Galictis vittata</i>	Grison	No endémica	A	III	LC
<i>Glaucomys volans</i>	Ardilla voladora	No endémica	A		LC
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Leoncillo	No endémica	A	I	LC
<i>Leptonycteris curasoae</i>	Murciélago	No endémica	A		LC
<i>Leptonycteris nivalis</i>	Murciélago	No endémica	A		LC
<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria	No endémica	A	I	LC
<i>Nasua narica</i>	Tejón	Endémica	A	III	LC
<i>Romerolagus diazi</i>	Conejo de los volcanes o teporingo	Endémica	P	I	EN
<i>Sorex saussurei</i>	Musaraña de Saussure	Endémica	A		LC
<i>Sorex vagrans</i>	Musaraña obscura	No endémica	A		LC
<i>Taxidea taxus</i>	Tejón	No endémica	A		LC

⊕ Herpetofauna del SAR a nivel bibliográfico

México es reconocido mundialmente como el país de los anfibios y reptiles contando con gran riqueza herpetofaunística, de las 804 especies de reptiles que se han registrado en México, alrededor de 316 son endémicas, ubicándolo en primer lugar en reptiles; destacando en Ofidios con gran potencial en toxicidad de veneno y en tercer lugar los anfibios con 361 especies de las cuales 154 son endémicas (Flores-Villela, 1993a y 1993b).

Se reportan 44 especies de reptiles y 27 especies de anfibios en el SAR (Cordero y Medellín, 2007; Pérez, 2006; Jiménez y Juárez, 2005; Valencia, 2006; Hernández, 2008; Hernández-Hernández, *et al.*, 2010; Becerra, *et al.*, 2012; Rodríguez y Pulido, 2013; Navarro, *et al.*, 2007; SEDEMA, 2012; Bárcenas y Medellín 2007; SEDEMA, 2007-2012, GODF, 2006 y Granados, *et al.*, 2004). En la actualidad, no se cuenta con información suficiente y concreta sobre los anfibios y reptiles pertenecientes a cada Estado y en el Distrito Federal, se presentan estimaciones irregulares pero no se dan cifras tabulares establecidas por algún consenso (Casas-Andreu, 1982).

En lo que respecta a las especies que están incluidas en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 -a nivel bibliográfico- 10 especies de anfibios son Endémicas, seis especies de anfibios están como especies sujetas a Protección Especial, 4 especies como Amenazadas y dos especies en Peligro De Extinción.

Dos especies de reptiles son Endémicas, 14 especies de reptiles están como especies sujetas a Protección Especial, 12 especies como Amenazadas y una especie en Peligro De Extinción.

Conforme a la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES por sus siglas en ingles), solo una especie de anfibio se encuentra dentro del apéndice II, ningún reptil se encuentra dentro de los apéndices; en lo que refiere a la Red List of Threatened Species, International Union for Conservation of Nature (IUCN por sus siglas en ingles), tres especies de anfibios se encuentran en Peligro Crítico (CR por sus siglas en ingles), tres especies de anfibios y una especie de reptil como Vulnerables (VU por sus siglas en ingles), una especie de anfibio y dos especies de reptiles como Amenazadas (EN por sus siglas en ingles) y dos especies de anfibios como Casi Amenazadas (NT por sus siglas en ingles). Ninguna especie reportada en el SAR en el acuerdo de SEMARNAT de poblaciones prioritarias para la conservación que se muestran en las siguientes tablas.

Tabla IV.78 Lista de Anfibios reportados para el SAR en alguna categoría de protección.

ANFIBIOS					
Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010 (Endemismo)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (Categoría)	CITES	UICN
<i>Ambystoma mexicanum</i>	Ajolote de Xochimilco	Endémica	P	II	
<i>Ambystoma velasci</i> / <i>A. tigrinum</i>	Ajolote del altiplano	Endémica	Pr		LC
<i>Chiropetrotriton chiropetrus</i>	Salamandra de vientre claro	Endémica	Pr		CR
<i>Hyla bistrincta</i>	Rana	Endémica	Pr		
<i>Hyla plicata</i>	Ranita arbórea o ranita verde	Endémica	A		LC
<i>Pseudoeurycea altamontana</i>	salamandra	Endémica	Pr		EN
<i>Pseudoeurycea belli</i>	salamandra	Endémica	A		VU
<i>Pseudoerycea cephalica</i>	Salamandra	No endémica	A		NT
<i>Pseudoerycea leprosa</i>	Salamandra herrumbosa	Endémica	A		VU
<i>Rana forreri</i>	Rana	No endémica	Pr		LC
<i>Rana montezumae</i>	Rana de moctezuma	Endémica	Pr		LC
<i>Rana tlaloci</i>	Rana	Endémica	P		LC

La Ficha Taxómica Anfibusos se incluye en el Anexo VIII.4.8.

Tabla IV.79 Lista de reptiles reportados bibliográficamente para el SAR en alguna categoría de protección.

REPTILES					
Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010 (Endemismo)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (Categoría)	CITES	UICN
<i>Barisia imbricata</i>	Lagarto alicante del Popocatepetl	Endémica	Pr		LC
<i>Barisia rudicollia</i>	Lagarto alicante cuerpo rugoso	Endémica	P		EN
<i>Conopsis biserialis</i>	Culebra terrestre o parda	Endémica	A		LC
<i>Conopsis nasus</i>	Culebra excavadora	-			LC
<i>Crotalus aquilus</i>	Víbora de cascabel	Endémica	Pr		LC
<i>Crotalus intermedius</i>	Cascabel de cabeza pequeña	Endémica	A		LC
<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel de cola negra	No endémica	Pr		LC
<i>Crotalus polystictus</i>	Víbora de cascabel ocelada	Endémica	Pr		LC
<i>Crotalus ravus</i>	Víbora de cascabel pigmea	Endémica	A		LC
<i>Crotalus scutulatus</i>	Víbora de cascabel del Altiplano	No endémica	Pr		LC
<i>Crotalus transversus</i>	Víbora de cascabel	Endémica	Pr		LC
<i>Eumeces copei</i>	Eslizón chato de las montañas	Endémica	Pr		LC
<i>Eumeces lynxae</i>	Lagartija	Endémica	Pr		
<i>Kinosternon hirtipes</i>	Tortuga, Casquito	No endémica	Pr		LC
<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga	Endémica	Pr		LC
<i>Micrurus diastema</i>	Coralillo	Endémica	Pr		LC
<i>Nerodia erythrogaster</i>	Culebra de agua	No endémica	A		LC
<i>Nerodia melanogaster</i>	Culebra	Endémica	A		
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Camaleón de montaña	Endémica	A		LC
<i>Pituophis deppei</i>	Cincuate	Endémica	A		LC
<i>Salvadora bairdi</i>	Culebra de Baird	Endémica	Pr		LC
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija de árbol	No endémica	Pr		LC
<i>Tantilla calamarina</i>	Culebra ciempiés del Pacífico	Endémica	Pr		
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra de agua	No endémica	A		LC
<i>Thamnophis eques</i>	Culebra de agua	No endémica	A		LC
<i>Thamnophis scalaris</i>	Culebra de agua	Endémica	A		LC
<i>Thamnophis scaliger</i>	Culebra listonada de montaña cola corta	Endémica	A		VU
<i>Thamnophis melanogaster</i>	Culebra de agua	Endémica	A		EN

La Ficha Taxómica Reptiles se incluye en el Anexo VIII.4.9.

⊕ Ictiofauna del SAR reportada bibliográficamente

Para el SAR la ictiofauna está representada por 38 especies de peces (Cordero y Medellín, 2007; Pérez, 2006; Jiménez y Juárez, 2005; Valencia, 2006; Hernández, 2008; Hernández-Hernández, *et al.*, 2010; Becerra, *et al.*, 2012; Rodríguez y Pulido, 2013; Navarro, *et al.*, 2007; SEDEMA, 2012; Barcenas y Medellín 2007; GODF, 2006; Granados, *et al.*, 2004; GEM, 1998; GEM, 2002; GEM, 2005).

De acuerdo con Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, cinco especies de peces son Endémicas, dos están reportadas como especies Amenazadas y tres especies en Peligro de Extinción. Conforme a la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES por sus siglas en inglés), ninguna especies se encuentra dentro de los apéndices I; en lo que refiere a la Red List of Threatened Species, International Union for Conservation of Nature (IUCN por sus siglas en inglés), tres especies están como Vulnerables (VU por sus siglas en inglés), una especie como en Peligro Crítico (CR por sus siglas en inglés), una especie como Casi Amenazada (NT por sus siglas en inglés), una especie como Datos Insuficientes (DD por sus siglas en inglés) y tres como Extintas (EX por sus siglas en inglés). Ninguna especie reportada en el SAR en el acuerdo de SEMARNAT de poblaciones prioritarias para la conservación que se indican en la siguiente tabla.

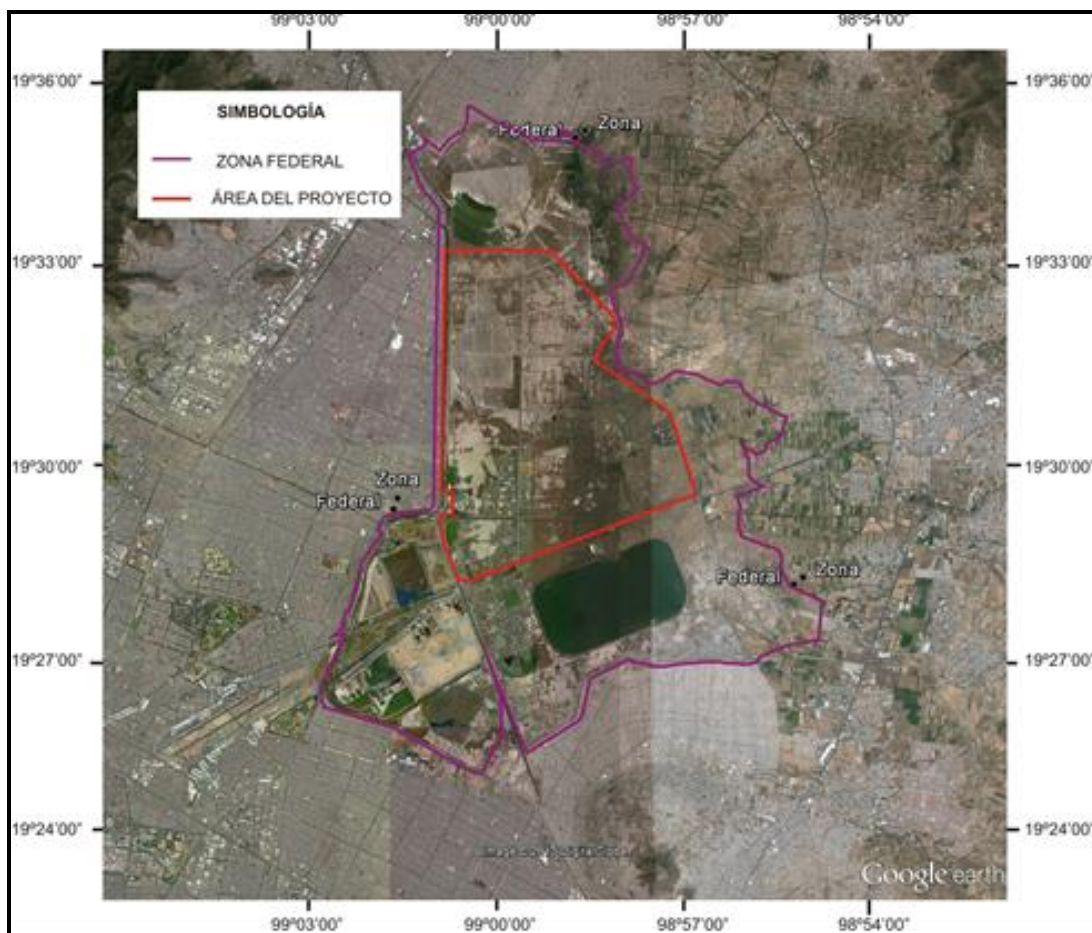
Tabla IV.80 Lista de peces reportados bibliográficamente en el SAR bajo alguna categoría de protección.

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010 (Endemismo)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (Categoría)	CITES	UICN
<i>Algansea barbata</i>	Pupo de Lerma	Endémica	P		
<i>Algansea tincella</i>	Pupo de valle	Endémica	A		
<i>Chirostoma riojai</i>	Charal de Santiago	Endémica	P		
<i>Skiffia lermae</i>	Tiro	Endémica	A		
<i>Girardinichthys viviparus</i>	Mexcalpique	Endémica	P		CR

#### IV.4.2.1 Fauna menor (herpetofauna y mastofauna) en el predio del Predio su Área de Influencia

Por lo que respecta a la fauna menor se tiene que, considerando su capacidad de vagilidad, puesto que en el área del Proyecto está delimitada por canales que se constituyen en barreras para la mayoría de los reptiles y mamíferos dentro de esta. Si bien es cierto que acaso los anfibios tienen la capacidad de traspasarlos, su ámbito de distribución se mantiene en las márgenes de dichos canales. Así el área del Proyecto se puede considerar como el ámbito espacial de distribución que tienen estos tres grupos faunísticos que ocurren ahí.

El área de estudio, que corresponde al predio del Proyecto, se ubica dentro de la Cuenca Hidrográfica del Valle de México, a la que pertenece la Subcuenca Texcoco–Zumpango (clave RH 26Dp de la CONAGUA), en la Microcuenca Hidrológica Texcoco y su Área de Influencia se limita a la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco.



Mapa IV.34 Ubicación del el área del Proyecto, que se constituye en el área de influencia para anfibios, reptiles y mamíferos.

La Ficha Taxómica Mastofauna se incluye en el Anexo VIII.4.10.

✚ Ornitofauna y la delimitación de su Área de Influencia Proyecto (AIP-Aves)

Por lo que se refiere a las aves, el estudio abarcó un mayor ámbito espacial considerando su gran movilidad tanto por vuelo, como por la relevancia en sus movimientos migratorios. Para poder definir su Área de Influencia, en donde eventualmente el Proyecto pudiera interferir con las dinámicas ecológicas del grupo, se tomaron en cuenta, en el ámbito de la gran escala, las principales rutas migratorias de las aves acuáticas en América del Norte, mismas que se muestran en la siguiente figura.

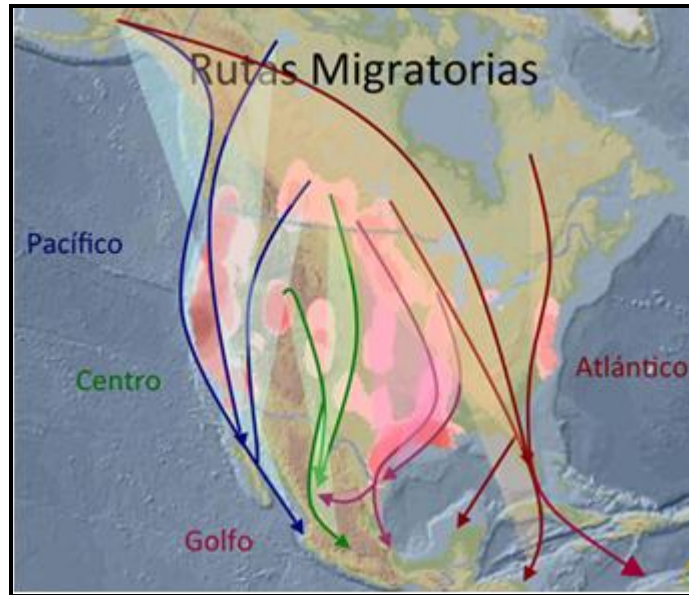


Figura IV.92 Principales rutas migratorias de aves acuáticas en Norteamérica.

Asimismo, se consideraron los criterios históricos del Lago de Texcoco, como su definición actual como Área de Importancia para la Conservación de las Aves AICA-01 Texcoco, e inclusive la topografía de la Cuenca de México, para definir el área de estudio de este importante componente biótico. Así se consideró como Área de Influencia del Proyecto para Aves es la que se muestra en la figura siguiente con el trazo amarillo.



Figura IV.93 Áreas de consideración para el estudio de las aves.



## Reportes históricos de fauna en el Ex-Lago de Texcoco

Hasta hace unos años el Ex-Lago de Texcoco era una de las principales fuentes de alimentación para el municipio del mismo nombre, era también rico en peces de agua dulce, que los pobladores de la cuenca pescaban con redes.

El grupo más abundante era el de los Aterínidos o peces blancos, llamados iztacmichin en náhuatl. Este grupo presentaba tres especies, todas pertenecientes al género *Chirostoma* pero claramente identificables según su tamaño. La especie de mayor tamaño, *Chirostoma humboldtianum*, llamada "amilotl" por los mexicas, medía de 25 a 30 cm de largo y era muy codiciada como alimento fresco. La segunda especie, de unos 15 a 20 cm, de largo, era llamada "xalmichin" por los mexicas, y se conoce científicamente como *Chirostoma regani*. La especie más pequeña, *Chirostoma jordani*, de 5 a 15 cm de largo, se utilizaba como alimento deshidratado, dado que, por su pequeño tamaño se seca fácilmente al sol; su nombre en náhuatl era "xacapitzahuac" y son los peces que conocemos actualmente como charales; son todavía comunes en los mercados de la Ciudad de México, pero ahora son provenientes de los lagos de Jalisco y Michoacán.

Los otros grupos de peces que eran utilizados por los mexicas pertenecen a los órdenes de los Ciprínidos y de los Goodeídeos. Los primeros, conocidos como juiles (en náhuatl xuilin), son peces que viven en los fondos barrosos y comprenden cuatro especies: *Alganeca tinella* (la especie más abundante), *Evarra bustamentei*, *E. Tlahuaensis* y *E. eigenmani*.

Por otro lado, del orden de los Goodeídeos, los mexicas utilizaban sólo a la especie *Girardinichtys viviparus*, conocida como cuiltlapétotl o "pescado de vientre grande".

Los cuerpos de agua reciben infinidad de descargas de aguas residuales de los asentamientos humanos por donde pasan los ríos y arroyos que los alimentan, creando condiciones de gran insalubridad que eliminó paulatinamente este grupo faunístico del área.

En lo que respecta a los anfibios, desde que los antiguos habitantes llegaron a la región, explotaron la fauna del Lago de Texcoco para su consumo, la zona era rica en todos los grupos taxonómicos y servía de sustento para alimentar a la población aledaña al Lago de Texcoco, no obstante, la desecación provocada por las actividades hidráulicas en la zona fueron el principal impacto sobre la biota acuática.

Dentro de los anfibios del lago de México, Niederberger (1987) cita cinco especies de ranas y sapos y cuatro de axolotes. Los axolotes, correspondientes a las especies *Ambystoma lacustris*, *A. carolinae*, *A. tigrinum* y *Siredon edule*, eran especialmente gustados por los aztecas para su consumo, por su delicado sabor, parecido al de las anguilas europeas. De entrevistas con personal de la zona de Xochimilco, se sabe que hasta hace algunos 10 años, aún era posible adquirirlos en el mercado de Xochimilco, recolectados por los campesinos chinamperos en los canales que rodean sus parcelas.

El Lago de Texcoco cubre 70 km<sup>2</sup>; de éstos, 15 km<sup>2</sup> son más o menos permanentes y 55 km<sup>2</sup> constituidos por charcos y humedales estacionales; cabe señalar que algunos reservorios fueron construidos con diversos objetivos, tales como la recepción de aguas residuales (Lago Nabor Carrillo) o como el denominado evapotranspirador solar (El Caracol).

Ante los cambios ocurridos en el territorio del ahora Ex-Lago de Texcoco, las poblaciones de especies han sido afectadas o reducidas. En el caso de los anfibios, los reportados para la zona son: el sapo *Anaxyrus compactilis*, el ajolote *Ambystoma velasci* y cinco especies de ranas: la *Lithobates pipiens*, *Hyla eximia*, el sapo falso *Spea multiplicata* (o *Scaphiopus multiplicatus*) y *Lithobates montezumae* una especie que se encuentra frecuentemente en zonas alteradas y *Rana holecina*.

*Ambystoma lacustris* se le reporta bien representada en el Lago de Zumpango, al tiempo que *Ambystoma mexicanus* (sinonimia *Siredon edule*), hace más de 10 años, que no se le reporta en condiciones silvestres en los cuerpos de agua de Texcoco, Xochimilco y Tláhuac. Por lo cual, se descarta la presencia de cualquiera de las especies del género *Ambystoma* dentro del área del Proyecto.

En el caso de los reptiles es posible decir que en México se posee una de las mayores variedades de vertebrados terrestres del mundo, primer lugar en reptiles, esto es debido en gran medida a que México se localiza entre la intersección de dos zonas biogeográficas, la Neártica y la Neotropical.

El conocimiento de los reptiles del Estado de México, tiene su origen en las primeras colecciones científicas de México que fueron albergadas por museos de historia natural. Las primeras listas de reptiles para el Estado de México fueron publicadas a mediados del siglo pasado por Smith y Taylor (1945, 1948 y 1950), aunque eran listas, todavía estaban incompletas.

Niederberger (1987) cita siete especies de serpientes de agua entre las que se documentan están *Thamnophis cyrtopsis*, *T. melanogaster*, *T. eques*, *T. pulchrlatus*, *T. scalaris* y *T. scaliger*, así como tres de tortugas *Kinosternon integrum*, *K. pennsylvanicum* y *Onichotria mexicana*.

En el diagnóstico ambiental del Municipio de Texcoco (SEGEM, 1998), se reportan para la zona la ocurrencia de lagartijas de distintas especies entre las que sobresalen *Sceloporus spinosus*, *S. grammicus*, *S. torcuatus* y *S. scalaris*, así como dos especies de serpientes *Pituophis depepei* (cincuate) y *Thamnophis eques* (culebra de agua).

Con base en información de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), para el Municipio de Texcoco, Estado de México, donde se encuentra la zona de estudio, existen 109 especies de mamíferos de distintos órdenes y familias, la mayoría de talla pequeña. Como ejemplos de los más conocidos están: *Sciurus oculatus* y *S. aureogaster* (ardillas arborícolas), *Spermophilus variegatus* y *S. mexicanus* (ardillas terrestres), *Glaucomys volans* (ardilla voladora), *Dasyopus novemcinctus* (armadillo), *Bassariscus astutus* (cacomixtle), *Sylvilagus audubonii*, *S. cunicularius*, *S. floridanus* (conejos), *Galictis vittata* (grisón), *Lepus callotis* y *L. californicus* (liebres), *Procyon lotor* (mapache), diferentes especies de ratones de campo como el *Microtus mexicanus* (ratón de alfalfa), *Microtus quasiater* (meteorito) y *Cryptotis goldmani* (musaraña) y *Sorex oreopolus*, *Nasua narica* (tejón), *Didelphis virginiana* (tlacuache cola pelada), *Taxidea diazi* (tejón), *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris), *Mephitis macroura* (zorrillo listado), *Spilogale putorius* (zorrillo manchado), así como 54 especies de murciélagos, entre ellas *Dermanura tolteca*, *Glossophaga soricina*, *Hylonycteris underwoodi*, *Idionycteris phyllotis* y *Lasiurus blossevillii*.

Huerta, *et al.* (1986), reporta dentro o alrededor del área del Proyecto 12 especies de mamíferos, dominada por pequeños ratones de la familia Cricetidae e insectívoros, menciona que son relevantes las comunidades de mamíferos de tamaño pequeño y medio que habitan en los pastizales, citando que las de mayor abundancia son *Microtus mexicanus* y *Peromyscus maniculatus*. Refiere que es común encontrar *Papogeomys* sp (tuza) y muy difícilmente *Mustela frenata* (comadreja de cola negra).

Cervantes *et al.*, 1992, reportan las siguientes especies específicamente para la zona del Ex-Lago de Texcoco: *Peromyscus melanotis* (ratón orejas negras), *Microtus mexicanus* (meteorito mexicano), *Peromyscus maniculatus* (ratón ciervo), y *Reithrodontomys megalotis* (ratón cosechero).

## Ornitofauna

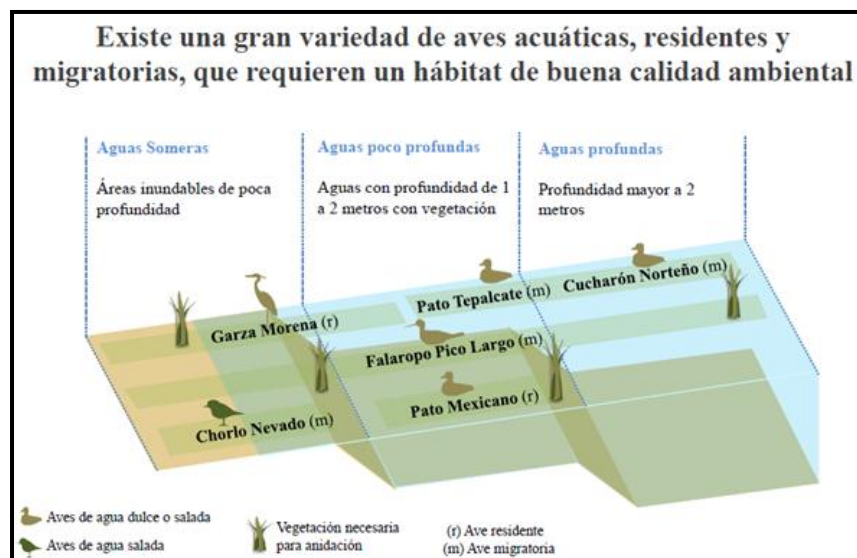
Por lo que respecta a la avifauna, con mucho el grupo más importante por su abundancia y diversidad en el Ex-Lago de Texcoco, esta ha sido ampliamente estudiada por varios investigadores (Babb *et al.* 1982, Chávez y Huerta 1984, Chávez *et al.* 1986, Huerta *et al.* 1986, Valles 1986, González *et al.* 2000, Meza 2000, Loa *et al.* 2006). Esta área de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es parte de un amplio grupo de cuerpos de agua que sirven de hábitat para especies de aves residentes y migratorias. De acuerdo con Alcántara y Escalante (2005) de las especies de aves registradas en el Ex-Lago de Texcoco, 57% son acuáticas y 43% terrestres, aunque algunas de estas últimas son especies asociadas a humedales. Algunas de las especies registradas en el Ex-Lago de Texcoco son raras y menos del 15% son abundantes o muy abundantes. (Dolbeer, R.A.; Cleary, E.C. 2014; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2011; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2009; CONAGUA, 2005; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 1996; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2002; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2003).

En términos generales este grupo animal tiene una relevancia tanto social como ecológica. Así lo demuestra un trabajo de la Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C. (CIPAMEX) realizado en 1996 donde se identificó al Lago de Texcoco como un área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) dado que el sitio

mantiene poblaciones de 100 mil o más individuos de aves acuáticas durante el invierno, siendo el área más importante de las dos o tres zonas de invernación de aves acuáticas del Valle de México (Arizmendi y Márquez 2000).

Durante los últimos 16 años, los censos realizados por personal del programa del Lago de Texcoco (ahora bajo la tutela de la Comisión Nacional del Agua), documentaron la presencia de 150 especies de aves (Alcántara y Escalante 2005). En 1996 CIPAMEX reportó 144 especies en el mismo sitio (página de AICA de la CONABIO) y en una nueva versión y revisión, se reporta la presencia de 250 especies de aves, tanto acuáticas como terrestres en la misma AICA, aunado a los estudios llevados a cabo por Aeropuertos y Servicios Auxiliares. (Dolbeer, R.A.; Cleary, E.C. 2014; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2011; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2009; CONAGUA, 2005; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 1996; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2002; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2003).

Uno de los productos derivados de los estudios realizados, es la identificación de los requerimientos del espejo de agua de las aves acuáticas y que a manera de ejemplo se muestra en la siguiente figura.



Fuente: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Sustentabilidad y Restauración Ambiental. Septiembre-2014  
[http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre\\_2014.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre_2014.pdf)

Figura IV.94 Requerimientos del espejo de agua para algunas especies de ornitofauna.

#### ⊕ Metodología de muestreo

Anfibios, reptiles y mamíferos pequeños

Sobre la base de un muestreo dirigido, se recurrió al establecimiento de "unidades de muestreo"; a partir de una unidad de muestreo se trazaron transectos, que sirvieron de base para establecer el radio de un área que fue sujeta a una revisión exhaustiva, con ubicación geográfica dentro y alrededor del área del Proyecto sin salirse del predio envolvente de la Zona Federal. Dentro de cada unidad de muestreo se procedió a la toma de fotografías, observación de huellas, excretas, mudas de piel de reptiles o cantos de anfibios, así como registro de datos en campo.

Para el establecimiento del radio, en cada unidad de muestreo, se realizaron transectos en banda, de 1 km de largo por 15 m de ancho a cada lado, efectuando recorridos de manera sinuosa o rectilínea dependiendo de las condiciones del terreno, de acuerdo con la metodología sugerida por Chiriví 2006, Lips y Reaser, 1999; León-Cortés, *et al.*, 2010. La localización de las unidades de muestreo se presenta en la siguiente figura.

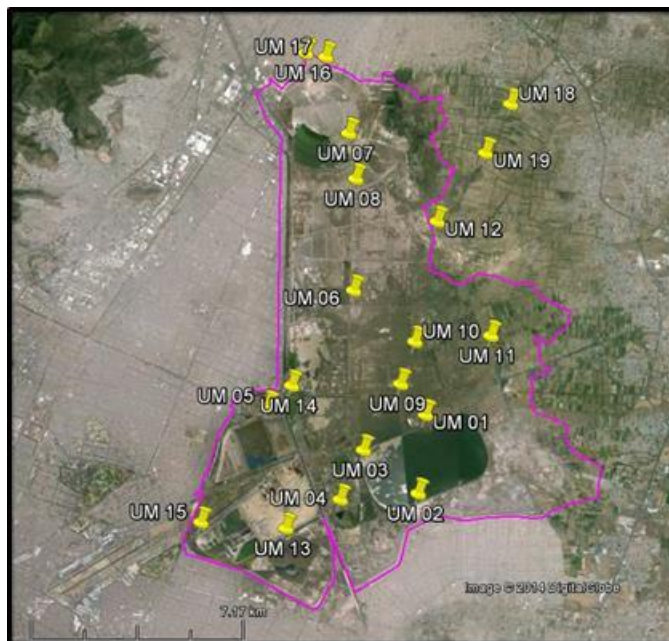


Figura IV.95 Localización de las Unidades de Muestreo de fauna menor.

Las técnicas empleadas para el muestreo de los individuos de cada uno de los grupos faunísticos mencionados se detalla a continuación.

Los mamíferos fueron identificados tanto por observación directa, como por el registro de rastros indirectos tales como huellas, excretas y madrigueras; también se recurrió a la colocación de trampas tipo *Sherman* para mamíferos pequeños, las cuales fueron cebadas con una mezcla de crema de maní, avena y esencia de vainilla; en lo que se refiere a las trampas *Tomahawk* para mamíferos medianos, fueron cebadas con guayaba, tejocotes y zanahoria; la técnica de muestreo desarrollada se fundamenta en la sugerida por Arévalo, 2001, siendo ajustada para el área de estudio. Cabe mencionar que para la identificación de los mamíferos se utilizó la información disponible principalmente por la Comisión Nacional para la Biodiversidad y el Conocimiento (CONABIO).

Para los muestreos de reptiles se procedió con la realización de búsquedas intensivas, principalmente sobre fustes, debajo de troncos secos, tubos abandonados y trozos de corteza de árbol; la captura se realizó de forma manual directa para lacertilios o mediante el empleo de un gancho herpetológico "*hook*" para serpientes, tomando todas las precauciones aplicables y procediéndose también a la obtención de los registros fotográficos para la identificación de los organismos, tomando como base el libro de Uribe-Peña, 1999. Para la búsqueda de anfibios se procedió a emplear la técnica de registros auditivos, sobre todo en sitios que soportaban vegetación acuática o en las riberas de canales conductores de agua o en cuerpos de agua estancada, su identificación posterior se realizó de acuerdo a la bibliografía reportada acerca de la biología de las especies, así como con la utilización de los registros disponibles y con el soporte del material incluido en el libro de Uribe-Peña, 1999.

Para la determinación de los análisis estadísticos de la fauna identificada, se emplearon los Índices de Diversidad de Shannon-Weaver ( $H'$ ) y el de Riqueza de Simpson (Magurran, 1988 y Moreno, 2001), dichos índices se emplearon debido a que se basan en la dominancia con parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad, condiciones que se presentan en la zona de estudio, toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies, dichos índices se describen a continuación:

- Índice de diversidad de Shannon-Weaver

Se calcula de la siguiente forma:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

$H'$  = Índice de diversidad de Shannon-Weaver

$p_i = n_i/N$

$n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$

$N$  = Número total de individuos de todas las especies

- Índice de Simpson

Se calcula de la siguiente forma:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

$p_i = n_i/N$

$n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$

$N$  = Número total de individuos de todas las especies

Ornitofauna identificada en los trabajos de campo

Se realizaron cinco conteos en total, dos durante el mes de noviembre (días 21 y 25), dos en diciembre (días 10 y 23) de 2013 y uno en enero (día 9) de 2014. Los cinco conteos se realizaron en Texcoco y los últimos tres en los seis cuerpos de agua:

1. Lago de Texcoco
2. Parque Ecológico Xochimilco
3. Ciénega de Tlahuac
4. Presa de Guadalupe
5. Presa Zumpango
6. Presa Cuevecillas



Figura IV.96 Croquis de ubicación de los sitios de conteo dentro del Ex-Lago de Texcoco.

Los conteos se realizaron empleando la técnica de recorridos en vehículo y a pie. Durante los recorridos se contabilizó el número de especies y ejemplares. Con estos números se obtuvieron los índices de riqueza específica, abundancia y diversidad, mismos que permiten comparar la avifauna encontrada en los sitios de conteo.

El método utilizado en los conteos fue el "conteo directo" de los grupos de aves presentes en cada uno de los cuerpos de agua y sus alrededores, lo cual es un método muy utilizado para el caso de aves acuáticas (Tellería, 1986, Shuterland, 1996). Los conteos se llevaron a cabo desde puntos fijos o realizando un recorrido determinado previamente, lo que depende del tamaño del cuerpo de agua donde se realice el conteo, de la vegetación existente y de la visibilidad desde los puntos de observación.

Se utilizó un telescopio marca Swarovski de 50X y binoculares marca Tasco 10 X 50. Además para la ubicación geográfica y registro de coordenadas de los puntos de conteo, se utilizó un GPS marca Garmin modelo III plus.

Para la identificación de las especies en campo se utilizó guía de campo (Dunn y Alderfer, 2006) en versión impresa y digital. Para el correcto y actualizado nombre taxonómico de las especies de aves se siguió la nomenclatura de la AOU (1998 y 2013).



Fotografía IV.11 Realizando conteo de aves en el Ex-Lago de Texcoco.

#### Herpetofauna y mastofauna

Hasta mediados del siglo pasado, el Ex-Lago de Texcoco era una de las principales fuentes de alimentación para el municipio del mismo nombre, era rico en peces de agua dulce, que los pobladores de la cuenca pescaban con redes.

El grupo más abundante era el de los Aterínidos o peces blancos, llamados "iztacmichin" en náhuatl. Este grupo presentaba tres especies, todas pertenecientes al género *Chirostoma* pero claramente identificables según su tamaño. La especie de mayor tamaño, *Chirostoma humboldtianum*, llamada "amilotl" por los mexicas, medía de 0.25 a 0.30 m de largo y era muy codiciada como alimento fresco. La segunda especie, de unos 0.15 a 0.20 m, de largo, era llamada "xalmichin" por los mexicas, y se conoce científicamente como *Chirostoma regani*. La especie más pequeña, *Chirostoma jordani*, de 0.05 a 0.15 m de largo, se utilizaba como alimento deshidratado, dado que, por su pequeño tamaño se seca fácilmente al sol; su nombre en náhuatl era "xacapitzahuac" y son los peces que conocemos actualmente como charales; son todavía comunes en los mercados de la Ciudad de México, pero ahora son provenientes de lagos de Jalisco y Michoacán.

Los otros grupos de peces que eran utilizados por los mexicas pertenecen a los órdenes de los Ciprínidos y de los Goodeídeos. Los primeros, conocidos como "juiles" (en náhuatl xuilin), son peces que viven en los fondos barrocos y comprenden cuatro especies: *Algancea tincella* (la especie más abundante), *Evarra bustamentei*, *E. Tlahuaensis* y *E. eigenmani*. Por su parte del orden de los Goodeídeos, los mexicas utilizaban sólo a la especie *Girardinichtys viviparus*, conocida como "cuitlapétotl".

Según DUMAC (2005), "De la fauna ictiológica nativa ..., únicamente subsiste el "pescadito amarillo", *Gyrardinichtys viviparus*. Además de esta especie. Existen diferentes variedades de carpa y tilapia como especies introducidas con fines de cultivo..." (sic). A pesar de ello, durante los trabajos de campo realizados, no fue posible registrar la existencia de algún representante de este grupo.

Dado que en los cuerpos de agua que aún existen en la zona, desde el siglo XVIII se reciben aguas residuales y en la actualidad constituyen una gran carga ambiental ininidad de descargas de aguas residuales de los asentamientos humanos por donde pasan los ríos y arroyos que los alimentan, se han creado condiciones de gran insalubridad que

eliminaron paulatinamente este grupo faunístico del área. De lo anterior se refuerza la idea que actualmente no existe representante alguno del grupo peces en los cuerpos de agua estudiados dentro del área del Proyecto ni en la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco.

En lo que respecta a los anfibios, desde que los antiguos habitantes llegaron a la región, explotaron la fauna del Ex-Lago de Texcoco para su consumo, la zona era rica en todos los grupos taxonómicos y servía de sustento para alimentar a la población aledaña al Lago de Texcoco, no obstante, la desecación provocada por las actividades hidráulicas en la zona fueron el principal impacto sobre la biota acuática.

El Ex-Lago de Texcoco cubre 70 km<sup>2</sup>; de éstos, 15 km<sup>2</sup> son más o menos permanentes y 55 km<sup>2</sup> constituidos por charcos y humedales estacionales; cabe señalar que algunos reservorios fueron construidos con diversos objetivos, tales como la recepción de aguas residuales (Lago Nabor Carrillo) o como el denominado evapotranspirador solar (el caracol).

Ante los cambios ocurridos en el territorio del ahora Ex-Lago de Texcoco, las poblaciones de especies han sido afectadas o reducidas. En el caso de los anfibios, los reportados para la zona son: el sapo *Anaxyrus compactilis*, el ajolote *Ambystoma velasci* y cinco especies de ranas: la *Lithobates pipiens*, *Hyla eximia*, el sapo falso *Spea multiplicata* y *Lithobates montezumae* una especie que se encuentra frecuentemente en zonas alteradas y *Rana holecina*. Estas últimas cuatro especies sobreviven en pastizales o sitios arbustivos, se reproducen en temporada lluviosa y pueden sobrevivir en sitios semiáridos.

El *Ambystoma velasci* y la *Lithobates montezumae* son especies que se encuentran en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 como endémicas y en estatus de Protección Especial. De acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) las poblaciones de *Lithobates pipiens* y *Lithobates montezumae* se encuentran en decline, las otras cuatro especies restantes se encuentran estables y ninguno de estos anfibios está listado en los apéndices de la Convención para el Comercio Internacional de Especies Silvestres (CITES por sus siglas en inglés).

Durante los trabajos de campo se pudo comprobar mediante avistamiento directo la existencia de cinco especies de anfibios, *Anaxyrus compactilis* (sapo), *Hyla eximia* (rana), *Lithobates pipiens* (rana), *Spea multiplicata* (sapo falso) y *Lithobates montezumae* (rana).

No se pudo comprobar la presencia de *Rana holecina* ni de *Ambystoma velasci*. La primera es muy posible que pueda existir, dado que existen condiciones favorables para su desarrollo, mientras que *Ambystoma velasci*, es poco tolerante a las condiciones existentes y se puede descartar su existencia en el área del Proyecto ni en la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco y mucho menos en poblaciones regulares, acaso pudiera registrarse en la zona Noreste y Este, pero como visitante incidental arrastrado por las corrientes del Este y Noreste durante las temporadas de lluvias.

En el caso de los reptiles es posible decir que en México se posee una de las mayores variedades de vertebrados terrestres del mundo, primer lugar en reptiles, esto es debido en gran medida a que México se localiza entre la intersección de dos zonas biogeográficas, la Neártica y la Neotropical.

El conocimiento de los reptiles del Estado de México, tiene su origen en las primeras colecciones científicas de México que fueron albergadas por museos de historia natural. Las primeras listas de reptiles para el Estado de México fueron publicadas a mediados del siglo pasado por Smith y Taylor (1945, 1948 y 1950), aunque eran listas, todavía estaban incompletas.

En los trabajos de campo se pudo comprobar la existencia de reptiles con 5 especies: *Sceloporus scalaris*, *Sceloporus grammicus*, *Pituophis deppei* y *Thamnophis eques*, de las cuales de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 que establece las especies de flora y fauna con categoría de riesgo, *Sceloporus grammicus* se encuentra bajo el estatus sujeta a Protección Especial, mientras que *Thamnophis eques* y *Pituophis deppei* bajo la categoría de amenazada, conforme a la lista roja o libro rojo International Union for Conservation of Nature (UICN), *Sceloporus spinosus* como cuarta especie se encuentra bajo el estatus de preocupación menor. Se reporta la presencia de una especie de tortuga del género *Kinosternon* (CONAGUA y OCAVM, 2007; Uribe-Peña, *et. al.*, 1999), sin embargo durante los trabajos de campo no se encontró, pero existen las condiciones para que pueda encontrarse en las riberas de los cuerpos de agua.

Por sus condiciones lacustres y convertidas en páramos durante las temporadas de estiaje, la mastofauna ha sido siempre escasa. Hasta la realización de las obras para la regulación hidráulica realizadas desde principios de la década de los 60's. Así como de diversas obras de pastización y siembra de arbolado como barreras contra viento, para detener las tolvaneras producidas por la desecación y exposición de los suelos a los elementos del intemperismo, es que se crean las condiciones para mantener áreas en donde algunos mamíferos de las tierras altas que rodean la cuenca, pudieran progresar.

Según refieren diversos documentos entre ellos DUMAC (2005), "En 1986, Huerta reporta dentro de la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco, 12 especies de mamíferos pertenecientes a 12 géneros, 9 familias y 5 órdenes. Las especies más abundantes son pequeños mamíferos con ratones de la familia Cricetidae y los insectívoros. También son relevantes las comunidades de mamíferos de tamaño pequeño y medio que habitan en el pastizal. Las de mayor abundancia son las especies de roedores *Microtus mexicanus* y *Peromyscus maniculatus*. La tuza del género *Papogeomys*; la comadreja de cola negra *Mustela frenata*; ardillas terrestres *Spermophilus mexicanus*; conejos *Sylvilagus floridanus* y la liebre de cola negra." (sic)

Matamoros-Trejo y Cervantes (1992), registran dentro de sus trabajos, la presencia de un insectívoro *Cryptotis parva*, cuatro roedores *Papogeomys tylorhinus*, *Microtus mexicanus*, *Reithrodontomys megalotis* y *Peromyscus maniculatus*, dos lagomorfos *Sylvilagus floridanus* y *Lepus californicus*, así como un carnívoro *Mustela frenata*.

Durante los trabajos de campo, se pudo comprobar la existencia de solamente 5 especies de mamíferos: dos pequeños roedores: *Peromyscus maniculatus* (ratón de patas blancas) y *Microtus mexicanus* (meteco mexicano), así como de los dos lepóridos reportados para el área: *Lepus californicus* (liebre cola negra) y *Sylvilagus floridanus* (conejo castellano). Sin excluir como quinta especie, *Canis domesticus* (perro doméstico) representado por al menos cinco manadas de perros ferales con seis a ocho individuos cada una.

También se pudieron encontrar tres especies con importancia comercial, como individuos aislados y muy cercanos a las zonas agrícolas que se encuentran en la zona Este del predio: *Bos Taurus* (vaca), *Ovis aries* (borrego) y *Capra hircus* (cabra), las tres seguramente que se dispersaron muy hacia el Oeste de sus ámbitos espaciales regulares.

### Distribución y abundancia

El grupo de los anfibios, obligadamente asociado y dependiente del agua, se le puede encontrar en los terrenos vecinos a los cuerpos de agua y hasta una distancia de 50 a 100 m de estos; su abundancia en los cuerpos ubicados al Sur y Sureste del sistema ambiental, es alta, llegándose a registrar hasta 10 individuos/m<sup>2</sup> en las riberas y la vegetación de ribera. Los reptiles con una distribución más amplia, también en las zonas cercanas a los cuerpos de agua, se presentan con una alta frecuencia.

Las abundancias absolutas y relativas para el grupo de la herpetofauna registradas en toda la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco y el área del Proyecto, se muestran en la siguiente tabla, indicando el ambiente en donde se localizaron los diferentes individuos.

Tabla IV.81 Abundancia de la herpetofauna identificada en los trabajos de campo.

Género y especie	Pastizal Halófilo	Vegetación Halófila-Hidrófila	Sin Vegetación	Área Forestal	Agricultura	Abundancia Total	Abundancia relativa [%]
<i>Anaxyrus compactilis</i>	1	8		2	1	12	11.01
<i>Hyla eximia</i>	2	10	1	3	2	18	16.51
<i>Lithobates montezumae</i>		7		3	1	11	10.09
<i>Lithobates pipiens</i>		10		1		11	10.09
<i>Pituophis deppei</i>	1	2		1	1	5	4.59
<i>Sceloporus grammicus</i>	3	5	2	4	3	17	15.60
<i>Sceloporus scalaris</i>	2	4	1	3	3	13	11.93
<i>Sceloporus spinosus</i>	3	3	2	3	1	12	11.01
<i>Spea multiplicata</i>		4	2			6	5.50
<i>Tamnophis eques</i>	1	2		1		4	3.67
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>58</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>109</b>	<b>100.00</b>



La Ficha Taxómica Aves se incluye en el VIII.4.11.

Respecto a la abundancia del componente herpetológico específicamente dentro del predio del Proyecto, se muestra en la siguiente tabla. Siendo el componente dominante con mucho el de las lagartijas al tiempo que el de los anfibios se puede considerar como incipiente. Solamente se registran siete especies de herpetofauna, tres menos que en el resto del área bajo estudio.

Tabla IV.82 Abundancia de herpetofauna identificada en los trabajos de campo en la poligonal del Proyecto.

Género y especie	Pastizal Halófilo	Vegetación Halófila-Hidrófila	Sin Vegetación	Área Forestal	Abundancia Total	Abundancia relativa [%]
<i>Hyla eximia</i>	1			1	2	8.00
<i>Lithobates montezumae</i>				1	1	4.00
<i>Lithobates pipiens</i>		2		1	3	12.00
<i>Sceloporus grammicus</i>	1	2	2	2	7	28.00
<i>Sceloporus scalaris</i>	1	2	1	1	5	20.00
<i>Sceloporus spinosus</i>	1	1	1	2	5	20.00
<i>Spea multiplicata</i>		1	1		2	8.00
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>100.00</b>

Con fines comparativos, la abundancia fuera del área bajo estudio, excluyendo el predio del Proyecto, representativo de un ecosistema similar dentro del sistema se muestra en la siguiente tabla. Es claro que la disponibilidad de agua es mucho mayor y se registran las 10 especies registradas en el área bajo estudio. Siendo mayor la abundancia de anfibios por la mayor cantidad de vegetación asociada a los cuerpos de agua.

Tabla IV.83 Abundancia de herpetofauna fuera del área bajo estudio.

Género y especie	Pastizal Halófilo	Vegetación Halófila-Hidrófila	Sin Vegetación	Área Forestal	Abundancia Total	Abundancia relativa [%]	Especie
<i>Anaxyrus compactilis</i>	1	8		2	1	12	14.29
<i>Hyla eximia</i>	1	10	1	2	2	16	19.05
<i>Lithobates montezumae</i>		7		2	1	10	11.90
<i>Lithobates pipiens</i>		8				8	9.52
<i>Pituophis deppei</i>	1	2		1	1	5	5.95
<i>Sceloporus grammicus</i>	2	3		2	3	10	11.90
<i>Sceloporus scalaris</i>	1	2		2	3	8	9.52
<i>Sceloporus spinosus</i>	2	2	1	1	1	7	8.33
<i>Spea multiplicata</i>		3	1			4	4.76
<i>Tamnophis eques</i>	1	2		1		4	4.76
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>47</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>84</b>	<b>100.00</b>

Es clara la mayor abundancia de este componente herpetofaunístico fuera del predio del Proyecto, debido a su evidente mayor dependencia al agua. Los cuerpos ubicados en la zona Sur y Suroeste, como son el Lago Nabor Carrillo, Lago Churubusco, Lagunas de regulación Horaria, y Laguna Facultativa, así como al Norte en donde se encuentra El Caracol, dado que proporcionan condiciones de mayor humedad, permiten el desarrollo de comunidades vegetales que soportan una biodiversidad mucho mayor que la que puede sostener los terrenos virtualmente secos del predio del Proyecto. Las abundancias en cada uno de estas áreas con respecto a la abundancia en toda la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV.84 Importancia relativa de las especies de herpetofauna dentro la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco.

Género y especie	Área del Proyecto		Fuera del Proyecto		Zona Federal	
	Abundancia	Abundancia relativa con respecto al total del sistema [%]	Abundancia	Abundancia relativa con respecto al total del sistema [%]	Abundancia Total	Abundancia relativa en el sistema [%]
<i>Anaxyrus compactilis</i>			12	11.01	12	11.01

Género y especie	Área del Proyecto		Fuera del Proyecto		Zona Federal	
	Abundancia	Abundancia relativa con respecto al total del sistema [%]	Abundancia	Abundancia relativa con respecto al total del sistema [%]	Abundancia Total	Abundancia relativa en el sistema [%]
<i>Hyla eximia</i>	2	1.83	16	14.68	18	16.51
<i>Lithobates montezumae</i>	1	0.92	10	9.17	11	10.09
<i>Lithobates pipiens</i>	3	2.75	8	7.34	11	10.09
<i>Pituophis deppei</i>			5	4.59	5	4.59
<i>Sceloporus grammicus</i>	7	6.42	10	9.17	17	15.60
<i>Sceloporus scalaris</i>	5	4.59	8	7.34	13	11.93
<i>Sceloporus spinosus</i>	5	4.59	7	6.42	12	11.01
<i>Spea multiplicata</i>	2	1.83	4	3.67	6	5.50
<i>Tamnophis eques</i>			4	3.67	4	3.67
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>22.94</b>	<b>84</b>	<b>77.06</b>	<b>109</b>	<b>100.00</b>

Como se aprecia en la tabla anterior, poco menos del 23% de la herpetofauna de la zona federal, se encuentra dentro del predio del Proyecto, complementando que el restante 77% se ubica en las zonas que no serán afectadas por el Proyecto.

Como un apoyo para definir el comportamiento de la comunidad herpetofaunística, se recurrirá al empleo de los cuatro índices de diversidad fundamentales, identificados por:

Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (1963)<sup>2</sup>, cuya relación basada en la Teoría de la Comunicación está representada por:

$$H' = - \sum \left( \frac{n_i}{N} \right) \log \left( \frac{n_i}{N} \right)$$

Al tiempo que, el índice de Predominio, de Simpson (1949)<sup>3</sup>, definido por la relación.

$$c = \sum \left( \frac{n_i}{N} \right)^2$$

Donde en ambas relaciones:

$n_i$  – es el valor de importancia para cada especie.

$N$  – es el total de valores de importancia.

De forma complementaria, se recurre al índice de equitatividad o uniformidad de Pielou (1966)<sup>4</sup>, quien define su relación por la expresión matemática:

$$e = \frac{H'}{\log S}$$

Donde:

$H'$  – es el índice de diversidad de Shannon Weaver.

$S$  – es el número de especies registradas.

Finalmente para complementar las herramientas comunitarias, el empleo del índice de Margalef (1958)<sup>5</sup>, definido por la expresión siguiente:

<sup>2</sup> Shannon, C. and W, Weaver, 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. 117 pages.

<sup>3</sup> Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*. April. 163:688.

<sup>4</sup> Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J.Theoret. Biol.*, 13:131-144.

<sup>5</sup> Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. *Gen Syst.*, 336-71.

$$d = \frac{S - 1}{\log N}$$

Donde:

**S** – es el número de especies

**N** – es el número de valores de importancia

Con esto, si se comparan los cuatro índices de diversidad fundamentales para este componente herpetofaunístico en cada zona, se tendría lo asentado en la siguiente tabla.

Tabla IV.85 Índices de diversidad por área (herpetofauna).

	Diversidad	Predominio	Equitatividad	Riqueza
Área del Proyecto	1.7875	0.1872	0.9186	1.8640
Fuera del Proyecto	2.2134	0.1182	0.9613	2.0312
Toda la Zona Federal	2.2118	0.1169	0.9606	2.0312

Es evidente que los cinco índices muestran gran similitud tanto fuera del predio del Proyecto, como la parte más representativa de la Zona Federal, lo cual se atribuye al hecho que todas las especies están mejor representadas en los ecosistemas fuera del predio del Proyecto, mientras que la diversidad equitatividad y riqueza, muestra valores significativamente menores dentro del Área del Proyecto, en donde existe un predominio mayor, fundamentalmente porque el grupo de los anfibios está pobremente representado, en este ambiente y por consecuencia es dominada por el componente de los reptiles, fundamentalmente lagartijas, menos dependientes de la humedad.

Recurriendo al índice de Similitud de Sorensen (1948)<sup>6</sup>, para comparar dos muestras o áreas, y definido por la relación.

$$S = \frac{2C}{A + B}$$

Donde:

A – es el número de especies registradas para el muestreo o área A.

B – es el número de especies registradas para el muestreo o área B.

C – es el número de especies que tienen en común las áreas A y B.

Se tienen que el Índice de Similitud entre el Área del Proyecto y la Zona Federal, así como del Área del Proyecto con la zona al exterior de ella, presenta un valor  $S = 0.8235$ , lo cual corresponde a un valor importante, lo cual se justifica por diferir solamente en tres de 10 especies. Sin embargo los valores de similitud entre la zona exterior a la Área de Proyecto con la propia Zona Federal es de 1.0, es decir son sistemas en cuanto a biodiversidad similares.

De lo anterior se deduce, que la biodiversidad herpetofaunística dentro de la Zona Federal, no se ve comprometida en lo absoluto por la realización del Proyecto, y todas las poblaciones de este componente, permanecerán sin una afectación relevante por la reducción de superficie o la eliminación de cuerpos de agua dentro de la Zona de Proyecto.

La mastofauna representada por cinco especies de mamíferos: dos pequeños roedores: *Peromyscus maniculatus* (ratón de patas blancas) y *Microtus mexicanus* (meteor mexicano), así como de los dos lepóridos reportados para el área: *Lepus californicus* (liebre cola negra) y *Sylvilagus floridanus* (conejo castellano). Sin excluir como quinta especie, *Canis domesticus* (perro doméstico) representado por al menos cinco manadas de perros ferales con seis a ocho individuos cada una. Las poblaciones están dominadas por pequeños roedores, conejos y liebres, que se concentran principalmente en los pastizales, su eventual registro en las áreas sin vegetación es incidental, por el tránsito entre los distintos manchones sin ser aquellos sus áreas de distribución regular.

También se pudieron encontrar tres especies con importancia comercial, como individuos aislados y muy cercanos a las zonas agrícolas que se encuentran en la zona Este del predio: *Bos taurus* (vaca), *Ovis aries* (borrego) y *Capra hircus*

<sup>6</sup> Sorensen, T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plants society based on similarity of species content. K. Danske Vidensk Selsk., 5:1-34.

(cabra), las tres seguramente que se dispersaron muy hacia el Oeste de sus ámbitos espaciales regulares, por lo cual se consideran como visitantes incidentales dentro del sistema estudiado y por ende no se consideran dentro del inventario. *Canis domesticus* (perro doméstico), si fue considerado dado que por su condición feral, se constituyen en poblaciones importantes que intervienen en las dinámicas ecológicas del área como depredadores regulares y registrados desde principios de la década de los 80's.

Las abundancias absolutas y relativas registradas en toda la Zona Federal, se muestran en la siguiente indicando el ambiente en donde se localizaron.

Tabla IV.86 Abundancia por tipo de vegetación en la Zona Federal (mastofauna).

Género y especie	Pastizal Halófilo	Vegetación Halófila-Hidrófila	Sin Vegetación	Área Forestal	Agricultura	Abundancia Total	Abundancia relativa [%]
<i>Canis domesticus</i>	30			5		35	19.66
<i>Lepus californicus</i>	20	2	3	8	7	40	22.47
<i>Microtus mexicanus</i>	15	8	2	7	6	38	21.35
<i>Peromyscus maniculatus</i>	10	9		5	7	31	17.42
<i>Sylvilagus floridanus</i>	18	1	2	8	5	34	19.10
<b>Totales</b>	<b>93</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>178</b>	<b>100.00</b>

Si bien todas las especies están registradas en los muestreos tanto dentro del Área de Proyecto, como en aquella fuera de este, los valores de abundancia, difieren sutilmente, por ejemplo en el Área del Proyecto, el número de individuos por especie es de 71 tal como se muestra en la siguiente tabla, donde se observa que no existen registros en las zonas agrícolas, pero la abundancia de perros ferales es notable.

Tabla IV.87 Abundancia por tipo de vegetación en el Área del Proyecto (mastofauna).

Género y especie	Pastizal Halófilo	Vegetación Halófila-Hidrófila	Sin Vegetación	Área Forestal	Agricultura	Abundancia Total
<i>Canis domesticus</i>	22			5	27	38.03
<i>Lepus californicus</i>	10			3	13	18.31
<i>Microtus mexicanus</i>	6	2	1	2	11	15.49
<i>Peromyscus maniculatus</i>	4	2		2	8	11.27
<i>Sylvilagus floridanus</i>	7	1	1	3	12	16.90
<b>Totales</b>	<b>49</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>71</b>	<b>100.00</b>

En cuanto a la zona externa del Área del Proyecto, pero dentro de la Zona Federal, se identifica una proporción de casi el doble de organismos. Los valores de importancia en este ambiente complementario, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV.88 Abundancia por tipo de vegetación en los terrenos fuera del Área del Proyecto (mastofauna).

Género y especie	Pastizal Halófilo	Vegetación Halófila-Hidrófila	Sin Vegetación	Área Forestal	Agricultura	Abundancia Total	Abundancia relativa [%]
<i>Canis domesticus</i>	8					8	7.48
<i>Lepus californicus</i>	10	2	3	5	7	27	25.23
<i>Microtus mexicanus</i>	9	6	1	5	6	27	25.23
<i>Peromyscus maniculatus</i>	6	7		3	7	23	21.50
<i>Sylvilagus floridanus</i>	11		1	5	5	22	20.56
<b>Totales</b>	<b>44</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>107</b>	<b>100.00</b>

Para comparar las contribuciones de cada sistema estudiado, se muestra la siguiente tabla, donde es posible observar que en el Área del Proyecto, se registró casi el 40% de la abundancia en la Zona Federal, complementada por poco más del 60% de la zona externa.

Tabla IV.89 Importancia relativa de las especies dentro del sistema (mastofauna).

Especie	Área del Proyecto		Fuera del Proyecto		Zona Federal	
	Abundancia	Abundancia relativa con respecto al total del sistema [%]	Abundancia	Abundancia relativa con respecto al total del sistema [%]	Abundancia Total	Abundancia relativa en el sistema [%]
<i>Canis domesticus</i>	27	15.17	8	4.49	35	19.66
<i>Lepus californicus</i>	13	7.30	27	15.17	40	22.47
<i>Microtus mexicanus</i>	11	6.18	27	15.17	38	21.35
<i>Peromyscus maniculatus</i>	8	4.49	23	12.92	31	17.42
<i>Sylvilagus floridanus</i>	12	6.74	22	12.36	34	19.10
<b>Totales</b>	<b>71</b>	<b>39.89</b>	<b>107</b>	<b>60.11</b>	<b>178</b>	<b>100.00</b>

Mientras que dentro del Área del Proyecto, la especie dominante son los perros ferales con un 15.17% de la abundancia general, y similar en contribución a *Lepus californicus* y *Microtus mexicanus*, en la parte complementaria dentro de la Zona Federal.

Realizando el cálculo de los indicadores de diversidad, mismos que se muestran en la siguiente tabla, se verá como no existen diferencias relevantes en la estructura de estos dos sistemas.

Tabla IV.90 Índices de diversidad por área (mastofauna).

	Diversidad	Predominio	Equitatividad	Riqueza
<b>Área del Proyecto</b>	1.5139	0.2434	0.9406	0.9384
<b>Fuera del Proyecto</b>	1.5445	0.2214	0.9597	0.9384
<b>Toda la Zona Federal</b>	1.6055	0.2016	0.9976	0.9384

Es evidente que todos los índices guardan gran similitud entre cada las distintas áreas, y valores comunes de equitatividad, relativamente altos puesto que la importancia relativa de cada especie es muy similar, siendo *Canis domesticus*, la única especie que rompe patrones para este parámetro.

Al existir la mayor proporción de organismos fuera del Área de Proyecto y en una proporción menor, es factible asegurar que la biodiversidad para el componente de los mamíferos, no está en lo absoluto comprometida con la realización del Proyecto. El índice de similitud de Sorensen (1948), para todos los pares a comparar es 1.0, lo que significa que no existe diferencia entre los sistemas desde el punto de vista biodiversidad.

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente la distribución en donde es factible encontrar anfibios o reptiles en el área de estudio, lo cual corresponde a las zonas inundadas o cerca de ellas, o en aquellas en donde eventualmente el terreno mantiene cierta humedad. Es claro que la distribución de estas especies de mastofauna, se mueven en ámbitos estrechos espacialmente. En el caso de los anfibios, su dependencia a las zonas con alta humedad es obligada, mientras que en el caso de los reptiles poseen mayor vagilidad y es posible que las lagartijas, se extiendan a las zonas en donde se registra cobertura vegetal.

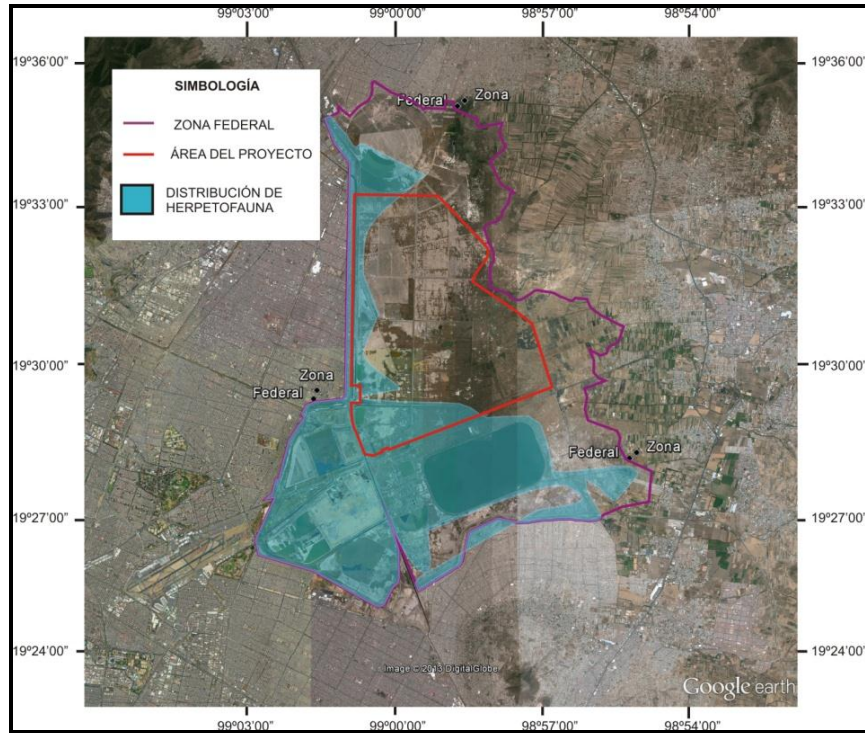


Figura IV.97 Principales áreas de distribución de Herpetofauna.

Por lo que respecta a la mastofauna, dado que se asocia a los manchones vegetacionales al tiempo que su ámbito puede ser inclusive los espacios sin vegetación por donde transita de forma regular o incidental, prácticamente toda la zona federal, se convierte en su área de distribución. Una representación gráfica de su área de distribución se presenta en la siguiente figura.

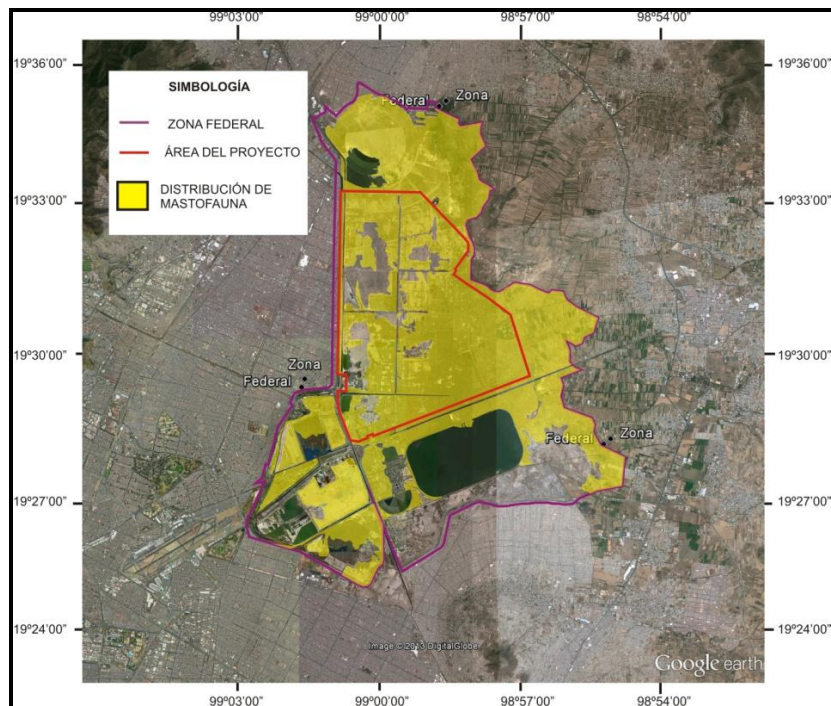


Figura IV.98 Área de distribución de la mastofauna

✚ Ornitofauna

### Trabajos de campo

Se llevaron a cabo durante el invierno 2013 – 2014, se realizaron 5 conteos; dos en el mes de noviembre (días 21 y 25), dos en diciembre (días 10 y 23) de 2013 y uno en enero (día 9) de 2014. Los cinco conteos se realizaron en Texcoco y los últimos tres en los siguientes seis cuerpos de agua.

1. Lago de Texcoco
2. Parque Ecológico Xochimilco
3. Ciénega de Tlahuac
4. Presa de Guadalupe
5. Presa Zumpango
6. Presa Cuevecillas

Los conteos se realizaron empleando la técnica de recorridos en vehículo y a pie. Durante los recorridos se contabilizó el número de especies y ejemplares. Con estos números se obtuvieron los índices de riqueza específica, abundancia y diversidad, mismos que permiten comparar la avifauna encontrada en los sitios de conteo.

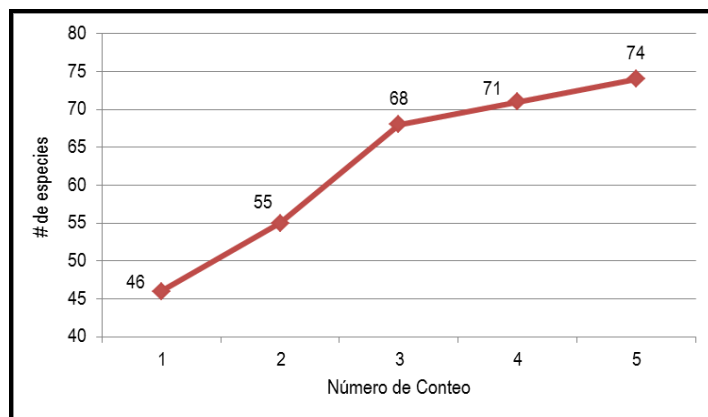
El método utilizado en los conteos fue el "conteo directo" de los grupos de aves presentes en cada uno de los cuerpos de agua y sus alrededores, lo cual es un método muy utilizado para el caso de aves acuáticas (Tellería, 1986, Shuterland, 1996). Los conteos se llevaron a cabo desde puntos fijos o realizando un recorrido determinado previamente, lo que depende del tamaño del cuerpo de agua donde se realice el conteo, de la vegetación existente y de la visibilidad desde los puntos de observación.

Se utilizó un telescopio marca Swarovski de 50X y binoculares marca Tasco 10 X 50. Además para la ubicación geográfica y registro de coordenadas de los puntos de conteo, se utilizó un GPS marca Garmin modelo III plus.

Para la identificación de las especies en campo se utilizó guía de campo (Dunn y Alderfer, 2006) en versión impresa y digital. Para el correcto y actualizado nombre taxonómico de las especies de aves se siguió la nomenclatura de la AOU (1998 y 2013).

### Esfuerzo de muestreo

Para conocer la completitud de y magnitud del esfuerzo de conteo realizado, se elaboró una curva de acumulación de especies, en donde fue graficado el número de especies nuevas registradas por muestreo con el fin de conocer el resultado del esfuerzo de muestreo. El número inicial de especies registradas fue de 46 para finalizar con 74 después de 5 conteos. Como es de esperarse, a mayor número de conteos, menor número de especies nuevas. En los dos últimos conteos, se han registrado solo 3 especies nuevas en cada uno, como se indica en la siguiente gráfica.



Gráfica IV.3 Curva acumulativa del número de especies nuevas encontradas en los conteos de aves en el Ex-Lago de Texcoco.

A fin de obtener la estimación de especies que teóricamente se esperaría registrar cual se utilizó el índice no paramétrico de Jack-Knife 1 (Sóberon y Llorente, 1993). Este estimador está basado en modelos de captura-recaptura y en incremento del esfuerzo de muestreo, siendo este modelo el de menor variación en sus predicciones. Para su cálculo se utilizó el programa *Estimates versión 8*.

Para el cálculo del índice de Jackknife de primer orden se requieren los siguientes cálculos:

$$Jack\ 1 = S + L \frac{m - 1}{m}$$

Dónde:

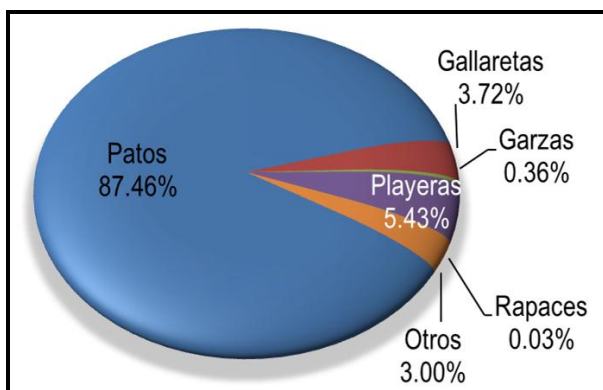
m=número de muestras

L=número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies "únicas")

S= número de especies

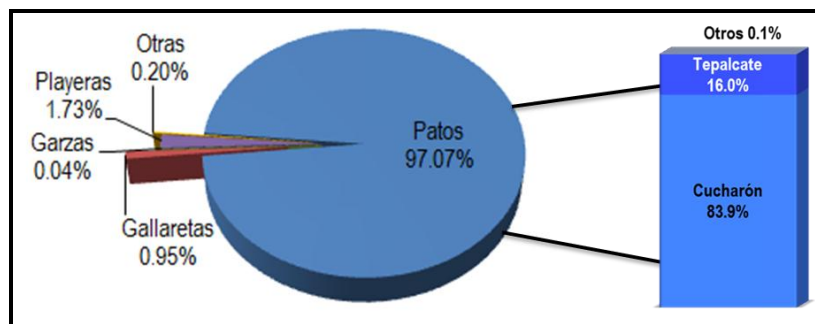
### Resultados

Los conteos en campo arrojaron un total de 74 especies de aves, tanto acuáticas como terrestres. Las especies más abundantes fueron los patos *Anas clypeata* (pato cucharón) y *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate) y en general el grupo de los patos con más del 87% del total de los individuos encontrados junto con las aves playeras (5.4% del total). Las gallaretas (*Fulica americana*) son la tercera especie más abundante y representó casi el 4% del total de individuos contabilizados en el Lago de Texcoco; lo anterior se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica IV.4 Abundancia de grupos de aves en el Ex-Lago de Texcoco.

El lugar con mayor abundancia de aves en el Ex-Lago de Texcoco fue el Lago Nabor Carrillo que albergó un máximo de 26,420 aves totales, lo que representó el 39% del total de individuos contabilizados (65,594 individuos totales) en el conteo realizado a finales de noviembre del 2013. Del número máximo de individuos contabilizados en el Lago Nabor Carrillo, el 97% fueron patos y de este porcentaje, el 84% correspondieron a *Anas clypeata* (pato cucharón), como se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica IV.5 Abundancia de grupos de aves en el Lago Nabor Carrillo.

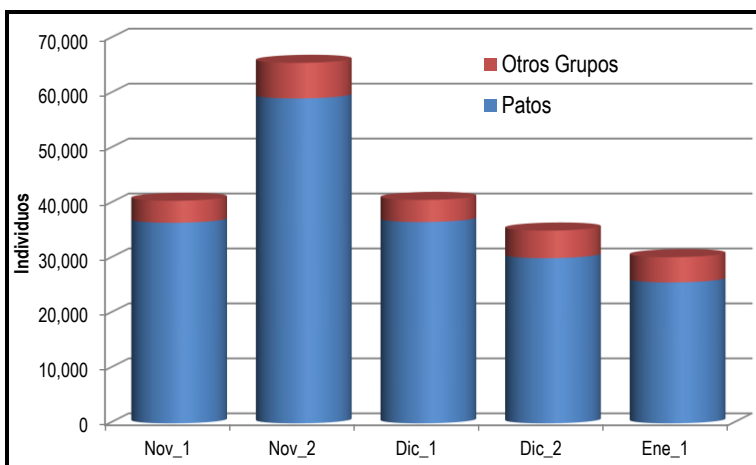


Es evidente que la mayor cantidad de individuos contabilizados corresponden al grupo de patos, constituido por 10 especies, 8 correspondientes al género *Anas* y dos más que corresponden una a *Aythya affinis* y *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate), siendo la especie dominante, *Anas clypeata* (pato cucharón), como se ejemplifica en la siguiente fotografía.



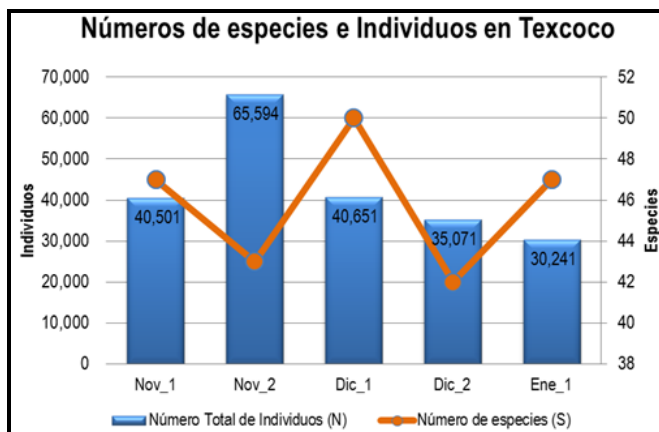
Fotografía IV.12 Grupos de *Anas clypeata* (pato cucharón) en el Lago Nabor Carrillo, lugar donde se encontró la mayor cantidad de individuos de esta especie.

La presencia de una gran mayoría de individuos de patos de diferentes especies en los conteos realizados en el Ex-Lago de Texcoco, fueron constantes durante los cinco conteos que se realizaron. Esta condición se mantuvo en un rango de entre el 85 y 90% del total de individuos, independientemente del número total de aves contabilizadas, como se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica IV.6 Número total de aves registradas en el Lago Nabor Carrillo, prevaleciendo un alto porcentaje de individuos de patos. Resultado de los cinco conteos realizados durante el mes de noviembre (días 21 [Nov\_1] y 25 [Nov\_2]), diciembre (días 10 [Dic\_1] y 23 [Dic\_2]) de 2013 y enero (día 9 [Ene\_1]) de 2014.

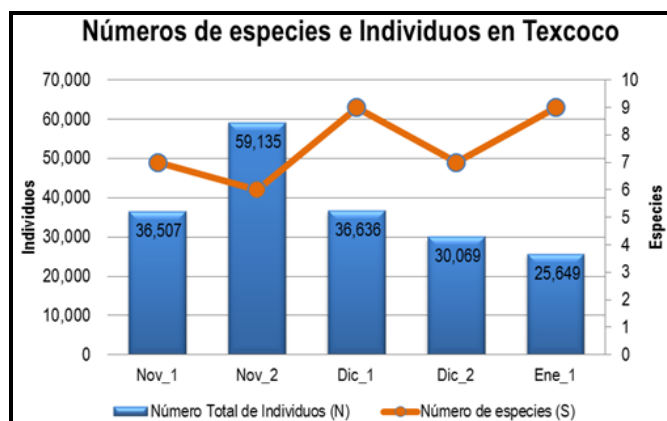
El número mayor de especies registradas en una salida de campo fue de 50, ocurrida a principios del mes de diciembre, siendo a finales de ese mismo mes, el menor número de especies que se registró en los cinco conteos en los once cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco, como se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica IV.7 Número total de individuos y de especies que se registraron en los conteos de aves en el Ex-Lago de Texcoco

La tendencia en el número poblacional de las especies de patos que se encuentran en los 11 cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco donde se realizan los conteos, sigue el mismo patrón que los números de aves totales, sin embargo, al ser un grupo que está compuesto de 10 especies con diferentes comportamientos alimenticios y requerimientos de hábitat, no se registraron todas las especies en un solo conteo.

El número mayor de especies de patos (9) se registró a principios de diciembre del 2013 y principios de enero del 2014, faltando solamente registrar a *Anas platyrhynchos* (pato de collar), siendo en el primer conteo de noviembre la única fecha de registro de esta especie, como se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica IV.8 Número total de individuos y de especies de patos que se registraron en los conteos en el Ex-Lago de Texcoco

La variación en el número de individuos y las especies encontradas en cada sitio de conteo se deben principalmente al tamaño de estos, los tipos de hábitat que hay en ellos (espejo de agua, playas, vegetación, etc.) y el impacto de las actividades humanas que se realizan en ellos o en sus cercanías. Por ejemplo, la presencia de aves playeras está determinado por la existencia de planicies con muy poca pendiente y aguas someras, tal es el caso de *Charadrius nivosus* (chorlo nevado) que sólo se encontró en la laguna Cuatro Caminos o *Aechmophorus occidentalis* (achichilique pico amarillo) que sólo se encontró en el lago Nabor Carrillo que tiene una gran espejo de agua y profundidades que permiten el buceo de los individuos. Las especies buceadoras como *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate) o *Podiceps nigricollis* (zambullidor orejudo) requieren cierta profundidad de agua para poder obtener su alimento, mientras que las garzas requieren orillas con vegetación y *Gallinula chloropus* (gallineta frente roja) solo se encuentran en Xalapango donde encuentra vegetación con lirios y tule, como se observa en las siguientes fotografías.

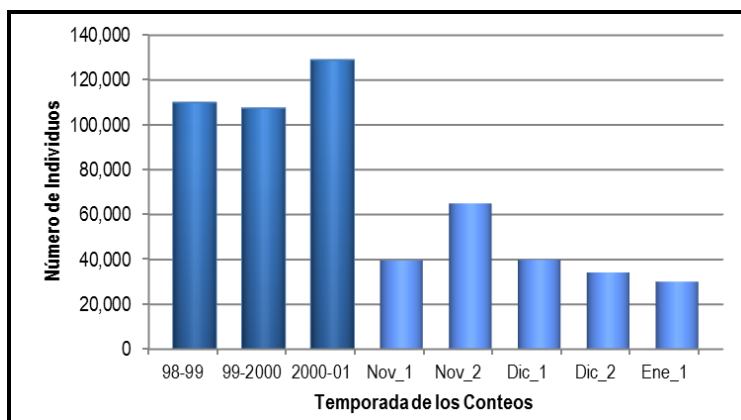


Fotografía IV.13 Variaciones en los hábitats en sitios del Lago de Texcoco.

De arriba a abajo: Laguna Facultativa (dos vistas que muestran un amplio espejo de agua y por otra parte, áreas de playa), Xalapango con vegetación flotante y espejo de agua y Nabor Carrillo con un amplio espejo de agua.

Aunque los tamaños poblacionales de las especies de aves acuáticas, principalmente los patos, parecen ser elevados, cuando éstos se comparan con los que se han registrado en periodos invernales de años pasados, resultan no ser tan elevados. En los tres últimos inviernos de finales de la década de los 90 e inicios de los 2000, se registraron números de aves acuáticas que incluso superan los 120 mil individuos (Alcántara y Escalante 2005). En ese sentido, Alcántara y Escalante (2005) reportan que el número total de individuos de aves acuáticas que reportan los censos realizados por personal de la Comisión Nacional del Agua, estos números fluctúan entre los 100 y 150 mil individuos de aves acuáticas.

Los números poblacionales de aves acuáticas encontrados en el invierno 2013 – 2014 son bajos si se comparan con los reportados por Alcántara y Escalante (2005) pues el número máximo de aves acuáticas registrado en el periodo de estudio fue de poco más de 65 mil individuos, cayendo hasta los poco más de 30 mil individuos en el conteo de principios del mes de enero del 2014, esto es una quinta parte del número máximo promedio de individuos registrados en el Ex-Lago de Texcoco, como se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica IV.9 Número de individuos de aves acuáticas reportadas en conteos realizados por la CNA y en 2013.

En azul oscuro los muestreos de la CNA (datos tomados de Alcántara y Escalante, 2005) y los encontradas en los conteos realizados en el invierno 2013 – 2014 (en azul claro) en el Ex-Lago de Texcoco (Nov\_1 (21 de noviembre 2013); Nov\_2 (25 de noviembre); Dic\_1 (10 de diciembre); Dic\_2 (23 de diciembre de 2013) y Ene\_1 (9 de enero de 2014).

Con los datos de abundancia y riqueza de especies resultado de los cinco conteos realizados en los once cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco, se procedió a realizar el cálculos de varios índices que permiten conocer la diversidad de aves que se encuentran en el Ex-Lago de Texcoco en cada uno de los cinco conteos realizados.

Los índices de diversidad miden la relación entre la riqueza específica y los individuos de cada especie en una comunidad, su diseño da un valor alto cuando la abundancia de especies es uniforme y cuando los individuos corresponden a una especie. Un aumento en la diversidad indica un aumento de especies y una mejor distribución de individuos dentro de las especies (Krebs 1985).

Los índices utilizados para medir la diversidad fueron el de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou. Estos índices son los más reconocidos sobre diversidad, se basan principalmente en el concepto de equidad (Moreno 2001). El índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949), expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra y permite conocer la relación entre el número de especies y la abundancia relativa de las mismas. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra (Magurran 1988). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Moreno 2001) y no se ve afectado por el tamaño de muestra, permitiendo comparar los valores entre sitios y entre meses de una misma área (Krebs 1985).

El índice de Shannon-Weaver no posee límite superior, sin embargo, se considera muy diverso si es igual o superior a 5 y poco diverso mientras más cercano sea el valor a 0 y representado por la siguiente expresión.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

H' = Índice de diversidad de Shannon-Weaver.

p<sub>i</sub> = Abundancia relativa de la especie i,

S = Riqueza de especies o número total de especies,

Log = Logaritmo natural,

N = Número total de individuos de todas las especies, y

n<sub>i</sub> = Número de individuos por cada especie.

El índice de Equidad de Pielou (Pielou, 1969) mide la proporción de la diversidad observada con relación a la diversidad máxima esperada (la diversidad máxima se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes o representadas), esto se interpreta como una medida de la diversidad que cuantifica qué tan iguales numéricamente es una comunidad respecto a lo esperado.

Este índice también se le conoce como Índice de Equidad de Pielou. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y consecuentemente existe poca diversidad (Magurran 1988)

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Weaver

H' <sub>max</sub> = valor máximo de H' que es calculado como:

$$H'_{max} = - \sum_{i=1}^S \frac{1}{S} \ln \frac{1}{S} = \ln S$$

El índice de diversidad de Simpson o también llamado índice de Dominancia de Simpson (Simpson, 1949) califica la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie; entre más alta sea la abundancia relativa de una especie, mayor será el valor de su dominancia (Krebs 1985). Este índice se basa en la dominancia como parámetro inverso al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno 2001). Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran 1988).

Este índice tiene una escala de 0 a 1, donde un valor cercano a uno implicará mayor dominancia de la especie (Begon *et al.* 1995) y se representa por la siguiente expresión:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)}$$

Donde:

D = Índice de Diversidad de Simpson

S = número de especies

N = total de organismos presentes

n = número de ejemplares por especie

Los cálculos de los índices de diversidad se realizaron con el programa PAST (Hammer, *et al.* 2001) y se presentan a continuación.

Se tiene que para el caso de la diversidad calculada para el conjunto de los once cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco en donde se realizaron los conteos, tomando como base número máximo de individuos y las especies a las que pertenecen, para cada uno de los conteos realizados los índices son consistentes entre sí.

En el caso del índice de Shannon-Weaver los valores en general son bajos (mientras más cercano a 0 sea el valor, menor será la diversidad) y van del 0.78 para el caso del conteo de finales de noviembre del 2013 y 1.63 para el conteo de finales de diciembre. El índice de Equidad de Pielou también presenta su menor valor del conteo de finales de noviembre del 2013 y el mayor en el de finales de diciembre del mismo año.

El índice de Simpson o de dominancia refuerza lo observado en los conteos (el índice tiene una escala de 0 a 1, donde un valor cercano a uno implicará mayor dominancia) al tener el valor más alto (0.7) en el conteo de finales de noviembre del 2013 y el más bajo (0.34) en el de finales de diciembre del 2013, justamente la tendencia inversa a los valores de los índices de diversidad arriba descritos.

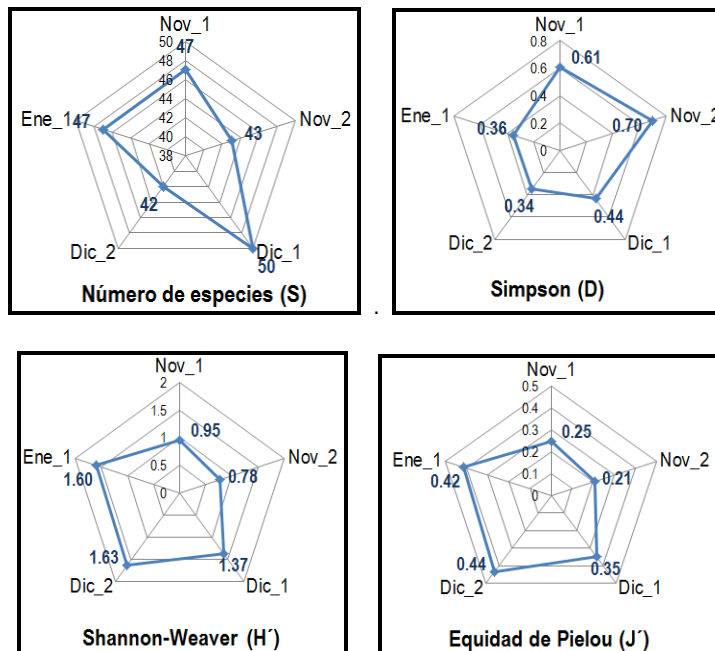
Los valores de los índices de diversidad se explican por la gran dominancia del grupo de los patos, como ya se presentó en diversos gráficos anteriormente. Es claro que este grupo de aves juega un papel importante tanto como en el número de especies presentes (9 de 50 en el caso del mayor número de especies registradas en el primer conteo de diciembre) como de individuos (90% de los 65,594 individuos totales encontrados en el conteo de finales de noviembre del 2013).

Estos números son más reveladores cuando se encuentra que, del número máximo de individuos, más del 82% lo conforman sólo tres especies, que en orden de importancia son: *Anas clypeata* (pato cucharón), *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate) y *Fulica americana* (gallareta americana).

Es de resaltarse la importancia de la población de pato cucharón en el Ex-Lago de Texcoco pues en el caso del conteo de finales de noviembre, la población total de esta especie contribuyó con el 83% del total de individuos que se encontraban en los once cuerpos de agua donde se realizó el conteo. Esto significa que de las 43 especies de aves registradas, 80 de cada 100 individuos eran patos cucharones y los otros 20 individuos pertenecerían al resto de las 43 especies encontradas.

El grado de dominancia de *Anas clypeata* (pato cucharón), se mantuvo en todo el periodo de los conteos, siendo su contribución al número total de aves registradas de entre el 54 y el 83%, llegando hasta el 84% en el caso del Lago Nabor Carrillo.

La dominancia del grupo de los patos (con un máximo de 9 de 50 especies totales registradas) es más que clara ya que como se indicó anteriormente, como grupo contribuyen con 85 a 90% del total de individuos totales registrados en el Ex-Lago de Texcoco. De este grupo, principalmente *Anas clypeata* (pato cucharón), y *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate), conforman la gran mayoría de aves que habitan el Ex-Lago de Texcoco en el invierno 2013 – 2014, como se muestra en las siguientes gráficas.



Gráfica IV.10 Resultados de los diferentes índices de diversidad (Simpson, Shannon-Weaver y Pielou). Los cálculos están basados en los resultados de los cinco conteos realizados durante el mes de noviembre (días 21 [Nov\_1] y 25 [Nov\_2]), diciembre (días 10 [Dic\_1] y 23 [Dic\_2]) de 2013 y enero (día 9 [Ene\_1]) de 2014.

Respecto de las especies de aves que a pesar de no ser dominantes, su presencia es conspicua, están las garzas y *Fulica americana* (gallaretas), éstas últimas aves, a pesar de no estar taxonómicamente en el grupo de los patos, comparten similitudes con los éstos en cuanto al hábitat y algunos hábitos, lo que los hace compartir espacios (ver las siguientes fotografías).



Fotografía IV.14 Grupo de *Fulica americana* (gallaretas) en Xalapango, Lago de Texcoco.



Fotografía IV.15 Cinco especies de aves acuáticas en el Lago Nabor Carrillo.

- 1) *Bubulcus ibis* (garza ganadera); 2) *Egretta thula* (garceta pie dorado);  
3) *Actitis macularius* (playero alzacolita); 4) *Butorides striata* (garza azulada); *Anas clypeata*  
(pato cucharón).

Igualmente existen especies que solo están representadas en números pequeños, de entre 1 y 50 individuos. Estas especies son el 64% de las 74 especies registradas durante los 5 conteos. El porcentaje no se incrementa mayormente si se amplía el número de individuos que se registran. Así se tiene que el número de especies con 100 o menos individuos es de 52 (70% del total de las especies) y de 1,000 o menos es de 68 especies (92% del total de las especies). El 50% (37 especies) de las 74 especies registradas presentan registros de un máximo de entre 1 y menos de 10 individuos. Esto nuevamente es un reflejo de la dominancia que tiene el grupo de los patos y en general el de las aves acuáticas en el Ex-Lago de Texcoco. Algunas especies que tienen poblaciones con poco individuos también tienen requerimientos de hábitat muy particulares, como lo es el chorlo nevado que presentó un número poblacional de un máximo de 197 individuos (ver siguientes fotografías).



Fotografía IV.16 *Hirundo rustica* (golondrina) en la Laguna Facultativa.



Fotografía IV.17 *Calidris mauri* (Playero occidental) y *Charadrius nivosus* (chorlo nevado) en la Laguna Cuatro Caminos.

En la siguiente tabla se muestra el listado de las especies observadas en el área de estudio y el número de individuos máximos observados, así como las especies reportadas para la AICA “Lago de Texcoco” reportadas por CONABIO. Además se registró dos individuos de *Phoenicopterus ruber* (flamenco rosado) y *Butorides striata* (garza azulada), así como una *Gallinago gallinago* (agachona común) las cuales no fueron reportadas por la CONABIO. La clasificación taxonómica y los nombres científicos utilizados son los sugeridos por la AOU (1998), y actualizados conforme su último suplemento (AOU, 2013; Dolbeer, R.A.; Cleary, E.C. 2014; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2011; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2009; CONAGUA, 2005; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 1996; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2002; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2003).

Tabla IV.91 Relación de la avifauna registrada en el AICA y las zonas estudiadas.

Especies reportadas para la AICA “Lago Texcoco”	Nombre común	Estacionalidad	Especies registradas en la zona de estudio	Máximo número de individuos registrado en la zona
ANSERIFORMES				
Anatidae				
<i>Aix sponsa</i>	Pato arcoiris	No Definida		
<i>Anas strepera</i>	Pato friso	Visitante invernal	X	65
<i>Anas americana</i>	Pato chalcuán	Visitante invernal	X	10
<i>Anas platyrhynchos</i>	Pato de collar	No Definida	X	2
<i>Anas discors</i>	Cerceta ala azul	Residente	X	684
<i>Anas cyanoptera</i>	Cerceta canela	Residente	X	1,150
<i>Anas clypeata</i>	Pato cucharón-norteño	Visitante invernal	X	21,512
<i>Anas acuta</i>	Pato golondrino	Residente	X	2,606
<i>Anas crecca</i>	Cerceta ala verde	Visitante invernal	X	700
<i>Aythya valisineria</i>	Pato coacoxtle	Transitorio		
<i>Aythya americana</i>	Pato cabeza roja	Ocasional accidental	o	
<i>Aythya collaris</i>	Pato pico anillado	No Definida		
<i>Aythya affinis</i>	Pato boludo-menor	Visitante invernal	X	77
<i>Bucephala albeola</i>	Pato monja	No Definida		
<i>Lophodytes cucullatus</i>	Mergo cresta blanca	No Definida		
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato tepalcate	Residente	X	7,300
PODICIPEDIFORMES				
Podicipedidae				
<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor pico grueso	Residente	X	2
<i>Podiceps nigricollis</i>	Zambullidor orejudo	Residente	X	128
<i>Aechmophorus occidentalis</i>	Achichilique pico amarillo	Visitante invernal	X	3
<i>Aechmophorus clarkii</i>	Achichilique pico naranja	No Definida		
SULIFORMES				
Fregatidae				
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata magnífica	Ocasional accidental	o	
Phalacrocoracidae				



Especies reportadas para la AICA "Lago Texcoco"	Nombre común	Estacionalidad	Especies registradas en la zona de estudio	Máximo número de individuos registrado en la zona
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán oliváceo	Transitorio		
<b>PELECANIFORMES</b>				
Pelecanidae				
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pelicano blanco	Visitante invernal		
Ardeidae				
<i>Botaurus lentiginosus</i>	Avetoro norteño	Visitante invernal		
<i>Ixobrychus exilis</i>	Avetoro mínimo	Visitante invernal		
<i>Egretta caerulea</i>	Garceta azul	Visitante invernal	X	2
<i>Ardea herodias</i>	Garza morena	Visitante invernal	X	1
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	Visitante invernal	X	15
<i>Egretta thula</i>	Garceta pie-dorado	Visitante invernal	X	80
<i>Egretta tricolor</i>	Garceta tricolor	Visitante invernal	X	1
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	Visitante invernal	X	100
<i>Butorides virescens</i>	Garceta verde	Visitante invernal		
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Pedrete corona negra	Residente		
Threkiornithidae				
<i>Plegadis chihi</i>	Ibis cara blanca	Residente	X	292
<b>ACCIPITRIFORMES</b>				
Cathartidae				
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	Accidental		
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	Visitante invernal	X	6
Pandionidae				
<i>Pandion haliaetus</i>	Gavilán pescador	Ocasional accidental	o	
<i>Elanus leucurus</i>	Milano cola blanca	Visitante invernal		
<i>Circus cyaneus</i>	Gavilán rastrero	Visitante invernal	X	1
<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán pecho rufo	Ocasional accidental	o	
<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	No Definida	X	1
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Aguililla rojinegra	Ocasional accidental	o	1
<i>Buteo lineatus</i>	Aguililla pecho rojo	No Definida		
<i>Buteo swainsoni</i>	Aguililla de Swainson	No Definida		
<i>Buteo albicaudatus</i>	Aguililla cola blanca	Transitorio		
<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	No Definida		
<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	Visitante invernal	X	1
<i>Buteo regalis</i>	Aguililla real	Visitante invernal		
<b>GRUIFORMES</b>				
Rallidae				
<i>Rallus limicola</i>	Rascón limícola	Residente		
<i>Rallus elegans</i>	Rascón real	Ocasional accidental	o	
<i>Porzana carolina</i>	Polluela sora	Visitante invernal		
<i>Porphyrio martinicus</i>	Gallineta morada	Accidental		
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta frente roja	Residente	X	35
<i>Fulica americana</i>	Gallareta americana	Residente	X	2,690
<b>CHARADRIIFORMES</b>				
Recurvirostridae				
<i>Himantopus mexicanus</i>	Candelero americano	Residente	X	804
<i>Recurvirostra americana</i>	Avoceta americana	Residente	X	400
<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlo gris	Transitoria		
<i>Pluvialis dominica</i>	Chorlo dominico	Transitoria		
Charadriidae				
<i>Charadrius nivosus</i>	Chorlo nevado	Visitante de verano	X	197
<i>Charadrius wilsonia</i>	Chorlo pico grueso	Transitoria		
<i>Charadrius semipalmatus</i>	Chorlo semipalmeado	Transitoria		

Especies reportadas para la AICA "Lago Texcoco"	Nombre común	Estacionalidad	Especies registradas en la zona de estudio	Máximo número de individuos registrado en la zona
<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo tildío	Residente	X	73
Scolopacidae				
<i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita	Residente	X	45
<i>Tringa solitaria</i>	Playero solitario	Visitante invernal	X	1
<i>Tringa melanoleuca</i>	Patamarilla mayor	Visitante invernal	X	56
<i>Tringa semipalmata</i>	Playero pihuiuí	No Definida		
<i>Tringa flavipes</i>	Patamarilla menor	Visitante invernal	X	20
<i>Bartramia longicauda</i>	Zarapito ganga	No Definida		
<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito trinador	Ocasional accidental	o	
<i>Numenius americanus</i>	Zarapito pico largo	Visitante invernal	X	3
<i>Limosa fedoa</i>	Picopando canelo	Transitorio		
<i>Calidris himantopus</i>	Playero zancón	Transitorio		
<i>Calidris alba</i>	Playero blanco	Visitante invernal		
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	Visitante invernal		
<i>Calidris minutilla</i>	Playero chichicuilote	Visitante invernal	X	200
<i>Calidris melanotos</i>	Playero pectoral	Transitorio		
<i>Calidris mauri</i>	Playero occidental	Visitante invernal	X	280
<i>Limnodromus scolopaceus</i>	Costurero pico largo	Visitante invernal	X	300
<i>Gallinago delicata</i>	Agachona común	No Definida		
<i>Phalaropus tricolor</i>	Falaropo pico largo	Visitante invernal	X	290
<i>Phalaropus lobatus</i>	Falaropo cuello rojo	Visitante invernal		
<i>Phalaropus fulicarius</i>	Falaropo pico grueso	Visitante invernal		
Laridae				
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota reidora	Visitante invernal		
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	Gaviota de Franklin	Visitante invernal	X	129
<i>Larus delawarensis</i>	Gaviota pico anillado	Transitorio	X	172
<i>Larus argentatus</i>	Gaviota plateada	Ocasional accidental	o	
<i>Gelochelidon nilotica</i>	Charrán pico grueso	No Definida		
<i>Hydroprogne caspia</i>	Charrán caspia	No Definida		
<i>Chlidonias niger</i>	Charrán negro	Transitorio		
<i>Sterna forsteri</i>	Charrán de Forster	No Definida		
<i>Rynchops niger</i>	Rayador americano	Transitorio		
COLUMBIFORMES				
Columbidae				
<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	Residente		
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca	Visitante invernal		
<i>Zenaida macroura</i>	Paloma huilota	Residente	X	8
<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga	Residente	X	2
<i>Columbina passerina</i>	Tórtola coquita			
CUCULIFORMES				
Cuculidae				
<i>Coccyzus americanus</i>	Cuclillo pico amarillo	Transitorio		
<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>	Cuclillo pico negro	No Definida		
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	No Definida		
STRIGIFORMES				
Tytonidae				
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	Residente		
Strigidae				
<i>Megascops trichopsis</i>	Tecolote rítmico	No Definida		
<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo	No Definida		
<i>Micrathene whitneyi</i>	Tecolote enano	Ocasional accidental	o	
<i>Athene cunicularia</i>	Tecolote llanero	Visitante invernal	X	1
<i>Asio otus</i>	Búho cara café	Ocasional	o	

Especies reportadas para la AICA "Lago Texcoco"	Nombre común	Estacionalidad	Especies registradas en la zona de estudio	Máximo número de individuos registrado en la zona
		accidental		
<i>Asio flammeus</i>	Búho cuerno corto	Residente		
CAPRIMULGIFORMES				
Caprimulgidae				
<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor	Visitante invernal		
<i>Chordeiles minor</i>	Chotacabras zumbón	No Definida		
<i>Antrostomus vociferus</i>	Tapacamino	No Definida		
APODIFORMES				
Apodidae				
<i>Cypseloides niger</i>	Vencejo negro	No Definida		
<i>Streptoprocne rutila</i>	Vencejo cuello castaño	No Definida		
<i>Chaetura vauxi</i>	Vencejo de Vaux	Transitorio		
<i>Aeronautes saxatalis</i>	Vencejo pecho blanco	No Definida		
Trochilidae				
<i>Colibri thalassinus</i>	Colibrí oreja violeta	No Definida		
<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnífico	Visitante invernal		
<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí garganta azul	Residente		
<i>Calothorax lucifer</i>	Colibrí lucifer	Accidental		
<i>Selasphorus platycercus</i>	Zumbador cola ancha	Accidental		
<i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador rufo	Visitante invernal		
<i>Selasphorus sasin</i>	Zumbador de Allen	No Definida		
<i>Cynanthus latirostris</i>	Colibrí pico ancho	Residente	X	1
<i>Amazilia beryllina</i>	Colibrí berilo	No Definida		
<i>Amazilia violiceps</i>	Colibrí corona violeta	No Definida		
<i>Hylocharis leucotis</i>	Zafiro oreja blanca	Accidental		
CORACIIFORMES				
Alcedinidae				
<i>Megaceryle alcyon</i>	Martín-pescador norteño	Visitante invernal		
<i>Chloroceryle americana</i>	Martín-pescador verde	No Definida		
PICIFORMES				
Picidae				
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero bellotero	No Definida		
<i>Sphyrapicus varius</i>	Chupasavia maculado	Accidental		
<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero mexicano	No Definida		
<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero de pechera	No Definida		
FALCONIFORMES				
Falconidae				
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos	No Definida	X	1
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	Visitante invernal	X	2
<i>Falco columbarius</i>	Halcón esmerejón	Ocasional accidental <sup>o</sup>		
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Visitante invernal	X	1
PASSERIFORMES				
Tyrannidae				
<i>Campostoma imberbe</i>	Mosquero lampiño	No Definida		
<i>Contopus cooperi</i>	Pibí boreal	No Definida		
<i>Contopus pertinax</i>	Pibí tengofrío	No Definida		
<i>Contopus sordidulus</i>	Pibí occidental	Visitante invernal		
<i>Empidonax alnorum</i>	Mosquero ailero	Accidental		
<i>Empidonax traillii</i>	Mosquero saucero	No Definida		
<i>Empidonax minimus</i>	Mosquero mimimo	Visitante invernal		
<i>Empidonax hammondi</i>	Mosquero de Hammond	No Definida		
<i>Empidonax wrightii</i>	Mosquero gris	No Definida		
<i>Empidonax oberholseri</i>	Mosquero oscuro	No Definida		
<i>Empidonax occidentalis</i>	Mosquero barranqueño	No Definida		

Especies reportadas para la AICA "Lago Texcoco"	Nombre común	Estacionalidad	Especies registradas en la zona de estudio	Máximo número de individuos registrado en la zona
<i>Empidonax fulvifrons</i>	Mosquero leonado	No Definida		
<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas negro	Accidental	X	1
<i>Sayornis saya</i>	Papamoscas llanero	Visitante invernal	X	1
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	Residente	X	1
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	No Definida		
<i>Myiarchus cinerascens</i>	Papamoscas cenizo	No Definida		
<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano gritón	Visitante invernal	X	20
<i>Tyrannus verticalis</i>	Tirano pálido	Accidental		
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tirano-tijereta rosado	Visitante invernal		
Laniidae				
<i>Lanius ludovicianus</i>	Alcaudón verdugo	Residente	X	3
Vireonidae				
<i>Vireo bellii</i>	Vireo de Bell	No Definida		
<i>Vireo plumbeus</i>	Vireo plumizo	No Definida		
<i>Vireo cassinii</i>	Vireo de Cassin	No Definida		
<i>Vireo gilvus</i>	Vireo gorjeador	No Definida		
Corvidae				
<i>Cyanocitta stelleri</i>	Chara crestada	No Definida		
<i>Aphelocoma californica</i>	Chara	No Definida		
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	Chara pecho gris	No Definida		
<i>Corvus corax</i>	Cuervo común	No Definida		
Alaudidae				
<i>Eremophila alpestris</i>	Alondra cornuda	Visitante invernal		
Hirundinidae				
<i>Tachycineta bicolor</i>	Golondrina bicolor	Visitante invernal		
<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina verdemar	Accidental		
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina ala aserrada	Accidental		
<i>Riparia riparia</i>	Golondrina ribereña	No Definida		
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Golondrina risquera	Accidental		
<i>Petrochelidon fulva</i>	Golondrina pueblera	No Definida		
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	Residente	X	700
Aegithalidae				
<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo	Accidental		
Sittidae				
<i>Sitta carolinensis</i>	Sita pecho blanco	No Definida		
Troglodytidae				
<i>Salpinctes obsoletus</i>	Chivirín saltarroca	No Definida		
<i>Catherpes mexicanus</i>	Chivirín barranqueño	No Definida		
<i>Troglodytes aedon</i>	Chivirín saltapared	Residente		
<i>Cistothorus palustris</i>	Chivirín pantanero	Visitante invernal	X	5
<i>Thryomanes bewickii</i>	Chivirín cola oscura	Accidental		
<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Matraca del desierto	No Definida		
Poliptilidae				
<i>Poliptila caerulea</i>	Perlita azulgris	Visitante invernal		
Regulidae				
<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo de rojo	Visitante invernal		
Turdidae				
<i>Sialia sialis</i>	Azulejo garganta canela	No Definida		
<i>Sialia mexicana</i>	Azulejo garganta azul	No Definida		
<i>Catharus aurantirostris</i>	Zorzal pico naranja	No Definida		
<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Swainson	Transitorio		
<i>Catharus guttatus</i>	Zorzal cola rufa	Accidental		
<i>Turdus migratorius</i>	Mirlo primavera	Accidental		
Mimidae				
<i>Dumetella carolinensis</i>	Mauñador gris	No Definida		

Especies reportadas para la AICA "Lago Texcoco"	Nombre común	Estacionalidad	Especies registradas en la zona de estudio	Máximo número de individuos registrado en la zona
<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuillacoche pico curvo	Residente	X	1
<i>Mimus polyglottos</i>	Centzontle norteño	Residente		
Sturnidae				
<i>Sturnus vulgaris</i>	Estornino pinto	Residente	X	3
Motacillidae				
<i>Anthus rubescens</i>	Bisbita de agua	Visitante invernal	X	1
<i>Anthus spragueii</i>	Bisbita llanera	No Definida	X	1
Bombycillidae				
<i>Bombycilla cedrorum</i>	Ampelis chinito	Visitante invernal		
Ptilionotidae				
<i>Ptilionotus cinereus</i>	Capulinerio gris	Accidental		
Peucedramidae				
<i>Peucedramus taeniatus</i>	Ocotero enmascarado	No Definida		
Parulidae				
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Chipe charquero	No Definida		
<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	Visitante invernal		
<i>Oreothlypis celata</i>	Chipe corona naranja	No Definida		
<i>Oreothlypis ruficapilla</i>	Chipe de coronilla	Visitante invernal		
<i>Oreothlypis virginiae</i>	Chipe de Virginia	No Definida		
<i>Geothlypis tolmiei</i>	Chipe de Tolmie	No Definida		
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	Visitante invernal		
<i>Setophaga ruticilla</i>	Chipe flameante	No Definida		
<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo	Visitante invernal		
<i>Setophaga coronata</i>	Chipe coronado	Visitante invernal		
<i>Setophaga nigrescens</i>	Chipe negrogris	Visitante invernal		
<i>Setophaga townsendi</i>	Chipe negroamarillo	Visitante invernal		
<i>Setophaga occidentalis</i>	Chipe cabeza amarilla	No Definida		
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra rufa	No Definida		
<i>Cardenilla pusilla</i>	Chipe corona negra	Visitante invernal		
<i>Myioborus miniatus</i>	Chipe de montaña	No Definida		
Emberizidae				
<i>Diglossa baritula</i>	Picaflor canelo	No Definida		
<i>Pipilo chlorurus</i>	Toquí cola verde	No Definida		
<i>Aimophila ruficeps</i>	Zacatonero corona rufa	No Definida		
<i>Melospiza fusca</i>	Toquí pardo	Residente	X	4
<i>Spizella pallida</i>	Gorrión pálido	Visitante invernal	X	1
<i>Spizella passerina</i>	Gorrión ceja blanca	Visitante invernal		
<i>Spizella atrogularis</i>	Gorrión barba negra	No Definida		
<i>Poocetes gramineus</i>	Gorrión cola blanca	Visitante invernal		
<i>Chondestes grammacus</i>	Gorrión arlequin	Visitante invernal		
<i>Calamospiza melanocorys</i>	Gorrión ala blanca	No Definida		
<i>Passerculus sandwichensis</i>	Gorrión sabanero	Residente	X	1
<i>Ammodramus saviannarum</i>	Gorrión chapulín	Accidental		
<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión cantor	Visitante invernal	X	6
<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de Lincoln	No Definida		
<i>Melospiza georgiana</i>	Gorrión pantanero	No Definida		
<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojo de lumbre	No Definida		
Cardinalidae				
<i>Piranga flava</i>	Tángara encinera	No Definida		
<i>Piranga rubra</i>	Tángara roja	Accidental		
<i>Piranga ludoviciana</i>	Tángara capucha roja	Accidental		
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo	No Definida		
<i>Passerina caerulea</i>	Picogordo azul	No Definida		
<i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul	No Definida		
<i>Passerina versicolor</i>	Colorín morado	No Definida		

Especies reportadas para la AICA "Lago Texcoco"	Nombre común	Estacionalidad	Especies registradas en la zona de estudio	Máximo número de individuos registrado en la zona
Icteridae				
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	Residente		
<i>Sturnella magna</i>	Pradero tortilla-con-chile	Residente	X	1
<i>Sturnella neglecta</i>	Pradero occidental	No Definida		
<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	Tordo cabeza amarilla	Visitante invernal		
<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	Residente	X	50
<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabeza café	Residente	X	300
<i>Icterus wagleri</i>	Bolsero de Wagler	No Definida		
<i>Icterus spurius</i>	Bolsero castaño	Accidental		
<i>Icterus bullockii</i>	Bolsero calandria	Accidental		
<i>Icterus abeillei</i>	Bolsero dorsioscuro	Accidental		
<i>Icterus parisorum</i>	Bolsero tunero	Accidental		
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mayor	Residente	X	15
Fringillidae				
<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón mexicano	Residente	X	30
<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero dominico	Visitante invernal		
Passeridae				
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión casero	Residente		

Fuente: CONABIO <http://avesmx.conabio.gob.mx/verzona?tipo=aica&id=1> Revisado en noviembre de 2013.

También se observan numerosas colonias anidantes en zonas cercanas a lagunas someras, dichas colonias están integradas por *Himantopus mexicanus* (candelerero), *Recurvirostra americana* (avoceta), *Charadrius vociferus* (chorlo tildío), *Calidris bairdi* (playero de Baird) *Calidris minutilla* y (chichicuilote), *Limnodromus scolopaceus* (costurero pico largo), *Phalaropus tricolor* (falaropo), *Tringa melanoleuca* (patamarilla mayor) y *Tringa flavipes* (patamarilla menor).

La población de *Himantopus mexicanus* (candelerero) anida en el pastizal anexo a las charcas; *Recurvirostra americana* (avoceta) prefiere áreas de escasa vegetación; *Charadrius vociferus* (chorlo tildío) opta por las playas arenosas y los sitios con guijarros; por su parte el *Charadrius nivosus* (chorlo nevado), una especie que no se considera residente, pero que sí se reproduce en la zona, utiliza suelos desecados donde el color de las sales produce efectos miméticos con el de sus huevos.

Tanto *Gallinula chloropus* La (gallineta frente roja) como *Fulica americana* (gallareta) anidan en zonas de tulares, al tiempo que *Podiceps nigricollis* y *Podilymbus podiceps* anidan en la Laguna Recreativa y Lago Nabor Carrillo durante la primavera (Dolbeer, R.A.; Cleary, E.C. 2014; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2011; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2009; CONAGUA, 2005; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 1996; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2002; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2003).

Las áreas de reproducción de las aves acuáticas en el Ex-Lago de Texcoco se pueden dividir en dos grandes grupos por tipo de hábitat. (Dolbeer, R.A.; Cleary, E.C. 2014; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2011; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2009; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 1996; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2002; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2003):

- 1) Zonas de inundación permanente. La cual se caracteriza por ser embalses de profundidad mayor a un metro y que tiene agua todo el año. Las posibilidades de establecimiento de colonias de reproducción se correlacionan con la presencia de vegetación emergente y de ribera con lo que se calcula que la superficie de este tipo de hábitat disponible para las aves es de aproximadamente 300 hectáreas.

Este tipo de hábitat puede subdividirse en dos tipos: a) cuerpos de agua donde se evita la proliferación de vegetación acuática debido a su función dentro del manejo hidráulico de la zona y que por lo tanto son poco importantes para la reproducción de las aves residentes (Lago Nabor Carrillo, Regulación Horaria y canales de conducción de aguas negras y tratadas) y b) cuerpos de agua que no tienen una función hidráulica y por lo tanto tienen un desarrollo natural de vegetación como es la Laguna Recreativa y El Caracol).

- 2) Zona de inundación temporal. La cual se anega con el agua proveniente de precipitación o del manejo hidráulico que se practica en la zona para actividades de riego, lavado de suelos o desagüe de canales. A excepción de una

pequeña zona alrededor de la Laguna Recreativa, la totalidad de estas zonas se localiza al Norte de la Carretera Peñón–Texcoco. La laguna de Xalapango y zonas aledañas, que son utilizadas como potreros en el estiaje, son los sitios más importantes para la reproducción de las aves acuáticas en el Ex-Lago de Texcoco (Medellín 1997).

Cabe destacar que los muestreos realizados en este estudio no cubrieron la época reproductiva, por lo cual se sugiere precaución con la información mencionada arriba, pues debido al constante manejo que se realiza en la zona, las zonas de reproducción cambian cada temporada, como es patente al reconocer que existe un manejo hídrico de los cuerpos de agua y los canales, según los requerimientos de la época.

En cuanto al período de migración, la llegada de las aves a la zona durante el primer período tiene lugar, en la mayoría de los casos, de septiembre a marzo. Los chichicuilotos son la excepción, pues arriban a principios de julio. La migración de primavera comprende el período de finales de marzo a principios de junio (Dolbeer, R.A.; Cleary, E.C. 2014; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2011; Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) 2009; CONAGUA, 2005; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 1996; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2002; Cleary, E.C.; Dolbeer, R.A.; Ramírez, P.A. 2003).

- Especies sujetas a régimen de protección.

Respecto las especies encontradas en el área sujeta a cambio de uso de suelo, 4 se encuentran bajo régimen de protección por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 13 están en la categoría *Least Concern* de la IUCN y 4 se encuentran en el Apéndice II de CITES. En la siguiente tabla, se enlistan las especies sujetas a algún régimen de protección y su estatus.

Tabla IV.92 Estatus de protección de la fauna registrada en el predio del Proyecto.

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES
<b>Herpetofauna</b>			
<i>Hyla eximia</i>		Preocupación menor	
<i>Lithobates montezumae</i>	Protección especial	Preocupación menor	
<i>Lithobates pipiens</i>		Preocupación menor	
<i>Pituophis deppei</i>	Amenazada		
<i>Sceloporus grammicus</i>	Protección especial	Preocupación menor	
<i>Sceloporus spinosus</i>		Preocupación menor	
<b>Ornitofauna</b>			
<i>Buteo jamaicensis</i>		Preocupación menor	Apéndice II
<i>Caracara cheriway</i>		Preocupación menor	Apéndice II
<i>Falco peregrinus alba</i>	Protección especial	Preocupación menor	Apéndice II
<i>Tyto alba</i>			Apéndice II
<b>Mastofauna</b>			
<i>Lepus californicus</i>		Preocupación menor	
<i>Microtus mexicanus</i>		Preocupación menor	
<i>Peromyscus melanotis</i>		Preocupación menor	
<i>Sylvilagus floridanus</i>		Preocupación menor	

Dentro de la distribución temporal de las especies de fauna, todas las registradas de fauna, exceptuando a las aves, son residentes, en poblaciones asociadas a los cuerpos de agua y a la vegetación que progresa en las riberas de estos, No obstante extienden sus áreas de distribución a la par del crecimiento de los manchones de vegetación estacional. Al acentuarse la temporada de estiaje, las poblaciones se contraen junto con los manchones de vegetación.

Siendo que las especies que mayor número de individuos registraron en los conteos en el Ex-Lago de Texcoco fueron las aves acuáticas y en particular los patos, se procedió a ampliar el área de estudio dado que se presume que las especies identificadas tienen un amplio rango de movilidad y no puede considerarse un estudio completo para identificar posibles impactos si solo se circunscribe al área de ubicación del proyecto.

A partir del primer conteo del mes de diciembre (10 de diciembre del 2013), se realizaron conteos simultáneos en los 6 cuerpos de agua abajo indicados. En el caso del Ex-Lago de Texcoco, se siguieron haciendo los conteos en los once cuerpos de agua que los compone.

1. Lago de Texcoco
2. Parque Ecológico Xochimilco
3. Ciénega de Tlahuac
4. Presa de Guadalupe
5. Presa Zumpango
6. Presa Cuevecillas



Figura IV.99 Delimitación del Sistema Ambiental Regional en donde se encuentran seis cuerpos de agua relevantes para las aves acuáticas en el Valle de México, incluyendo el Ex-Lago de Texcoco.

El método de conteo fue el mismo en todos los casos y ya fue descrito al inicio de esta sección. Igualmente, el manejo de los datos y los índices utilizados son los mismos a fin de poder comparar la riqueza de especies y sus abundancias relativas y poder identificar así el peso particular de cada uno de estos cuerpos de agua en el área del Valle de México, que es el ámbito que se identificó como área de influencia en lo que a la construcción del proyecto en cuestión se debe considerar.

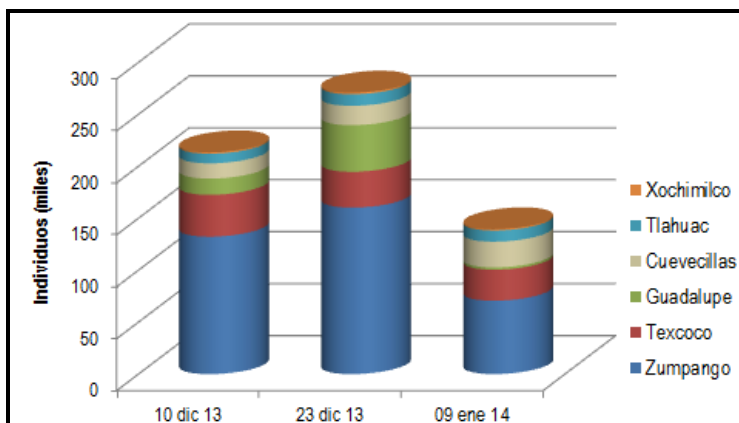
Los resultados de los conteos realizados en los seis cuerpos de agua ubicados en el Valle de México, muestran que existen poblaciones importantes de aves acuáticas, principalmente del grupo de los patos; en ellos.

Para efectos de una adecuada comparación entre los seis cuerpos de agua donde se realizaron los conteos simultáneos, los números que se presentan, en el caso del Ex-Lago de Texcoco, **NO** incluyen los datos de los conteos realizados en el mes de noviembre. Esto se ve reflejado en una disminución del número de especies registradas que cae de 74 a 35, esto es un 47% menos de la riqueza específica que se registró en noviembre.

Como se puede observar de los resultados mostrados anteriormente, el número de individuos en el Ex-Lago de Texcoco, se va reduciendo con una tendencia constante a partir de noviembre; por ello cuando se comparan los números de los seis cuerpos de agua del Valle de México, las poblaciones de aves acuáticas del Valle de México tienen una importancia relativa menor.

Como se puede ver en la siguiente gráfica, el número total de individuos de aves que se presentan en los seis cuerpos de agua del Valle de México, llegaron a más de 270 mil en el conteo de finales de diciembre de 2013. Es evidente la importancia de las poblaciones de aves encontradas en la Presa de Zumpango con relación a los demás cuerpos de agua.

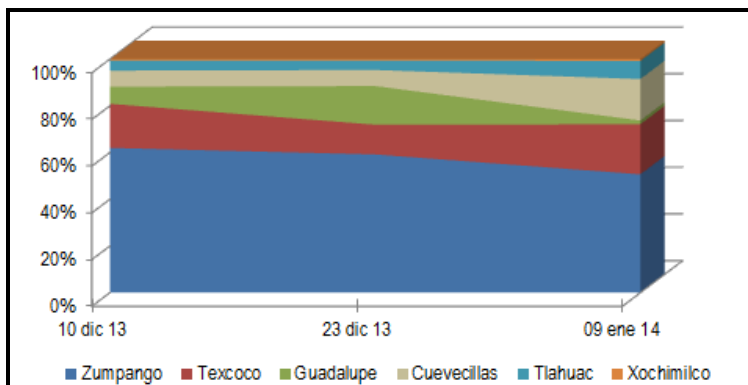




Gráfica IV.11 Número total de aves registrado en los cuerpos de agua del Valle de México. Datos obtenidos en los tres conteos simultáneos realizados en diciembre del 2013 y enero del 2014.

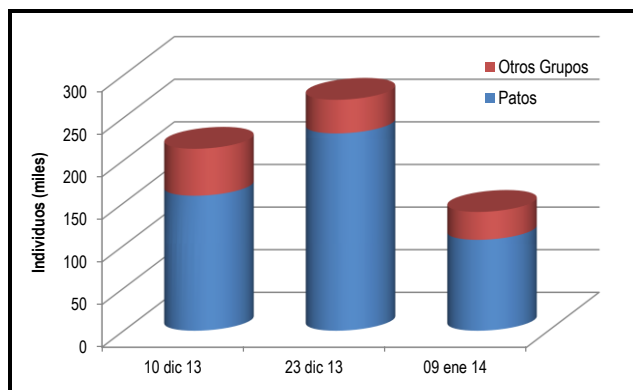
Como puede verse en la gráfica, el mayor número de individuos registrado fue en la Presa de Zumpango, cuerpo de agua ubicado en el extremo Norte del Valle de México y que junto con el Ex-Lago de Texcoco y la presa de Guadalupe, se muestran como los cuerpos de agua más importantes en el Valle de México en esta temporada invernal.

La importancia relativa de cada uno de los cuerpos de agua en cada uno de los conteos realizados se muestra en la siguiente figura, en la que se evidencia el cambio de importancia relativa de cada cuerpo de agua en cada fecha. Es de resaltar la gran importancia de la Presa de Zumpango (entre el 50 y el 62%) y sobre todo su continuidad. El Ex-Lago de Texcoco muestra una importancia relativa mayor en los primeros conteos de diciembre del 2013 y enero del 2014, sin embargo nunca llega al 20%.



Gráfica IV.12 Importancia relativa del número total de aves registrado en los cuerpos de agua del Valle de México. Datos obtenidos en los tres conteos simultáneos realizados en diciembre del 2013 y enero del 2014.

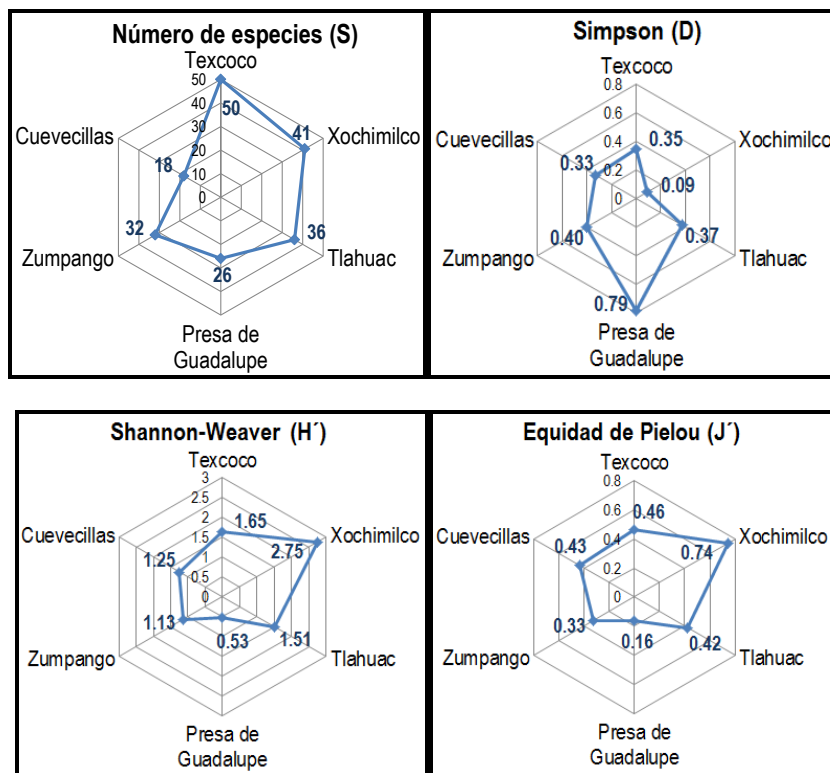
Como en el caso de los conteos realizados en el Ex-Lago de Texcoco, en todos los cuerpos de agua del Valle de México, la importancia del grupo de los patos es alta y va del 74 al 85% del número total de aves registradas. Esto permite confirmar que el Ex-Lago de Texcoco es parte de un sistema de cuerpos de agua que sirven de hábitat para los patos durante el periodo invernal en el Valle de México.



Gráfica IV.13 Importancia relativa del grupo de los patos respecto del total de aves registrado en los cuerpos de agua del Valle de México.

Datos obtenidos en los tres conteos simultáneos realizados en diciembre del 2013 y enero del 2014.

Respecto de los indicadores que se utilizaron para comparar la riqueza específica que fueron los índices de diversidad de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou, mismos que fueron los utilizados en el caso de los cinco conteos realizados en el Ex-Lago de Texcoco. Los resultados de estos índices se presentan en las siguientes figuras.



Gráfica IV.14 Resultados de los diferentes índices de diversidad (Simpson, Shannon-Weaver y Pielou) y el número de especies presentes en seis cuerpos de agua del Valle de México.

Los cálculos están basados en los resultados conjuntos de los tres conteos realizados diciembre del 2013 y enero del 2014.

Como se deriva de los datos presentados en las figuras de arriba, en los meses de diciembre del 2013 y enero del 2014, riqueza específica en todos los cuerpos de agua es menor que aquella registrada en el Ex-Lago de Texcoco. El cuerpo de agua con menor riqueza específica es la Presa Cuevecillas con 18 especies, mientras que el cuerpo de agua con mayor número de especies es el Ex-Lago de Texcoco.

El cuerpo de agua con mayor índice de dominancia (Índice de Simpson) es la Presa de Guadalupe, donde los patos representan hasta el 96% del máximo total de aves registradas, siendo el pato cucharón (*Anas clypeata*) el más

abundante hasta con un 88% de individuos respecto del total de aves totales. En el lado opuesto se encuentra el Parque Ecológico Xochimilco con una dominancia del apenas 0.09 debido a que cuenta con el segundo máximo de especies (41 especies) y la menos cantidad de individuos máximos totales (poco más de 2,100 que representan apenas el 0.6% del total de máximo de individuos registrados en los seis cuerpos de agua del Valle de México).

En este sentido y en congruencia con lo anterior, los índices de Shannon-Weaver y Pielou muestran que el lugar con mayor diversidad es el Parque Ecológico Xochimilco, mientras que el Ex-Lago de Texcoco se encuentra al mismo nivel que el resto de los 5 cuerpos de agua restantes, excepto por la Presa de Guadalupe que, presenta la menos diversidad de todos, como ya se mencionó debido a la gran cantidad de patos que registró.

Tomando en cuenta el número máximo de individuos registrados en el grupo de los patos en todo el Valle de México (casi 267 mil individuos), las poblaciones del Ex-Lago de Texcoco contribuyen con el 15% del total del número máximo total de patos que se registraron en los seis cuerpos de agua del Valle de México.

Las poblaciones de patos registradas en la Presa de Zumpango representan casi el 59% del número máximo total de patos registrados en los tres conteos simultáneos realizados en los seis cuerpos de agua del Valle de México.

⊕ Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) Texcoco.

Como parte de los mecanismos para la conservación de las aves existe una iniciativa de carácter internacional, denominada Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves o AICA (IBA por sus siglas en inglés).

Como parte de este esfuerzo internacional, desde 1995 en México se trabajó en la identificación de AICAS. El programa de las AICA surgió como una iniciativa conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (Cipamex, hoy, Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México) y BirdLife International. En el año 2000 se publica el primer directorio de AICA de México en el que se incluyen 230 AICA.

La denominada AICA – 01. Lago de Texcoco, se ubica en el municipio de Texcoco, Estado de México y cuenta con una superficie de 15,106.30 ha. Tiene un uso de suelo forestal (existen gramíneas halófitas en una extensión de aproximadamente 5,000 hectáreas, vegetación acuática, vegetación halófila, especies de *Casuarina* y *Tamarix*) en el 30% de su superficie, ganadero (10%) y de manejo hidráulico (60%). Las principales amenazas que se identificaron en su momento fueron el desarrollo humano, el cambio de uso de suelo y las especies exóticas, la ganadería, y la explotación inadecuada de los recursos.



Figura IV.100 Croquis de ubicación del AICA – 01 Lago de Texcoco. Polígono tomado de la página de la Conabio. ([http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/aica250kgw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/aica250kgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no))

Está reportada un área de 1,700 ha de cuerpos de agua permanentes y 2,000 de charcas someras estacionales, lo cual favorece el establecimiento de colonias de anidación y reposo de aves acuáticas. Se constituye por cinco lagos artificiales permanentes con aportes de agua de los ríos Xalapango, Coxacoaco, Texcoco, San Bernardino y Churubusco, así como por aportes de aguas negras provenientes del dren de la Ciudad de México. La cantidad, tamaño y ubicación de muchas de las charcas depende del manejo hidráulico, mismo que realiza la Conagua.

El Ex-Lago de Texcoco fue designada como AICA debido a que en ese sitio se encuentran poblaciones de 100,000 o más aves acuáticas durante el invierno, siendo el área más importante de las dos o tres zonas de invernación de aves acuáticas del Valle de México.

Originalmente se propuso que la categoría de esta AICA fuera la de "MEX-4-A" con base en los siguientes datos: *Anas acuta* 4,000 individuos, *Anas cyanoptera* 5,000 individuos, *Anas discors* 5,000 individuos, *Calidris bairdi* 3,000 individuos, *Calidris minutilla* 3,000 individuos. Más de 70 especies de aves acuáticas.

En el 2001, tomando en cuenta información adicional, se recategorizó al AICA Lago de Texcoco de la Categoría "MEX-4-A" a la Categoría "G-4-A" por mantener poblaciones de 3 especies con mayor o igual número al 1% de la población biogeográfica y en otros dos casos a especies que se aproximan a esta proporción. La categoría "G-4-A" implicó principalmente la presencia de 66,000 individuos de *Phalaropus tricolor*, 56,300 de *Anas clypeata*, 17,700 de *Oxyura jamaicensis*, 2,182 de *Limnodromus scolopaceus* y 235 de *Tringa solitaria*.

Con base en trabajos realizados por la asociación Civil Duck Unlimited de México, Dumac, se elabora un Programa de Conservación y Manejo para las Aves Playeras en el Lago de Texcoco (Loa, *et al.*, 2006), cuál ha quedado como propuesta. La Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, CONABIO reconoce la designación del Lago de Texcoco como una AICA (AICA 01).

En el 2007 se vuelve a recategorizar el AICA, quedando ahora en las nuevas categorías establecidas por BirdLife International como "A1" (Especies Globalmente Amenazadas) y A4i debido a que es un sitio que mantiene o puede mantener un número mayor o igual al 1% de una población biogeográfica de especies de aves acuáticas.

El predio donde se ubica el Proyecto se encuentra fuera de las lagunas permanentes como es el lago Nabor Carillo o la Laguna Recreativa.

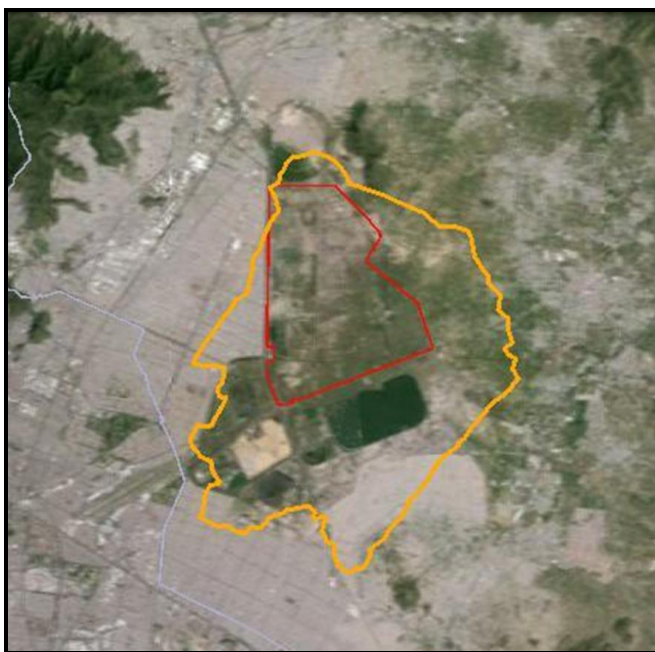


Figura IV.101 Croquis de ubicación del predio del proyecto dentro del AICA – 01. Lago de Texcoco.

#### Distribución temporal de las especies

Todas las especies registradas de fauna, exceptuando a las aves, son residentes, en poblaciones asociadas a los cuerpos de agua y a la vegetación que progresa en las riberas de estos, No obstante extienden sus áreas de distribución a la par del crecimiento de los manchones de vegetación estacional. Al acentuarse la temporada de estiaje, las poblaciones se contraen junto con los manchones de vegetación.

En el caso de aves, se desconoce con objetividad cuáles de las especies son realmente residentes y cuales migratorias, pero un estimado del 11.9% se refiere a aves claramente residentes, pero que efectúan algunos movimientos locales y el resto realiza movimientos de migración de mayor distancia.

### IV.5 Medio socioeconómico

En este apartado se consideran las principales variables demográficas, sociales y económicas en el área de influencia socioeconómica del Proyecto y se analiza su interrelación con el desarrollo y operación del Proyecto.

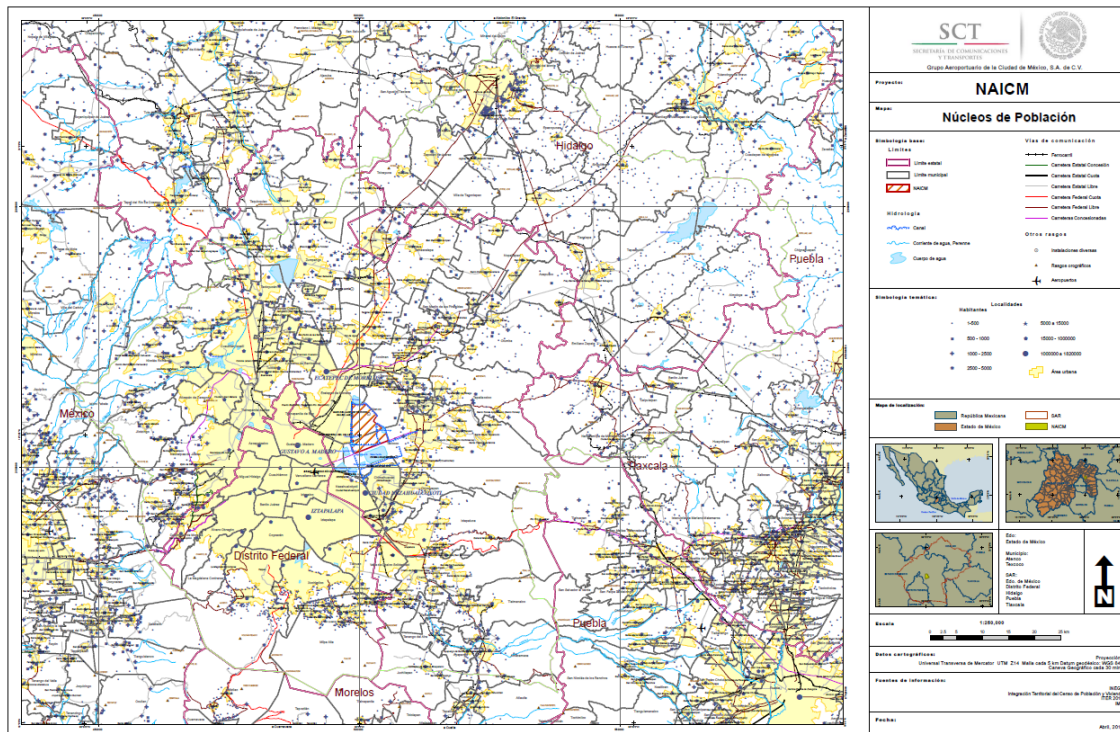
A nivel del SAR, el INEGI reconoce 3,336 localidades en las entidades federativas. Esta multitud de localidades difieren sustancialmente entre sí a nivel de población pues por un lado se tienen poblaciones sin habitantes registrados y por otro existen algunas de las localidades más grandes del país como Iztapalapa (Delegación del D.F.), Gustavo A. Madero (Delegación del D.F.) y Ecatepec de Morelos y Nezahualcóyotl en el Estado de México, cuya población es superior al millón de habitantes.

De modo indicativo, la población del SAR a nivel entidad federativa se divide como sigue:

Tabla IV.93 Población del SAR a nivel de entidad federativa.

Entidad Federativa	Número de localidades	Población Total	% del Total
Distrito Federal	665	8,851,080	43.1%
Hidalgo	912	726,466	3.5%
México	1,356	10,852,958	52.9%
Puebla	16	4,853	0.0%
Tlaxcala	387	83,056	0.4%
<b>Total</b>	<b>3,336</b>	<b>20,518,413</b>	<b>100.0%</b>

La distribución de los Núcleos poblacionales se muestra en el siguiente mapa y en el Anexo VIII.3.20 Núcleos población.



Mapa IV.35 Distribución de los Núcleos de población en el SAR y el AIP.

No obstante lo anterior, se considera que el SAR no es el indicador óptimo de análisis para los aspectos socioeconómicos del Proyecto y que un criterio de más fácil y útil manejo es la división político-administrativa. Al respecto, se han definido dos áreas de influencia o estudio denominadas Área de Influencia Socioeconómica Directa

(AID) y Área de Influencia Socioeconómica Indirecta (AII). El AID se constituye por los 5 municipios conurbados aledaños al predio del Proyecto mientras que el AII abarca toda la Zona Metropolitana de la Ciudad de México puesto que una obra de la envergadura del Proyecto, tiene repercusiones a diferentes niveles en toda la ciudad.

Dada su ubicación, cercanía y vinculación con el área del Proyecto, los impactos sociales y económicos serán de carácter inmediato en el AID pues se generará ocupación de mano de obra, uso y/o adquisición de bienes y servicios locales, construcción de mejores vías de comunicación e infraestructura, es decir, impactos directos vinculados con la preparación del sitio y la construcción del Proyecto. Los principales impactos en el AII se verificarán principalmente en la operación del Proyecto mediante el impulso a los mercados locales, el comercio, turismo y servicios de apoyo necesarios para la operación aeronáutica.

Tabla IV.94 Municipios que conforman el AID.

Municipio	Número de localidades	Población Total	% del Total
Atenco	15	56,243	1.5%
Chimalhuacán	6	614,453	16.7%
Ecatepec de Morelos	7	1,656,107	45.1%
Nezahualcóyotl	7	1,110,565	30.2%
Texcoco	76	235,152	6.4%
<b>TOTAL</b>	<b>111</b>	<b>3,672,520</b>	<b>100.0%</b>
<b>% del SAR</b>	<b>3.3%</b>	<b>17.9%</b>	

En la siguiente tabla se muestran los Municipios y Delegaciones Políticas que conforman el AII.

Tabla IV.95 Municipios y Delegaciones Políticas que conforman el AII.

Municipio	Población Total
<b>DISTRITO FEDERAL</b>	<b>8,851,080</b>
Alvaro Obregon	727,034
Azcapotzalco	414,711
Benito Juarez	385,439
Coyoacan	620,416
Cuajimalpa De Morelos	186,391
Cuauhtemoc	531,831
Gustavo A. Madero	1,185,772
Iztacalco	384,326
Iztapalapa	1,815,786
La Magdalena Contreras	239,086
Miguel Hidalgo	372,889
Milpa Alta	130,582
Tlahuac	360,265
Tlalpan	650,567
Venustiano Carranza	430,978
Xochimilco	415,007
<b>HIDALGO</b>	<b>97,461</b>
Tizayuca	97,461
<b>MEXICO</b>	<b>11,075,009</b>
Acolman	136,558
Amecameca	48,421

Municipio	Población Total
Apaxco	27,521
Atenco	56,243
Atizapan de Zaragoza	489,937
Atlautla	27,663
Axapusco	25,559
Ayapango	8,864
Chalco	310,130
Chiautla	26,191
Chicoloapan	175,053
Chiconcuac	22,819
Chimalhuacan	614,453
Coacalco de Berriozabal	278,064
Cocotitlan	12,142
Coyotepec	39,030
Cuautitlan	140,059
Cuautitlan Izcalli	511,675
Ecatepec de Morelos	1,656,107
Ecatzingo	9,369
Huehuetoca	6,731
Hueypoxtla	39,864
Huixquilucan	242,167
Isidro Fabela	10,308
Ixtapaluca	467,361
Jaltenco	26,328
Jilotzingo	17,970
Juchitepec	23,497
La Paz	253,845
Melchor Ocampo	50,240
Naucalpan de Juarez	833,779
Nextlalpan	34,374
Nezahualcoyotl	1,110,565
Nicolas Romero	366,602
Nopaltepec	8,895
Otumba	34,232
Ozumba	27,207
Papalotla	4,147
San Martin de las Piramides	24,851
Tecamac	364,579
Temamatla	11,206
Temascalapa	35,987
Tenango del Aire	10,578
Teoloyucan	63,115



Municipio	Población Total
Teotihuacan	53,010
Tepetlaoxtoc	27,944
Tepetlixpa	18,327
Tepotzotlan	88,559
Tequixquiac	33,907
Texcoco	235,151
Tezoyuca	35,199
Tlalmanalco	46,130
Tlalnepantla de Baz	664,225
Tonanitla	10,216
Tultepec	91,808
Tultitlan	524,074
Valle de Chalco Solidaridad	357,645
Villa del Carbón	44,881
Zumpango	159,647
<b>Total*</b>	<b>20,023,550</b>

\*Existe una pequeña diferencia de 0.47%, ó 93,292 habitantes en la sumatoria de las poblaciones de los municipios y delegaciones que conforman la ZMVM y el número proporcionado por el INEGI en el Censo de 2010 para esta aglomeración urbana.

#### IV.5.1.1 Contexto Regional

##### Región y Área de Influencia socioeconómica del Proyecto

Cabe destacar que en el predio del Proyecto no se encuentran asentamientos humanos; ésta es propiedad del Gobierno Federal en su totalidad, y se encuentra bajo la administración de la Comisión Nacional del Agua por lo que para la ejecución del Proyecto no será necesario adquirir nuevas tierras ni modificar la tenencia de las mismas, lo cual elimina la posible problemática relacionada con la población terrateniente.

Actualmente, en el predio del Proyecto se realizan principalmente actividades de control hidráulico y acuícolas y agropecuarias en muy baja escala, limitadas por las características del medio físico ya que el suelo está clasificado como zona de inundación. Todo el Proyecto se encuentra dentro del Estado de México en el área federal denominada Vaso del Ex-Lago de Texcoco, el cual abarca porciones de los municipios de Texcoco, Atenco, Ecatepec de Morelos, Chimalhuacán y Nezahualcóyotl. Particularmente, las obras del Proyecto se ubican en una zona que corresponde a porciones de Texcoco y Atenco.

El Proyecto se encuentra inmerso en la Zona Metropolitana del Valle de México que, según datos de la ONU, en el año 2012 es la tercera aglomeración urbana más grande del mundo y la mayor de México.



Figura IV.102 Ubicación Geográfica del Área de Influencia Indirecta del Proyecto (ZMVM).

La tabla siguiente presenta esquemáticamente los municipios y delegaciones en relación con los criterios básicos para su selección y clasificación dentro de las áreas de influencia tanto directa como indirecta.

Tabla IV.96 Área de Influencia socioeconómica global del Proyecto.

Municipio/ Delegación	Entidad	Criterios básicos de Selección	Tipo de Influencia y Área socioeconómica
<b>Municipios parte y colindantes con el Proyecto</b>			
1) Texcoco 2) Atenco 3) Ecatepec 4) Chimalhuacán 5) Nezahualcóyotl	<b>ZMVM</b> Estado de México	Área de ubicación de las obras y caminos de acceso al Proyecto; interacción social y económica directa con el proyecto por pertenencia municipal y servicios, generándose en esa área los principales impactos ambientales, sociales y económicos.	<b>Directa:</b> localidades más cercanas, incluidas las cabeceras municipales.
<b>Área de Influencia Indirecta</b>			
Zona Metropolitana del Valle de México	<b>ZMVM</b>	Por su magnitud e importancia el Proyecto tiene influencia sobre toda la ZMVM en tanto mantiene una relación socioeconómica con el uso y operación.	<b>Indirecta:</b> de alto impacto económico y social

#### IV.5.1.2 Crecimiento histórico poblacional

La región conurbada nororiente del DF, en la que se localizaba el antiguo Lago de Texcoco, es actualmente la región con mayor densidad demográfica en México. Extensas porciones de lo que fue el Lago son ocupadas hoy por asentamientos urbanos. El crecimiento demográfico alcanzó su apogeo durante la segunda mitad del siglo pasado, cuando las transformaciones económicas del país motivaron la migración del campo a la ciudad. Extensas áreas de lo que fue el Lago fueron ocupadas principalmente por migrantes provenientes de otros estados y del propio Estado de México.

Así se fueron creando cinturones de miseria caracterizados por la falta de servicios públicos. Esto ocurrió especialmente en el oriente del Distrito Federal, en el oriente de Ecatepec, y el poniente de Chimalhuacán y Texcoco. Las tierras

salitrosas del Lago se vieron convertidas en enormes fraccionamientos donde actualmente viven millones de personas. Tan sólo el municipio de Nezahualcóyotl alberga una población superior a un millón 300 mil habitantes, en una superficie de 66 kilómetros cuadrados.

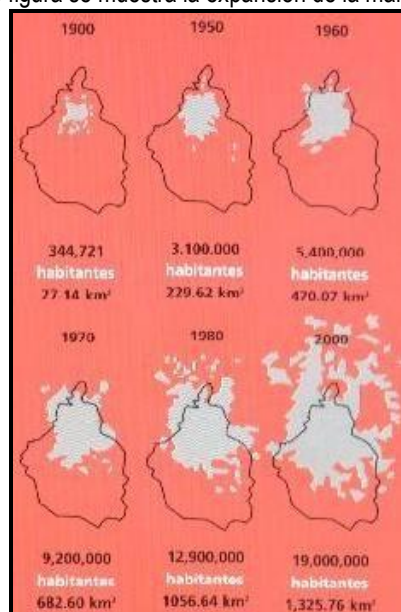
En la década de los sesentas del siglo XX, Ciudad Nezahualcóyotl se convirtió una de las zonas más marginadas del área metropolitana de la Ciudad de México; actualmente los cinturones de miseria se han trasladado todavía más a las orillas, en zonas de Ixtapaluca, Chicoloapán, Texcoco, Atenco y Chalco. A la fecha, estas zonas funcionan en general como ciudad-dormitorio, dado que la mayor parte de las fuentes de trabajo se localizan en el centro del área metropolitana.

Tabla IV.97 Evolución demográfica quinquenal 1990-2010 de la ZMVM.

Evolución quinquenal 1990- 2010 de la población de la ZMVM		
Censo	Población	Tasa %
1990	15 563 795	-
1995	17 297 539	11,1
2000	18 396 677	6,4
2005	19 239 910	4,6
2010	20 116 842	4,6

Fuente: INEGI, 2010.

Cabe señalar que demográficamente las delegaciones del Distrito Federal crecieron a un ritmo mucho menor que los municipios conurbados. En la siguiente figura se muestra la expansión de la mancha urbana en 100 años.



Fuente: ZMVM, Laboratorio de la Ciudad de México, 2000.

Figura IV.103 Expansión de la mancha urbana en los 100 años

En la siguiente tabla se muestra que la población en los municipios mexiquenses conurbados se ha incrementado 14 veces en el periodo y el municipio hidalguense 11 veces, en contraposición a las delegaciones cuyo incremento en el mismo periodo ha sido de sólo 2 veces. Se aprecia también que la población total que recibirá el impacto social y económico de la operación del Proyecto, asciende en el año 2010 a poco más de 20 millones de personas.

Tabla IV.98 Evolución poblacional de la ZMVM diferenciada entre municipios y delegaciones y población total del All al 2010.

	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2005	2010	% de incremento	Número de veces
59 municipios Edo. México	472,346	807,389	2,399,038	5,609,725	7,297,758	8,769,175	9,745,094	10,462,421	11,168,301	1,372	14
1 municipio Hidalgo	5,096	6,037	8,703	16,454	30,293	39,357	46,344	56,573	97,461	1,071	11
16	3,050,442	4,870,876	6,874,165	8,831,079	8,235,744	8,489,007	8,605,239	8,720,916	8,851,080	182	2

	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2005	2010	% de incremento	Número de veces
Delegaciones del D.F.											
<b>Población ZMVM</b>	3,527,884	5,684,302	9,281,906	14,457,258	15,563,795	17,297,539	18,396,677	19,239,910	20,116,842	352	4

Fuente: Actualización propia con base en COESPO, INEGI y CONAPO 2010.

Población total en los municipios y delegaciones que comprende el AID

Como se observa en la siguiente tabla de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, los municipios de Ecatepec y Nezahualcóyotl albergan al 70% de los habitantes del AID del Proyecto; y la distribución de la población en cuanto al género no difiere de forma importante de la distribución estatal, con una presencia de 1.02 mujeres por cada hombre.

Tabla IV.99 Estructura de la población por género a nivel municipal en el AID, 2010.

Municipio	Hombres	Mujeres	Total	% del total
Atenco	27,933	28,310	56,243	1.4
Chimalhuacán	302,297	312,156	614,453	16
Ecatepec de Morelos	849,664	806,443	1,656,107	42
Nezahualcóyotl	536,943	573,622	1,110,565	28
Texcoco	115,648	119,503	235,151	6
<b>Total de municipios AID</b>	<b>1,789,264</b>	<b>1,883,255</b>	<b>3,672,519</b>	<b>93</b>

Destaca en el cuadro anterior que únicamente el municipio de Atenco es de carácter netamente rural mientras que el resto de los municipios son de carácter urbano. Por otro lado, los municipios del Estado de México y Delegaciones Políticas del Distrito Federal colindantes con el Proyecto son también mayormente de carácter urbano con la excepción de Chiautla, Chiconcuac y Tezoyuca.

Tabla IV.100 Distribución y crecimiento de la población en municipios y delegaciones en el AID y municipios y delegaciones colindantes.

Municipio/delegación	AID / Colindante	2000	2005	2010	TMCA
Atenco	AID	34, 435	42, 739	56,243	1.6
Chimalhuacán	AID	490, 772	525, 389	614,453	1.3
Ecatepec de Morelos	AID	1, 622, 697	1, 688, 258	1,656,107	1.0
Nezahualcóyotl	AID	1, 225, 972	1, 140, 528	1,110,565	0.9
Texcoco	AID	204, 102	209, 308	235,151	1.2
Chiautla	Colindante	19, 620	22, 664	26 191	1.3
Chicoloapan	Colindante	77, 579	170, 035	175,053	2.3
Chiconcuac	Colindante	17, 972	19, 656	22,819	1.3
Tezoyuca	Colindante	18, 852	25, 327	35 199	1.9
<i>Sub-total Estado de México</i>		<i>3, 712, 001</i>	<i>3, 843, 904</i>	<i>3, 931, 781</i>	<i>1.1</i>
D. Gustavo A. Madero	Colindante	1, 235, 542	1, 211, 202	1, 168, 120	0.9
D. Venustiano Carranza	Colindante	462, 806	453, 356	438, 504	0.9
<i>Sub-total delegaciones</i>		<i>1, 698, 348</i>	<i>1, 664, 558</i>	<i>1, 606, 624</i>	<i>0.9</i>

Fuente: INEGI, 2010.

Se observa que el incremento poblacional en la última década es decreciente para Nezahualcóyotl el cual se asemeja al de las delegaciones debido a su carácter urbano, a diferencia de los municipios de Tezoyuca, Chicoloapan y Atenco cuyos crecimientos superiores al promedio de la zona, son todavía característicos del ámbito rural.

Población en las localidades de las áreas de influencia directa e indirecta del Proyecto

Como ya se dijo, no existen asentamientos humanos permanentes o regulares dentro del área del Proyecto. Sin embargo, los municipios del AID contienen importantes localidades urbanas. Entre ellas se eligen, para presentar de manera sintética, en primer lugar aquellas que destacan por su tamaño y cercanía con el área del Proyecto y en segundo aquellas que siendo muy pequeñas, destacan por su proximidad a dicha área.

Se considera que durante el periodo de construcción, estimado para la primera etapa en casi 5 años, la intensidad de los impactos será mayor y previa en las comunidades de Chimalhuacán con 612 mil 383 habitantes; Ecatepec de Morelos (colonias Jardines de Morelos y Sosa Texcoco) con 1 millón 655 mil 15 habitantes; Texcoco con 105 mil 165 habitantes; San Salvador Atenco con 17 mil 124 habitantes; Ciudad Nezahualcóyotl (colonias La Florida, Cd. Azteca y otras) con 1 millón 104 mil 585 habitantes; Chiautla con 26 mil 191 habitantes; Chicoloapan con 175 mil 53 habitantes; Chiconcuac con 22 mil 819 habitantes; y Tezoyuca con 35 mil 199 habitantes, lo cual suma 3 millones 494 mil 272 personas directa e indirectamente beneficiadas (ver en la siguiente tabla).

Tabla IV.101 Principales localidades en términos demográficos de los municipios en que se ubica el área del Proyecto.

Localidad	Municipio	Población	Colindancia al
Chimalhuacán	Chimalhuacán	612,383	Sur-Sureste
Ecatepec de Morelos (colonias Jardines de Morelos y Sosa Texcoco)	Ecatepec	1,655,015	Norte-Noroeste
Ciudad Nezahualcóyotl (colonias La Florida, Cd. Azteca y otras)	Nezahualcóyotl	1,104,585	Oeste
Texcoco	Texcoco	105,165	Este
San Salvador Atenco, cabecera municipal.	San Salvador Atenco	17,124	Este
<b>Total</b>		<b>3,494,272</b>	

Fuente: INEGI, 2010.

A continuación se particularizan las condiciones demográficas de los principales municipios del AID y sus localidades. Se presenta una tabla por cada municipio, con las localidades demográficamente más importantes y las más cercanas al área del Proyecto.

#### Municipio de Atenco

Hay 16 localidades en el municipio de Atenco, siendo la cabecera municipal, San Salvador Atenco, el lugar de residencia del 30% de la población y única localidad con casi 17,124 habitantes en 2010. En total el municipio cuenta con 4 centros urbanos, incluida la cabecera municipal que agrupan al 62% de los pobladores. Al respecto (ver en la siguiente tabla) que presenta tanto las localidades más grandes como las más cercanas al área del Proyecto.

Tabla IV.102 Distribución de la población del municipio de Atenco por localidad mayor y más cercana al predio del Proyecto (2010).

Localidad	Población Total	Porcentaje
San Salvador Atenco	17,124	30
San Cristóbal Nexquipayac	6,661	12
La Pastoría	5,135	9
Granjas Ampliación Santa Rosa	5,821	10
Ejido la Magdalena Panoaya	2,544	5
Francisco I. Madero	636	1

Fuente: INEGI, 2010.

#### Municipio de Chimalhuacán

El municipio de Chimalhuacán cuenta con una población total de 614 mil 453, misma que se aglutina casi en su totalidad en la cabecera municipal Chimalhuacán con 612 mil 383 habitantes en 2010.

#### Municipio de Ecatepec de Morelos

Ecatepec se constituye de 4 localidades, no obstante, la población presenta una alta concentración en la cabecera municipal, Ecatepec de Morelos, donde habita el 99.9 por ciento de la población: 1 millón 655 mil 15 personas, por lo que se cataloga como urbana.

#### Municipio de Nezahualcóyotl

El municipio de Nezahualcóyotl cuenta con 7 localidades, siendo la cabecera municipal Ciudad Nezahualcóyotl, el lugar de residencia de prácticamente la totalidad de la población con 1 millón 104 mil 585 habitantes en 2010, lo que la convierte en localidad urbana, además de la Colonia Gustavo Baz Prada con 3 mil 291 habitantes. En el otro extremo tiene 5 localidades rurales con 5,980 personas. El municipio es una población netamente urbana.

Municipio de Texcoco

El municipio de Texcoco, registra 72 localidades de las cuales Texcoco de Mora, cabecera municipal, concentra casi el 45 por ciento de la población con 105 mil 165 habitantes (ver en la siguiente tabla) y se presentan tanto las localidades más grandes como las más cercanas al predio del Proyecto, por considerárseles las más directamente relacionadas con el mismo. Las 4 localidades más importantes demográficamente, reúnen al 66 por ciento de la población.

Tabla IV.103 Distribución de la población del municipio de Texcoco por localidad mayor y/o más cercana al área del Proyecto.

Localidad	Población total	Porcentaje
Texcoco de Mora	105,165	44.7
San Miguel Coatlinchán	22,619	9.6
Santa María Tulantongo	15,584	6.6
Santiago Cuautlalpan	12,336	5.2
Colonia Lázaro Cárdenas	1,822	0.8
Lázaro Cárdenas	1,263	0.5
Ejido San Felipe	427	0.2
Colonia San Judas Tadeo (Ejido de Riva Palacio)	117	0.05
Colonia San Judas Tadeo (Ejido de Riva Palacio)	117	0.05
Ejido Santa Úrsula (El Colorado)	115	0.05
San Isidro	110	0.05
San Andrés (La Alcanforera)	43	0.02
Santa Cruz de la Constanca	41	0.02
San Miguel Tocuila	n.d.	n.d.

Nota: No determinado n.d.  
 Fuente: INEGI, 2010.

⊕ Características poblacionales del AID

Población por grupos de edad

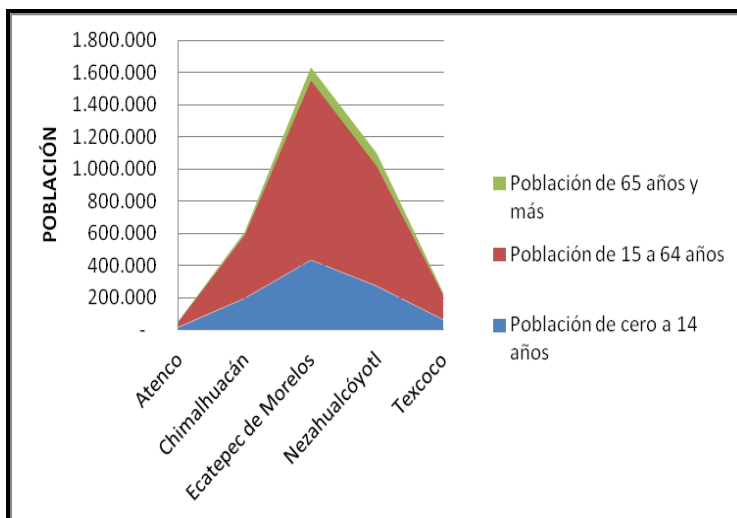
Se presentan los 5 municipios en los que se ubica parcialmente el área del Proyecto como representativos del conjunto del AID. Se estima que el comportamiento poblacional es semejante en los municipios colindantes. En relación con los 3 grandes grupos de edad, los municipios presentan una distribución similar (ver en la siguiente tabla y gráfica)

De modo general, destaca el 67 por ciento de la población entre 15 y 64 años, con 2 millones 453 mil 364 personas, en relación con la posibilidad de aportación de mano de obra para el desarrollo del Proyecto en todas sus etapas y sobre todo en relación con las oportunidades de empleo inmediato para ellos, dada la magnitud en recursos financieros y en tiempo del Proyecto, lo cual significará una derrama económica importante para la región y sus pobladores.

Tabla IV.104 Estructura de la población del AID por edades 2010.

Municipio	Total	De 0 a 14 años	%	De 15 a 64 años	%	De 65 años y más	%
Atenco	56,243	17,399	2	35,647	2	2,390	1
Chimalhuacán	614,453	197,162	20	395,912	16	17,169	9
Ecatepec de Morelos	1,656,107	434,868	44	1,120,357	46	80,099	42
Nezahualcóyotl	1,110,565	271,947	28	746,255	30	78,397	41
Texcoco	235,151	63,678	7	155,193	6	12,116	6
<b>Porcentaje de la población por grupo de edad</b>							
<b>Total</b>	<b>3,672,519</b>	<b>985,054</b>	<b>27</b>	<b>2,453,364</b>	<b>67</b>	<b>190,171</b>	<b>5</b>

Fuente: INEGI, 2010.



Fuente: INEGI, 2010.

Gráfica IV.15 Estructura de la población 2010.

#### ⊕ Tasas de fecundidad

El Estado de México presenta una de las tasas de fecundidad más bajas del país. A nivel estatal se ubica en el lugar 28 de 32, con 2.3 hijos por mujer, por debajo del promedio nacional de 2.4. Para los municipios del AID las tasas son de magnitudes similares e incluso inferiores a las estatales en los municipios más urbanos como Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán. Por su mayor presencia de población rural, en Atenco y Texcoco las tasas de crecimiento de fecundidad son más altas.

#### Densidad Poblacional

Cabe destacar que los municipios que conforman el AID se encuentran entre los más densamente poblados del país. A nivel nacional Ecatepec y Nezahualcóyotl se encuentran entre los primeros lugares en cuanto a densidad poblacional, llegando a sobrepasar hasta 27 veces la densidad de población estatal. Lo contrario ocurre con el municipio de Texcoco cuyas características más rurales y su amplia extensión territorial dan por resultado una densidad poblacional menor al promedio estatal. (Ver siguiente tabla)

Tabla IV.105 Densidad de Población en los municipios y delegaciones de las AID y All en 2010.

Municipio	Población	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densidad (hab./km <sup>2</sup> )
Atenco	56,243	12.58	4,471
Chimalhuacán	614,453	33.68	18,244
Ecatepec de Morelos	1,656,107	126.17	13,126
Nezahualcóyotl	1,110,565	62.00	17,912
Texcoco	235,151	418.69	562
<b>Total Municipios AID</b>	<b>3,672,519</b>	<b>653.12</b>	<b>5,623</b>
Estado de México	15,175,862	22,351	679
DF	8,851,080	1,495	<b>5,920</b>
México	112,336,538	1,972,550	57

Fuente: INEGI, 2010.

Sin embargo, parte del AID está conformada por 2 delegaciones del DF y el municipio de Nezahualcóyotl, cuya densidad poblacional se cuenta entre las más altas del mundo. En cuanto a esta situación, se hace necesario generar políticas públicas para controlar el incremento de la población en estas áreas a partir del desarrollo del Proyecto (ver siguiente gráfica).

### Población indígena

La presencia de población indígena en los municipios del AID es menor proporcionalmente a la del Estado de México pues solamente un 4.9% de la población tiene algún origen indígena o habla una lengua indígena. A nivel estatal, esta proporción es de 6.5%. Estos 5 municipios tienen 77 localidades consignadas en el Catálogo de Localidades Indígenas (CONAPO, 2010). En términos absolutos, las localidades con mayor población presentan mayor cantidad de población indígena. Sin embargo, Chimalhuacán es el municipio con mayor proporción de este tipo de población, destacando su cabecera municipal con el 9.6%.

Tabla IV.106 Población de Origen Indígena en los principales municipios del AID.

Municipio	Población	Población indígena	% de población indígena	Localidades con población indígena
Atenco	56,243	2,443	4.3	13
Chimalhuacán	614,453	58,724	9.6	5
Ecatepec de Morelos	1,656,107	68,618	4.1	4
Nezahualcóyotl	1,110,565	37,217	3.4	6
Texcoco	235,151	11,885	5.1	49
<b>Total</b>	<b>3,672,519</b>	<b>178,887</b>	<b>4.9</b>	<b>77</b>

Fuente: Elaboración propia actualizada con (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2010).

Cabe destacar que el Consejo Estatal para el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas del Estado de México (CEDIPIEM) no considera a ninguno de los municipios del AID con población indígena originaria; la mayor parte de esta población proviene de otras entidades u otros municipios del Estado de México. El Consejo Estatal de Población (COESPO) observa que la mayoría de los indígenas migrantes provenientes de otras entidades eligen los municipios de Ecatepec, Naucalpan, Chimalhuacán, Nezahualcóyotl y Valle de Chalco Solidaridad.

#### IV.5.1.3 Proyecciones de población

Se estima que los municipios del AID continuarán con una tasa de crecimiento decreciente pero positiva. Para el periodo 2010-2030 el crecimiento esperado para estos 5 municipios es de 1 por ciento anual, mientras que para el periodo 1990-2010 la tasa fue de 1.2 por ciento. El municipio que crecerá más aceleradamente será el que actualmente es el menos poblado, Atenco, que entre 2010 y 2030 estará experimentando un crecimiento de 1.9 por ciento anual, lo cual está por encima de las expectativas del Estado de México en su conjunto con 1.3 por ciento. Por otro lado, Nezahualcóyotl será el de menor crecimiento poblacional con una tasa decreciente de solo 0.8 por ciento anual.

Tabla IV.107 Proyección del crecimiento poblacional en principales localidades relacionadas con el AID.

Municipio	Base (2010)*	2015	TMCA % 2010 - 2015	2020	TMCA % 2015- 2020	2025	TMCA % 2020- 2025	2030	TMCA % 2025-2030
Atenco	57,673	67,688	3.25	74,056	1.39	79,292	1.08	83,897	0.89
Chimalhuacán	630,611	704,538	2.24	766,789	1.34	823,790	1.14	875,798	0.97
Ecatepec de Morelos	1,699,615	1,760,705	0.71	1,859,266	0.88	1,955,431	0.80	2,039,602	0.66
Nezahualcóyotl	1,139,517	1,174,479	0.61	1,231,478	0.77	1,286,462	0.69	1,334,201	0.57
Texcoco	241,175	265,492	1.94	285,130	1.12	302,223	0.92	317,032	0.75
<b>Total</b>	<b>3,768,591</b>	<b>3,972,902</b>	<b>1.06</b>	<b>4,216,720</b>	<b>1.20</b>	<b>4,447,198</b>	<b>1.07</b>	<b>4,650,531</b>	<b>0.90</b>

Fuente: Elaboración propia actualizada con (CONAPO, 2012).

\*El total de la población del año base (2010) difiere ligeramente de lo expresado en cuadros anteriores porque la fuente es el CONAPO.

Es posible que la realización del Proyecto tenga una influencia sobre el crecimiento de estos municipios de manera temporal (durante la construcción) y de forma permanente (durante la operación). En el caso de la operación, los municipios más cercanos al aeropuerto pueden atraer a los empleados directos del Proyecto y de los servicios conexos así como nuevos residentes con actividades indirectamente relacionadas mediante la provisión de bienes y servicios a estas personas y el resto de las actividades



### Índice de marginación urbana

El índice de marginación (CONAPO, 2010) está concebido como medida que dé cuenta de las carencias de la población y se constituye con indicadores de déficit capaces de describir la situación en que se encuentran las personas. Para los indicadores socioeconómicos se consideran 4 dimensiones esenciales de la marginación urbana; incorpora indicadores de carencias en el acceso a la educación, la salud, el disfrute de un hábitat adecuado en viviendas y la disponibilidad de bienes de primera necesidad. Ofrece una aproximación integral a las condiciones socioeconómicas del área de estudio.

A continuación se muestran las condiciones de marginación de los municipios del AID, donde se observa que el grado de marginación en Atenco y Chimalhuacán se considera bajo y para Nezahualcóyotl, Texcoco y Ecatepec, muy bajo.

Tabla IV.108 Grado de marginación municipal.

Municipio	Atenco	Chimalhuacán	Ecatepec	Nezahualcóyotl	Texcoco
% Población 15 años o más sin primaria completa	13.35	16.83	11.01	11.50	11.49
% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	5.74	8.77	2.38	0.48	10.18
% Viviendas con algún nivel de hacinamiento	48.34	54.21	33.87	36.28	35.50
% Población en localidades con menos de 5mil habitantes	38.23	0.34	0.07	0.54	10.57
% Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	40.64	40.2	37.29	31.12	34.27
Grado de marginación	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Lugar en contexto nacional	2,101	2,097	2,352	2,375	2,308

Destacan el grado de carencias los siguientes indicadores: la población de 15 años o más sin primaria completa en los 5 municipios alcanza del 10 al 17 por ciento; el porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento en todos los casos se encuentra por arriba del 33 por ciento; además de que hasta el 10% de los habitantes de Texcoco carece de agua entubada. El único municipio con una importante porción de sus habitantes en localidades menores de 5,000 habitantes, es Atenco con 38.2%. Finalmente, la población ocupada con un ingreso máximo de 2 salarios mínimos oscila entre el 31 y casi el 41%. No obstante lo anterior, los 5 municipios del AID se encuentran en el 20% de menor marginación en el país.

#### Municipio de Atenco

El Índice de marginación señala que existen 4 localidades de Atenco con un alto grado de marginación, donde habita el 17% de la población; 3 localidades con un grado medio de marginación, y en ellas habita el 7% de la población municipal; en 5 localidades el grado de marginación es bajo, en estas se encuentra el 17% de los habitantes del municipio y, finalmente, 4 localidades en donde se asienta el 59% de los habitantes, presentan un grado muy bajo de marginación.

En su conjunto, el CONAPO evaluó el municipio con un grado bajo de marginación, ubicándose en el lugar 2101 en todo el país. El Municipio de Atenco alcanzó un grado de marginación de -1.1095, menor que el promedio estatal. El cual es de -0.62.

#### Municipio de Chimalhuacán

En su conjunto, el municipio de Chimalhuacán también se evaluó con un grado bajo de marginación. Las localidades de Pista Aérea y Chimalhuacán tienen un bajo grado de marginación, mientras que las localidades de Zapotla, Xochiaca Parte Alta, La Pista de los Corredores y Colonia Nueva de Guadalupe La Palma están en grado alto de marginación.

#### Municipio de Ecatepec de Morelos

En relación con el nivel de vida de los habitantes del Municipio de Ecatepec de Morelos, los índices de marginación indican que 5 localidades se ubican en el grado de alta marginación, 1 en el grado medio, una más en el grado bajo, y la

cabecera municipal Ecatepec de Morelos reporta un muy bajo grado de marginación. En su conjunto, el municipio se evaluó con un grado muy bajo de marginación, ubicándose en el lugar 2,347 de 2,454 municipios en todo el país. Al alcanzar un índice de -1.61, resulta con menor grado de marginación que el promedio estatal de -0.62, que se ubica en el grado bajo de marginación.

#### Municipio de Nezahualcóyotl

Con relación a los habitantes del Municipio de Nezahualcóyotl, los resultados señalan que existen 3 localidades con un muy alto grado de marginación, en donde habita el 0.03% de la población municipal, debido principalmente a la carencia de bienes y en especial de refrigerador. La Cabecera Municipal presenta un grado muy bajo de marginación, y en ella habita el 99.6% de la población del municipio.

En su conjunto, el municipio se evaluó con un grado muy bajo de marginación. Al alcanzar un índice de -1.72, resulta con menor grado de marginación que el promedio estatal de -0.62, que igualmente se ubica en un grado de baja marginación.

#### Municipio de Texcoco

En relación con los habitantes del Municipio de Texcoco, el índice de marginación elaborado por el CONAPO en 2010 reporta el grado de marginación en 59 de 70 localidades. Los resultados señalan que existen 21 localidades con un alto grado de marginación, cifra que equivale al 36% de las localidades estudiadas, y en donde habita el 3.3% de la población municipal. Un total de 12 localidades (20% del total), presentan un grado medio de marginación, y en ellas habita el 1.3% de la población del municipio. En 13 localidades (22% del total), el estudio de la CONAPO considera que el grado de marginación es bajo, resultando un indicador positivo para el 15.8% de los habitantes del municipio. Finalmente, 13 localidades incluida la cabecera municipal, en donde se asienta el 79.5% de los habitantes, presentan un grado muy bajo de marginación.

#### ⊕ Migración

Los municipios comprendidos en el AI, con excepción de Atenco y Texcoco, atraen una gran cantidad de migrantes de otras entidades del país. Esto se debe a que las áreas urbanas presentan, en general, mayores oportunidades de empleo y una mejor calidad de vida, lo cual se aprecia en las condiciones de marginación expuestas, las cuales son menores en las grandes localidades urbanas de Ecatepec, Ciudad Nezahualcóyotl y Chimalhuacán. Éstos 3 municipios, tienen una proporción de migrantes mucho más alta que el Estado de México en su conjunto y que el país en general.

El 54% de los habitantes de los 5 municipios del AI, nació fuera del Estado de México. Cabe destacar que en los dos municipios de estudio más poblados, Ecatepec y Nezahualcóyotl, más del 50% de sus habitantes provienen de fuera de la entidad, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV.109 Indicadores de Migración.

Municipio	Población 2010	Nacida en la entidad	Nacida fuera de la entidad	% nacida fuera de la entidad
Atenco	56,243	40,468	15,775	28
Chimalhuacán	614,453	333,465	280,988	46
Ecatepec de Morelos	1,656,107	710,306	945,801	57
Nezahualcóyotl	1,110,565	445,470	665,095	60
Texcoco	235,151	164,708	70,443	30
<b>Total</b>	<b>3,672,519</b>	<b>1,694,417</b>	<b>1,978,102</b>	<b>54</b>
Estado de México	15,175,862	9,341,942	5,833,920	38
DF - Pendiente				

Fuente: Elaboración propia actualizada con (INAFED, 2010).

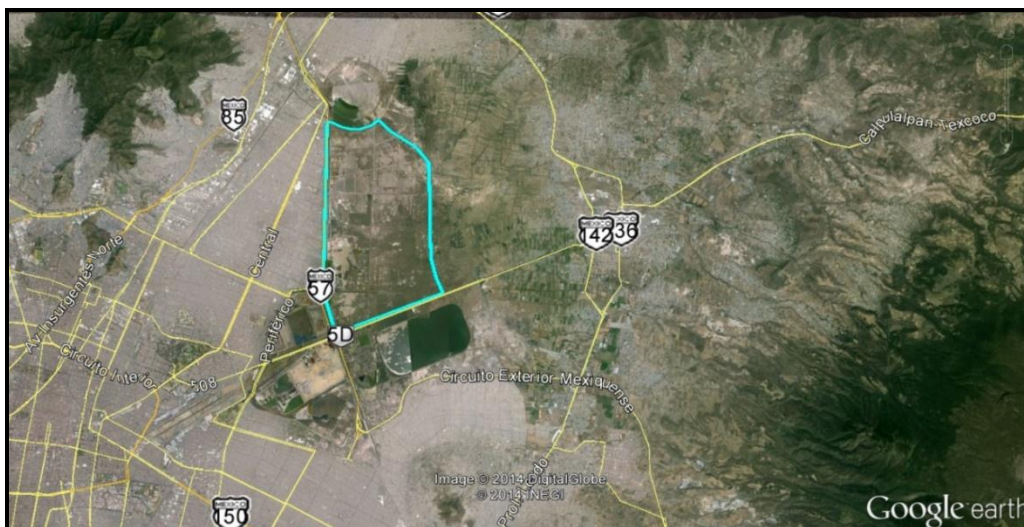
#### ⊕ Equipamiento

El área del Proyecto presenta únicamente equipamiento de control hidráulico. No existe dentro esa zona ninguna otra infraestructura y el equipamiento de vial es básicamente de tipo brecha y terracería. Por otro lado, los municipios del

AID, tienen todo tipo de equipamiento urbano que permite a sus habitantes acceder a bienes y servicios con relativa facilidad.

#### ⊕ Vías de comunicación y transporte

En la periferia del área del Proyecto, que se encuentra densamente poblada, existen varias vías de comunicación de primer orden con una infraestructura carretera bien establecida, hasta con 4 carriles, camellón y áreas de acotamiento vehicular con un aforo mayor a 1,220 vehículos automotores por hora. Las principales vialidades colindantes son las carreteras de cuota Peñon-Texcoco al Sur y 57D Circuito Exterior Mexiquense al Oeste. Otras vialidades importantes cercanas, aunque no colindantes, son la Carretera 142 que va de Texcoco a Ecatepec al Este y Norte del Sistema Ambiental y al Norte la Autopista México-Pirámides. Los municipios, sus cabeceras y la casi totalidad de las comunidades del AID se encuentran bien comunicadas.



Mapa IV.36 Vialidades principales de acceso al Proyecto.

Aun cuando en el AID existen planes de desarrollo urbano, el crecimiento de los asentamientos se realiza de acuerdo a los requerimientos y necesidades inmediatas de la comunidad o de carácter individual, de tal manera que existen asentamientos irregulares con carencia de servicios.

#### ⊕ Organizaciones sociales

Los municipios parcialmente cubiertos por el área del Proyecto, al ser predominantemente urbanos, cuentan con varias organizaciones de tipo político, social, cultural, de derechos humanos y económicos. De todas ellas es importante resaltar al Frente de Pueblos en Defensa de la Tierra (FPDT) con sede principal en San Salvador Atenco, municipio de Atenco.

Esta organización de origen campesino nació en 2001 a raíz de que el Gobierno Federal pretendió construir el nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México mediante la expropiación de predios principalmente de los municipios de Atenco y Texcoco; sin embargo, hubo insatisfacción de la población debido a la oferta de pago por los terrenos realizada por la autoridad, de tal modo que los habitantes impidieron la obra mediante un movimiento de resistencia civil que obligó al gobierno a suspender definitivamente la construcción.

Posteriormente, 5 años después, en mayo de 2006 los gobiernos estatal y municipal impidieron que un grupo de vendedores de flores se reinstalara en una de las calles principales. Los floricultores pidieron el apoyo del FPDT, quienes protagonizaron algunos incidentes violentos por lo que fueron detenidas 211 personas. A partir de 2009 el Comité Libertad y Justicia para Atenco lanzó la Campaña Nacional e Internacional Libertad y Justicia para Atenco, iniciativa civil y pacífica con la participación de escritores, artistas, organizaciones civiles y de derechos humanos así como ciudadanos.

Cabe destacar que el FPDT está aliado a otros movimientos de carácter nacional como el EZLN, el Frente Popular Francisco Villa y el movimiento #yosoy132. Es importante subrayar, que aun cuando el predio del Proyecto no abarca tierras o recursos vinculados al FPDT, la importancia de un manejo cuidadoso y políticamente adecuado que considere los intereses de sus representados -en principio la población local, es fundamental, a fin de disuadir una oposición tal que impida el buen desarrollo del Proyecto, dados los precedentes y los grupos aliados, de clara tendencia de izquierda y antigubernamental.

Existen también algunas organizaciones sociales que tienen como misión el cuidado y conservación del área del Lago de Texcoco, en particular su protección como zona de humedales y sitio de anidación y visita de aves migratorias. Entre ellas destacan:

- Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C. (CIPAMEX): Asociación civil, sin fines de lucro, cuyo objetivo principal es el estudio y conservación de las aves de México y sus hábitats. En la actualidad, agrupa a la mayoría de los ornitólogos, estudiantes y conservacionistas interesados en la avifauna mexicana, dentro de los cuales se agrupan académicos de instituciones de investigación científica y educación superior, estudiantes y aficionados.
- Ducks Unlimited de México, A.C. (DUMAC): Organización conservacionista privada sin fines de lucro cuyo objetivo es ayudar a la conservación, protección, restauración y manejo de los humedales de México y sus hábitats asociados, en beneficio de las aves acuáticas migratorias y residentes de Norte América.
- BirdLife International: Alianza global de organizaciones de conservación que enfoca su acción hacia las aves y se constituye como líder de opinión en materia de estatus de las aves, su hábitat y los asuntos y problemas que afectan sus vidas. Son BirdLife International y CIPAMEX quienes en conjunto desarrollaron el Proyecto para elevar la calidad de las áreas de importancia para las aves (Important Bird Areas (IBA)) (antes AICA) en el Lago de Texcoco. Debido a lo limitado del Proyecto y el poco porcentaje que abarca dentro del Sistema Ambiental, no se espera que estas u otras organizaciones con interés en el Lago de Texcoco impidan el buen desarrollo del mismo.

En el mismo sentido, las actividades de estas organizaciones hacen ver la importancia de las medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales y socioeconómicos.

#### Actividades culturales

Durante el siglo XVII, el Lago de Texcoco fue el cuerpo de agua más importante de la cuenca del Valle de México, sin embargo al desecarse dio como resultado la exposición de su lecho y la desertificación de sus terrenos. A partir de 1971 el programa de mejoramiento ambiental se abocó a la rehabilitación del ecosistema. Gracias a estos trabajos y la belleza escénica del lugar y la proliferación de las aves, han llamado la atención de diferentes sectores de la sociedad, todo lo cual se ha fortalecido a través del programa de educación ambiental dirigido al público en general.

Como parte de este programa, la CONAGUA realiza la celebración "Día de la Fauna Silvestre del Lago de Texcoco" desde 1999; con recorridos por los embalses artificiales para observación de aves migratorias, y actividades sobre difusión y educación ambiental.

El evento tiene lugar anualmente el primer sábado de diciembre debido a que la zona recibe anualmente en promedio 150,000 aves migratorias que viajan a través de la Ruta Migratoria del Centro. A la fecha, han sido identificadas 150 especies de aves, de las cuales 30 corresponden al grupo de aves playeras; siendo éste, un sitio clave de reproducción, hibernación, alimentación y descanso de diversas especies. A éste asisten organizaciones con interés en el Lago de Texcoco, escuelas y universidades de municipios vecinos y está abierto al público en general.

De igual manera, los municipios vecinos tienen una gran variedad de actividades culturales y de esparcimiento para sus habitantes, entre las que destaca la Feria Internacional del Caballo en Texcoco. En 2013, se recibieron más de 400,000 visitantes a los diversos eventos taurinos, musicales, ecuestres y gastronómicos.

#### ⊕ Arqueología

Se efectuaron dos estudios de prospección arqueológica y salvamento en el Ex-Lago de Texcoco. Estos estudios fueron comisionados por Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) y ejecutados por la Dirección de Salvamento Arqueológico del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la Universidad Autónoma de Nuevo León. Los estudios se incluyen en el Anexo VIII.4.14 Estudio de prospección arqueológica, enero 2013 y en el Anexo VIII.4.15 Segunda etapa de los Estudios de prospección arqueológica, septiembre 2013.

La zona de estos estudios comprendió alrededor de 5,000 ha sobre el sitio donde se desplantarán las principales obras del NAICM. Con antecedentes en estudios efectuados en la zona y los usos recientes conocidos, el INAH reconoce que el terreno presenta un historial de intervenciones gubernamentales que han tenido entre sus objetivos principales la forestación del área, la introducción de sistemas de riego para evitar tolvaneras así como para la explotación y experimentación de zonas de cultivo.

Los objetivos de ambos estudios fueron:

- a) Desde el punto de vista institucional: prevenir y evitar afectaciones al patrimonio arqueológico y;
- b) Desde la perspectiva académica: efectuar el registro prehispánico e histórico en el área, proponiendo nuevas aportaciones para definir los asentamientos y distribución espacial en el lugar, partiendo del Formativo al Clásico, Posclásico, Colonial y Contemporáneo.

Después de una investigación bibliográfica y una prospección preliminar en el primer estudio, en el segundo estudio se decidió realizar 4 pozos de sondeo en cada uno de los 28 sitios que se determinaron con mayor potencial arqueológico. En ellos, los hallazgos más importantes fueron 4 ofrendas, consistentes en vasijas completas fragmentadas, algunas esculturas pequeñas en piedra verde, cuentas, artefactos líticos como puntas de flecha raspadores y navajillas prismáticas de obsidiana. Asimismo, se hallaron algunos otros objetos de carácter cerámico, lítico y óseo correspondientes a periodos prehispánicos.

Estos hallazgos, permitieron confirmar la tesis histórica de que los grupos que se establecieron en las cercanías y alrededor del Lago de Texcoco efectuaban diversas actividades como la caza, pesca y recolección de diferentes especies vegetales para diversos usos. Asimismo, asociado a estas actividades, en la zona se realizaban diversos ritos relacionados con el agua, las montañas circunvecinas, eventos astronómicos y ofrecimientos a deidades vinculadas con las labores de la zona.

Por último, el INAH plantea tener una tercera etapa de prospección y salvamento, la cual tendría que ver con la vigilancia durante el proceso de cimentación de las diferentes obras constructivas, especialmente en aquellas que requieran excavaciones profundas pues es posible que, además de otros vestigios prehispánicos, se puedan detectar restos óseos de animales de la época del Pleistoceno.

Al respecto, esto está contemplado en el Artículo 18 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, que dice lo siguiente: "El Gobierno Federal, los Organismos Descentralizados y el Gobierno del Distrito Federal, cuando realicen obras, estarán obligados, con cargo a las mismas, a utilizar los servicios de antropólogos titulados, que asesoren y dirijan los rescates de arqueología bajo la dirección del Instituto Nacional de Antropología e Historia y asimismo entreguen las piezas y estudios correspondientes a este Instituto".

IV.5.1.4 Perfil Económico

**Sector Primario**

**Agricultura**

En el Sistema Ambiental no existe área bajo explotación agrícola normal, por las condiciones extremadamente adversas que presentan los suelos. Solo en algunas áreas de la periferia ubicadas al este de la zona, existen pequeñas parcelas que están siendo explotadas con cultivos tolerantes a las sales como la remolacha forrajera. Además, el romerito que se presenta en forma natural dentro del área, es recolectado por los habitantes de las zonas aledañas. Por último, en algunas áreas que presentan condiciones menos adversas, se están llevando a cabo pruebas de introducción de cultivos tolerantes a las sales, así como investigaciones sobre recuperación de suelos, con el fin de tratar de incorporar algunas áreas de la zona a una explotación agrícola.

**Ganadería**

En las áreas cubiertas con pasto salado y romerito del Nuevo Chimalhuacán, se realiza el pastoreo con ganado bovino y ovino de las diferentes poblaciones circundantes a la zona tales como Boyeros, San Bernardino, San Felipe y Chimalhuacán.

El pastoreo se lleva a cabo en una forma incontrolada, por lo que los beneficios que se obtienen son menores en relación a los que se podrían alcanzar si se llevara a cabo en forma racional mediante un manejo adecuado de las áreas con pasto y controlando la cantidad adecuada de animales que deben de pastorear, de acuerdo a la producción de forraje.

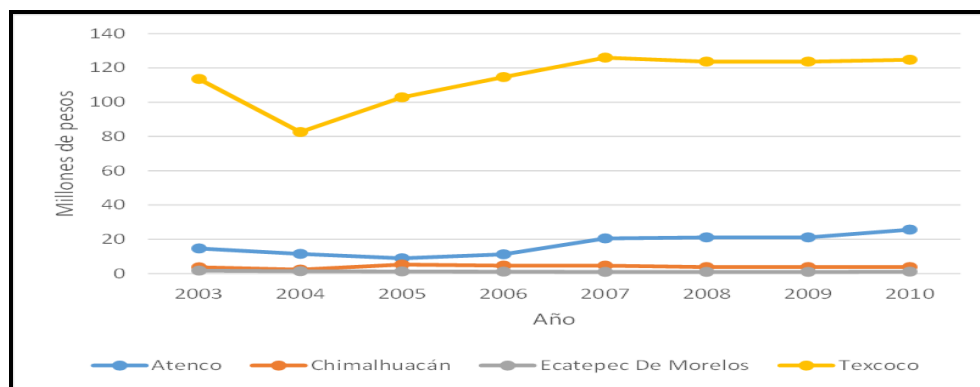
Dentro del AI, el municipio de Texcoco tiene una importante participación en el PIB ya que el valor de su producción agrícola se encuentra por encima de los 100 millones de pesos (mdp), excepto en 2004 donde registra un ciclo agrícola con pérdida total. A partir del 2007 tiene una tendencia constante.

En el caso de Ecatepec y Chimalhuacán, su actividad agropecuaria es poco significativa (ver en la siguiente tabla y gráfica).

Tabla IV.110 Valor de la Producción Agrícola (Millones de pesos).

	Atenco	Chimalhuacán	Ecatepec De Morelos	Texcoco
2003	14.59	3.62	1.67	113.55
2004	11.42	2.35	1.33	82.57
2005	8.95	5.19	1.26	102.86
2006	11.23	4.66	1.12	114.60
2007	20.48	4.58	1.01	125.97
2008	21.06	3.75	0.93	123.71
2009	21.06	3.75	0.93	123.71
2010	25.63	3.77	1.07	124.84

Fuente: Elaboración Propia actualizada con (SAGARPA - SIAP)



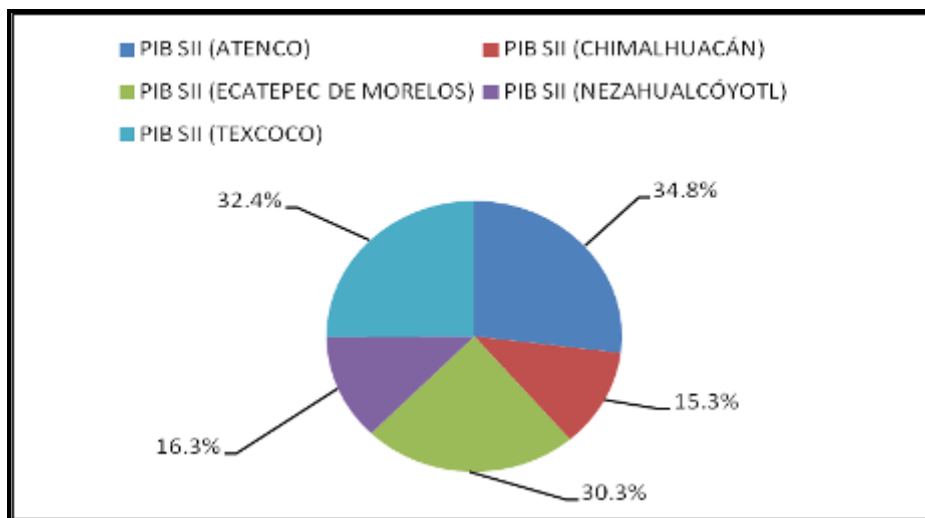
Fuente: Elaboración propia actualizada con (SAGARPA - SIAP).

Gráfica IV.16 Comparativo de los municipios en la evolución del valor de la producción (base 2003).

En el valor de la producción agropecuaria de Atenco, Chimalhuacán, Ecatepec y Texcoco sobresale el municipio de Texcoco, donde una variación en su producción afecta al PIB del sector primario del conjunto. (Ver gráfica anterior).

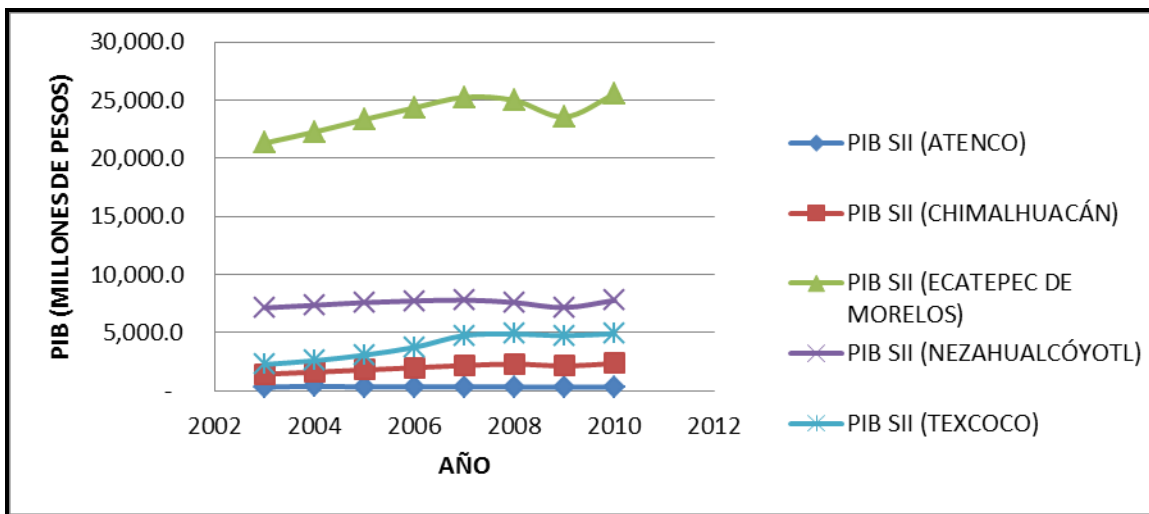
**Sector Secundario**

Se puede observar que para los municipios de Ecatepec, Atenco y Texcoco, el sector secundario representa alrededor del 30% del PIB municipal respectivo y en menor grado, los municipio de Chimalhuacán y Nezahualcóyotl aportan entre 15 y 16.5% (ver siguiente gráfica).



Fuente: Elaboración Propia actualizada con datos (IGESEM 2010).  
 Gráfica IV.17 Estructura porcentual del sector industrial por municipio (2010).

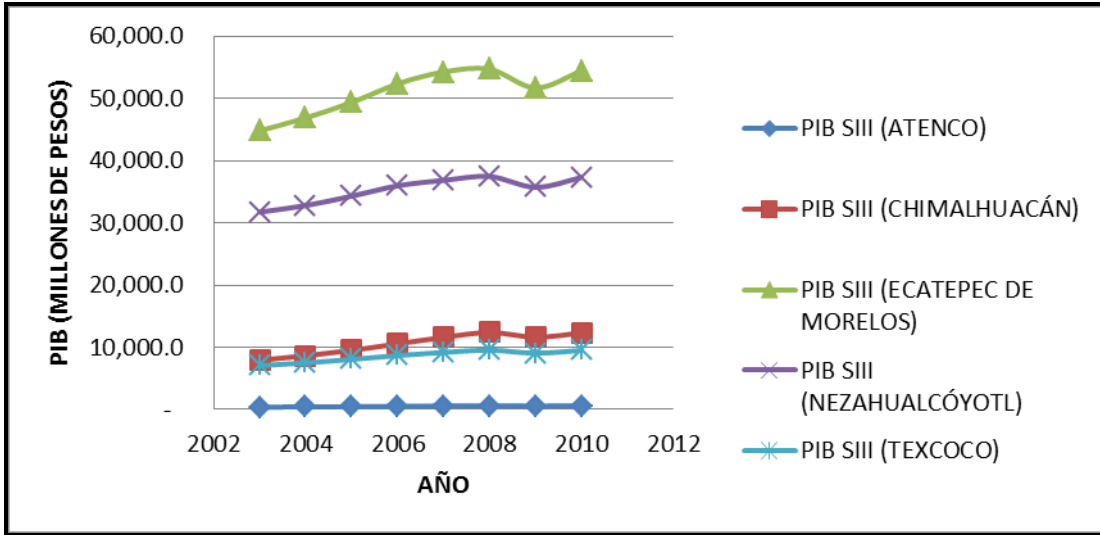
El PIB del sector industrial en el municipio de Atenco es bajo y se ha mantenido en esa condición de 2003 a 2010 al igual que el municipio de Chimalhuacán. Por el contrario Ecatepec presenta un ciclo económico con tendencia creciente de 2003 a 2007, una tendencia decreciente de 2008 a 2009 y finalmente una recuperación a finales del 2009 (ver siguiente gráfica).



Fuente: Elaboración Propia actualizada con datos (IGESEM 2010).  
 Gráfica IV.18 Comparación de la evolución del sector industrial por municipio.

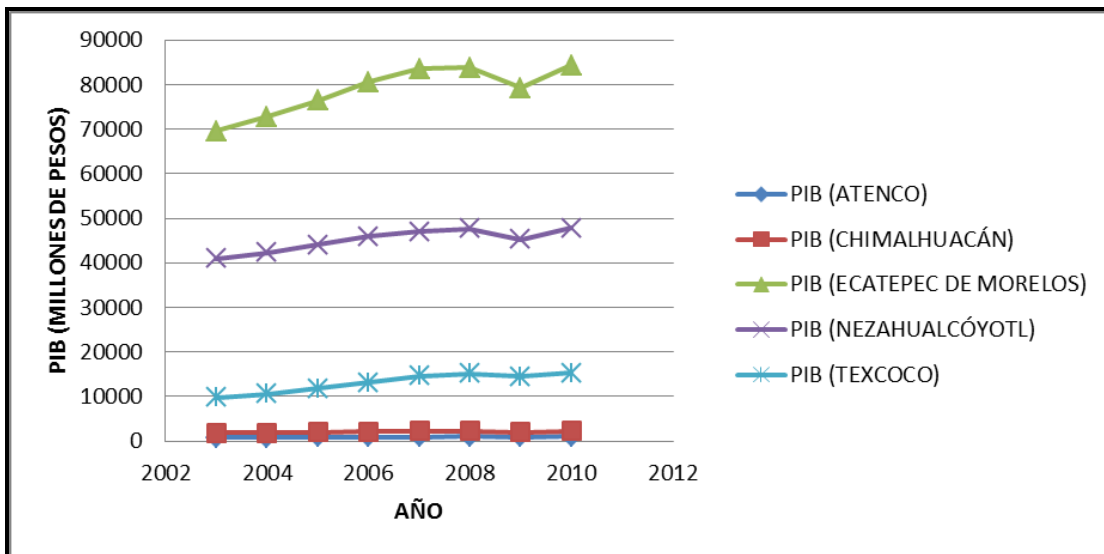
**Sector Terciario**

El sector terciario es el más importante para cada uno de los municipios del AID, dado que aporta alrededor del 60 y 80%, del PIB municipal cuyo valor de la producción representó en Ecatepec 45,000 millones de pesos en 2003 y 54,000 millones de pesos en 2010. Le siguen en importancia por su valor absoluto, Nezahualcóyotl que sobrepasaba los 40,000 millones en 2010 y Chimalhuacán y Texcoco con más de 10,000 millones producidos en servicios en ese mismo año. Por su escasa población y bajo producto general, Atenco se encuentra muy lejos de estos valores.



Fuente: Elaboración Propia actualizada con datos (IGECEM 2010).  
 Gráfica IV.19 Comparación de la evolución del sector servicios por municipio.

En la gráfica siguiente se muestra y compara la evolución del PIB en cada uno de los 5 municipios que integran el AI entre 2003 y 2010.



Fuente: Elaboración Propia actualizada con datos (IGECEM 2010).  
 Gráfica IV.20 Comparativo de los municipios por PIB (base 2003).



### Impacto Económico

Por tratarse de una obra de gran envergadura y que tendrá un funcionamiento que generará una enorme derrama económica, el Proyecto tendrá un impacto económico altamente significativo dentro de las AID y AII.

Se requerirá de mano de obra calificada, semi-calificada y no calificada. Se recomienda que, se contraten trabajadores de los municipios comprendidos en el AID y que el Proyecto se abastezca en la medida de lo posible de proveedores locales. El impacto económico se estima que sea muy grande y su magnitud claramente dimensionable para la economía local, regional y nacional, si se considera una inversión estimada para la etapa inicial, solamente en construcción de \$122,711 millones de pesos y hasta 99,000 millones en otros estudios y proyectos que pueden o no tener un impacto directo en el AID.

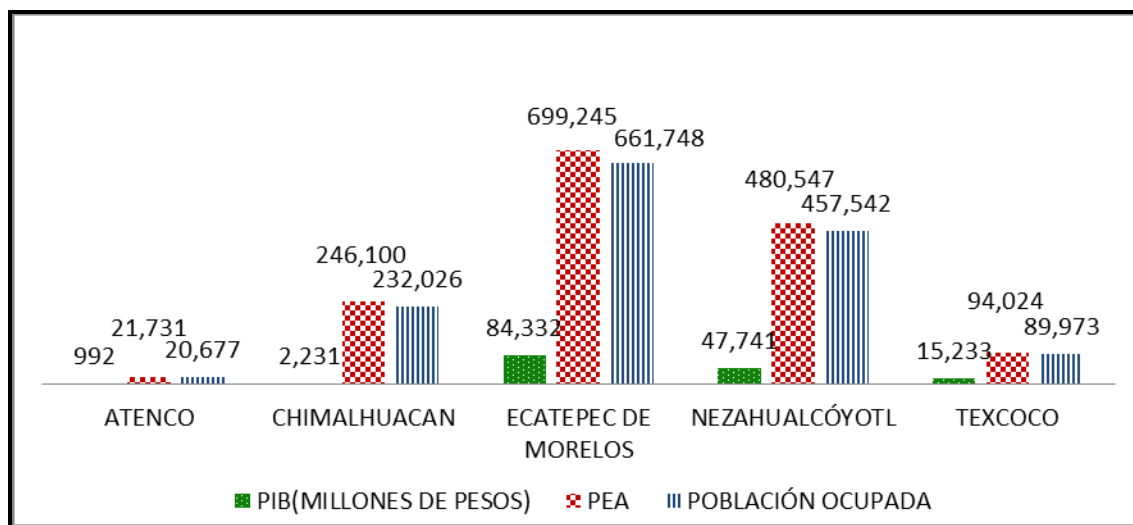
#### IV.5.1.5 Población económicamente activa

Actualmente, la participación en el mercado laboral de los habitantes de los municipios parcialmente cubiertos por el AID es alta en general y en 2010 los niveles de desempleo eran de 5.17%, ligeramente inferior que el promedio nacional que, al cierre de ese año se ubicó en 5.3% tal y como se muestra en la tabla y grafica siguiente.

Tabla IV.111 Población Económicamente Activa.

Municipio	PEA	Ocupada	% de desempleo implícito
Atenco	21,731	20,667	5
Chimalhuacán	246,100	232,026	6
Ecatepec de Morelos	699,245	661,748	5
Nezahualcóyotl	480,547	457,542	5
Texcoco	94,024	89,973	4
<b>Total</b>	<b>1,541,647</b>	<b>1,461,956</b>	<b>5</b>

Fuente: INEGI, 2010.



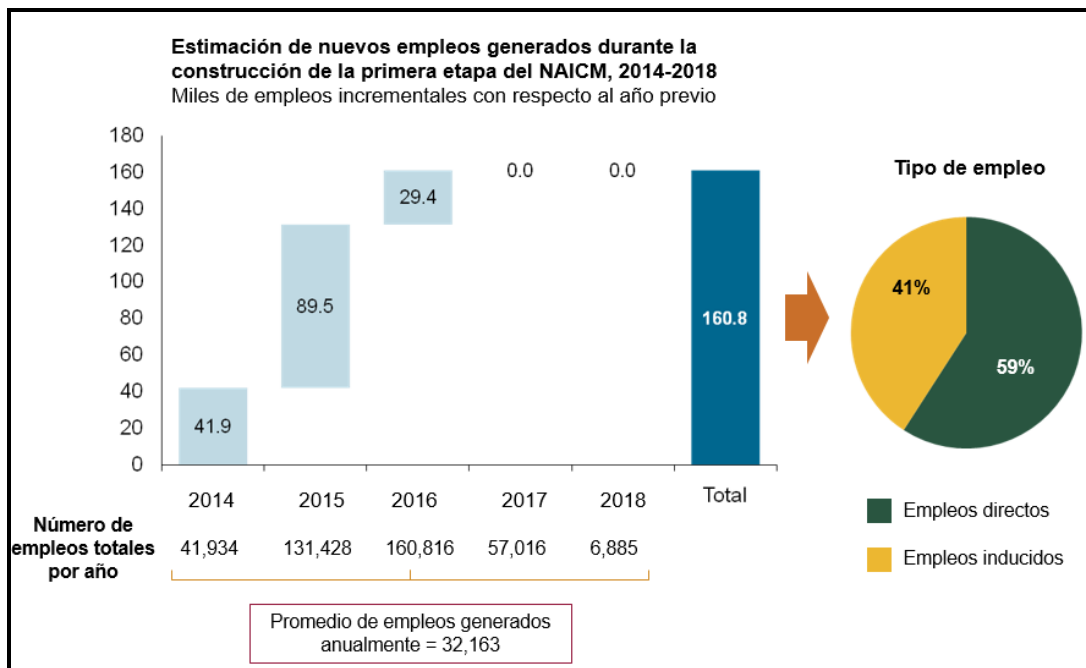
Fuente: Elaboración Propia actualizada con datos (IGECEM, INEGI 2010).

Gráfica IV.21 Comparativa por municipio de PIB, PEA y Población Ocupada (2010).

#### IV.5.1.6 Empleo

Durante la construcción de la primera etapa del aeropuerto (2014-2018), se estima que se generarían alrededor de 160 mil nuevos empleos. El máximo de creación anual de nuevos empleos se alcanzaría hacia el segundo año de

construcción. De estos empleos, aproximadamente 95,000 serían directos y el resto indirectos o inducidos. Lo anterior se muestra en la siguiente figura.



Fuente: Parsons.

Figura IV.104 Estimación de empleo generados por el Proyecto.

El valor de estos 160,800 empleos generados se estima en 26,500 millones de pesos a valor presente de marzo de 2014.

Para estimar los empleos que se generarán durante la operación del NAICM, se puede tomar como base el número de empleados del AICM. Al día de hoy la operación del AICM genera aproximadamente 160 mil empleos, de los cuales 15 por ciento son directos y el resto indirectos e inducidos. De acuerdo con Parsons, un incremento en un millón de pasajeros genera 5,055 empleos (15% directos, 50% indirectos y 35% inducidos). Así pues, en la etapa de máximo desarrollo del NAICM la generación total de empleos podría estaría superando los 600,000.

Tabla IV.112 Proyecciones para la generación de empleos.

Empleos estimados durante la operación NAICM	AICM - 2013	NAICM - 2023	NAICM - 2028	NAICM - 2062
	Aeropuerto Actual	Nuevo Aeropuerto	Nuevo Aeropuerto	Nuevo Aeropuerto
Pasajeros atendidos (MM)	31.5	48.7	57.5	119
Empleos directos	23,885	36,927	43,599	90,232
Empleos indirectos	79,616	123,089	145,331	300,773
Empleos inducidos	55,731	86,162	101,732	210,541
<b>Total de empleos</b>	<b>159,264</b>	<b>246,227</b>	<b>290,720</b>	<b>601,664</b>

Por su cercanía con el Proyecto, las demarcaciones que se verán más beneficiadas por los empleos que genere serán los que se ubican en el AID y algunos otros municipios y delegaciones vecinas. En el mapa siguiente, se muestran estas delegaciones y municipios. Con color amarillo se señala a los municipios del AID y con blanco a los municipios cercanos que pertenecen al AID. Con rojo se delimita al predio del Proyecto.



Figura IV.105 Distribución de municipios y delegaciones aledañas al Proyecto.

⊕ El Área de Influencia Indirecta del Proyecto: la ZMVM

Entidades integrantes de la ZMVM relacionadas con el desarrollo y la operación del Proyecto.

La ZMVM está conformada por 16 delegaciones del DF con 8 millones 851 mil 080 habitantes, 59 municipios del Estado de México con 11 millones 168 mil 301 habitantes y 1 municipio del Estado de Hidalgo con 97 mil 461 habitantes para un total de 20 millones 116 mil 842 habitantes.

⊕ El Área de Influencia Indirecta del Proyecto: la ZMVM

Entidades integrantes de la ZMVM relacionadas con el desarrollo y la operación del Proyecto.

La ZMVM está conformada por 16 delegaciones del DF con 8 millones 851 mil 080 habitantes, 59 municipios del Estado de México con 11 millones 168 mil 301 habitantes y 1 municipio del Estado de Hidalgo con 97 mil 461 habitantes. A continuación en la siguiente tabla se presentan los datos generales de las delegaciones que conforman el DF.

Aspectos económicos de la ZMVM

La población de la ZMVM se incrementó en los últimos 60 años en más de 11 veces y su área urbana pasó de alrededor de 10 mil a 130 mil hectáreas: especialmente se incrementó 13 veces, con una expansión de la mancha urbana cada vez más dispersa. Las áreas verdes disminuyeron en el mismo periodo en un 83%, con el consiguiente decrecimiento de los servicios ambientales y los efectos que esto implica en el deterioro del bienestar de la población.

La ZMVM<sup>7</sup> es el principal escenario económico y social del país, pues cabe mencionar que el Estado de México es la entidad más poblada, seguida por el DF. Asimismo, la alta densidad de población y concentración de actividades productivas, implica la presencia de factores de presión ambiental y social. El desigual crecimiento en la ZMVM ha generado una hiperconcentración poblacional en un área limitada, lo que encuentra su relación en la creciente y hasta mayoritaria participación en algunas actividades económicas.

A pesar de que en términos relativos, el centro del país, integrado por los Estados de los estados de México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Querétaro y el D.F., disminuyó, su peso específico, éste sigue siendo relevante, toda vez que

<sup>7</sup> Revista Digital Universitaria del 10 de julio de 2009, Vol. 10, N°7

en esta parte del territorio nacional viven el 32.5 por ciento de sus habitantes y generan el 46.6 por ciento de la producción anual del país.

Un proyecto de desarrollo como el presente, cuyo costo de obra civil es de alrededor de 122 mil millones de pesos y el de proyecto y adicionales de aproximadamente 99 mil millones de pesos, se podrá realizar siempre y cuando se incluyan las medidas de sustentabilidad necesarias para alcanzar un desarrollo planificado de la zona que incluya los aspectos socioeconómico, ambiental y territorial.

Se evidencia una tendencia de presión particularmente grave el oriente del Distrito Federal y hacia el área del Proyecto, así como un incremento en el deterioro de la movilidad urbana en el nor-oriente de la zona metropolitana del Valle de México. Por lo cual, un proyecto con la envergadura del Proyecto que incorpore la variable de sustentabilidad urbana de forma transversal, puede detonar una serie de beneficios sociales impostergables que harían de la región un esquema ejemplar.

Por otra parte, la capacidad de carga actual del AICM hace pensar en una restricción al desarrollo económico no solo regional, sino incluso a nivel nacional. De no modificar estas tendencias el potencial de intercambio comercial de tránsito internacional de pasajeros y mercancías, asociado a las variables de presión demográfica conducirá al deterioro de la calidad de vida en toda la ZMVM.

Con base en las últimas cifras reportadas por el Consejo Internacional de Aeropuertos (ACI), el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México es el número 51 del mundo por el número de pasajeros movilizados; el número 26 por el número de operaciones y el número 49 a nivel internacional por el volumen de carga movilizada. A nivel latinoamericano el AICM está en el primer lugar por el número de operaciones, el segundo lugar por el número de pasajeros y el tercer lugar por el volumen de carga movilizada.

Operan en el AICM alrededor de 50 líneas aéreas: 30 de pasajeros de línea regular, además de 2 charteras; así como 18 aerolíneas de carga. Diariamente concurren en el aeropuerto alrededor de 250 mil personas, ya que por cada pasajero se tienen dos visitantes a los que se suman unos 25 mil empleados de las distintas instituciones y empresas asentadas en la zona federal del AICM. En 2013, con 31 millones 534 mil 638 pasajeros es el primer aeropuerto más transitado de México

La ampliación del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México ha sido declarada de manera urgente en consecuencia de la saturación de las instalaciones actuales que tienen una capacidad de atender anualmente hasta 32 millones de personas. Esto ha provocado una limitación en la oferta de destinos nacionales e internacionales y la llegada de nuevas aerolíneas de carga y pasajeros.

Al mismo tiempo, la agricultura y acuicultura que habían sido durante mucho tiempo la actividad principal en municipios como Atenco y Texcoco han venido decayendo, razón por la cual las extensiones sin cubierta vegetal se han ampliado. Asimismo, los suelos del lecho del Ex-Lago de Texcoco poseen propiedades físicas adversas para el desarrollo de los cultivos.

La contaminación acústica que actualmente padecen las colonias aledañas al AICM, será eliminada con un escenario del Proyecto, si bien es cierto que sus actividades también producirán niveles de ruido incluso mayores a las actuales debido a la magnitud y densidad de tráfico aéreo esperada, se ha demostrado que la población afectada será sustancialmente menor a la que padece los estragos de esta forma de contaminación.

Con relación a otras formas de contaminación, otro componente sobre el que se incide es el atmosférico. La emisión de partículas suspendidas mayores a 10 micras que históricamente se generan desde zona del Vaso del Ex-Lago de Texcoco, como consecuencia las características del suelo y la incidencia de vientos, se verá mitigada en cierta medida, ya que la mayor parte de la obra civil del proyecto se realiza en terrenos erosionados de la zona, al igual que se contemplan actividades de forestación para evitar las grandes tolvaneras que incrementan los niveles de contaminación en la zona oriente del Valle de México, sobre todo en época de estiaje cuando la humedad ambiental está en sus niveles más bajos.

El Proyecto se ubica en un sitio a solo 11 a 15 km del actual Aeropuerto Internacional por lo que podrá dar servicio a prácticamente la misma población de la ZMVM que el actual. Internacionalmente, se considera que el 80% de la

demanda de un aeropuerto proviene de una distancia-tiempo de 40 mins. del centro o centroide económico. Para la ZMVM este centroide se ubica en la Fuente de Petróleos. En la siguiente figura se muestra la cercanía del Proyecto con el AICM.

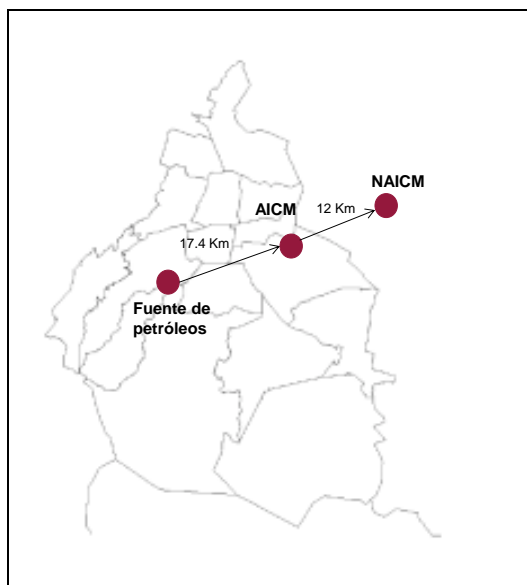


Figura IV.106 Cercanía del Proyecto con el AICM.

El Sistema Metropolitano de Aeropuertos que debía dispersar la demanda del AICM hacia aeropuertos alternos como Toluca, Cuernavaca, Querétaro y Puebla no ha sido capaz de atender la demanda de los pasajeros pues éstos atienden mercados eminentemente locales. Prueba de ello es que dos aerolíneas que iniciaron sus operaciones en el Aeropuerto Internacional de Toluca en 2005 (Interjet y Volaris), mudaron gran parte de sus operaciones al AICM en cuanto hubo la oportunidad de adquirir algunos *slots* que quedaron sin uso por el cese de operaciones de Aerocalifornia, Mexicana de Aviación. Al día de hoy, Toluca ha dejado de ser una ciudad foco para Volaris e Interjet mantiene una presencia reducida. Estas dos aerolíneas son actualmente las número 2 y 3 en movimiento de pasajeros en el AICM.

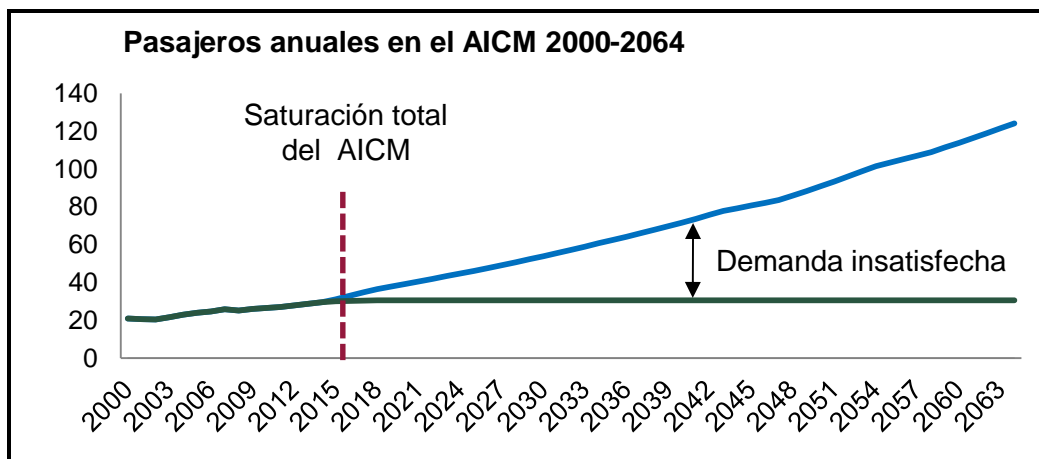
Derivado de lo anterior, se infiere que la población de la ZMVM tiene una preferencia por un aeropuerto cercano cuyo traslado hacia el mismo sea relativamente fácil y con bajo costo. Esta situación no se verifica al acudir hacia los aeropuertos alternativos mencionados anteriormente mientras que el AICM mantiene esa facilidad. Asimismo, se infiere que las aerolíneas prefieren operar en un aeropuerto más cercano a los puntos de demanda a pesar de que éste les represente mayores costos de operación.

#### Diagnóstico

El Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México es un proyecto de desarrollo que apuntalaría el proceso de crecimiento social y económico en condiciones de sustentabilidad, siempre y cuando lleve implícito medidas que ofrezcan los menores impactos y costos ambientales, y potencialice los beneficios constituyendo así una estrategia de revalorización ecológica y social para un área que, debido a sus particulares condiciones, presenta aceleradas tendencias de deterioro ambiental.

La construcción del proyecto en la ZMVM es una inversión clave para la infraestructura y para la generación de puestos de trabajo y oportunidades económicas en general. El Proyecto crea valor a corto, mediano y largo plazo para la región y para el país, mediante la maximización de los flujos de ingresos de aviación.

El no realizar el Proyecto en el corto plazo ocasionará la saturación total del AICM elevando los costos de transporte desde y hacia la ZMVM así como el posible desabasto de mercancías y un freno al comercio nacional e internacional (la aduana del AICM procesa el 10% de las mercancías que ingresan al país desde el extranjero) como se muestra en la siguiente gráfica.



Fuente: Parsons.

Gráfica IV.22 Proyección de la saturación del AICM.

El desarrollo del Proyecto concentraría todas las operaciones aeroportuarias en una sola localización lo que facilita el tráfico y conexión de pasajeros y el movimiento de carga, lo cual genera una mayor demanda y permite mejorar la eficiencia de las flotas de aeronaves de las aerolíneas, así como la de sus tripulaciones y personal de tierra y facilita el uso del NAICM como hub de carga y pasajeros.

El desarrollo del NAICM contribuiría a crear una barrera física para contener y dar mayor orden al crecimiento urbano en esa área de la ZMVM. Adicionalmente, liberaría el terreno del actual AICM, ofreciendo una oportunidad única para detonar diversos usos alternativos.

No se prevé ninguna otra obra de infraestructura en el país que pueda generar más empleos en el corto plazo (160,000 entre 2014 y 2018) y que represente mayor inversión (hasta \$242,000 millones de pesos incluyendo obra civil, estudios y otras obras).

Ante la insuficiencia de planes anteriores para resolver el problema del transporte aéreo en el centro del país, se considera que la construcción de un nuevo aeropuerto para la ZMVM es imperante desde el punto de vista económico y que el sitio elegido es la opción más atractiva para los usuarios y de mayor rentabilidad para el Gobierno Federal y los habitantes de la ZMVM.

Socialmente, no se vislumbran problemas con la tenencia de la tierra y los habitantes del AID y municipios y delegaciones colindantes se verán beneficiados por la gran derrama económica y la diversidad de oportunidades de empleo durante toda la vida del Proyecto.

#### IV.6 Paisaje

Es importante aclarar que en la actualidad desde un punto de vista ecológico el Ex-Lago de Texcoco corresponde a un ecosistema alterado perdiendo parte de su importancia ambiental original, desde su desecación y expansión urbana, a pesar de intentos de por mejorar su imagen, quedando solamente como un área desolada y abandonada.

Para evaluar el paisaje del área de proyecto se utilizó un método mixto, valorándose los recursos visuales, la calidad visual y la fragilidad visual del paisaje.

El primer paso es determinar las unidades de paisaje que caracterizan el sitio con homogeneidad de los elementos ambientales que conforman el sitio.

Para valorar el paisaje de está sitio (zona federal) se ha identificado las siguientes unidades paisajísticas que se pueden englobar en lo siguiente:

1. Planicie inundable.  
Está representada en todo el sitio por suelos salinos, sin una cubierta vegetal y expuesta a la erosión eólica, así como a la lluvia.
2. Cuerpos de agua.  
El sitio está representado al norte por lo que fue el evaporador solar "El Caracol", al sur por el Lago Dr. Nabor Carrillo y al este por el Lago Xalapango. Así como de los cauces de los ríos que confluyen principalmente con aguas residuales de la zona urbana tanto del Distrito Federal como del Estado de México.
3. Áreas con vegetación.  
Que corresponde a manchones con vegetación de matorral, pasto salado halófito y de táscate, que se ha desarrollado por reforestaciones y plantaciones.
4. Caminos de terracería.  
El sitio presenta una red de caminos de terracería que básicamente tiene la función de comunicarse a las diferentes obras de infraestructura hidráulica, principalmente para su vigilancia y mantenimiento.
5. Infraestructura hidráulica.  
Consta de canales y drenes a cielo abierto, plantas de bombeo de aguas residuales, planta de tratamiento y oficinas.
6. Sitio de relleno sanitario.  
Sitios donde se disponía los residuos sólidos urbanos desde 1985 y conformando el rellenos sanitarios en sus cuatro etapas, presentando u terreno nivelado con celdas cubriendo los residuos.  
Calidad visual.

La calidad visual tiene relación con el valor intrínseco que posee cierto paisaje. Se determina a través de la evaluación estética de los elementos que conforman el paisaje, y que en conjunto permiten definir las características y potencialidades que presenta el terreno. En este caso se aplicará el modelo Rojas y Kong (1988) que se ha modificado a las características del sitio.

En la siguiente tabla se presentan los criterios utilizados para evaluar la calidad visual de acuerdo al modelo Rojas y Kong (1988).

Tabla IV.113 Criterios para evaluar la Calidad Visual.

Elemento valorado	Calidad visual alta	Calidad visual media	Calidad visual baja
Vegetación	Presencia de masas vegetales de alta dominancia visual. Alto porcentaje de especies nativas, diversidad de estratos y contrastes cromáticos.	Presencia de vegetación con baja estratificación de especies. Presencia de vegetación alóctona. Masas arbóreas aisladas de baja dominancia visual.	Vegetación con un cubrimiento de suelo bajo. Inferior al 50%. Presencia de áreas con erosión evidente y sin vegetación. Dominación de vegetación herbácea, ausencia de vegetación.
Fisiografía	Pendiente de más de un 30%, estructuras morfológicas muy modeladas y de rasgos dominantes y fuertes contrastes	Pendientes entre 15% y 30%, estructuras morfológicas con modelados suaves u ondulados.	Pendientes entre 0% y 15% dominancia del plano horizontal, ausencia de estructuras de contraste o jerarquía visual.

Elemento valorado	Calidad visual alta	Calidad visual media	Calidad visual baja
	cromáticos. Afloramientos rocosos.		
Fauna	Presencia de fauna nativa permanente. Áreas de nidificación, reproducción y alimentación.	Presencia de fauna nativa esporádica dentro de la unidad, sin relevancia visual, presencia de animales domésticos (ganado).	No hay evidencias de presencia de fauna nativa. Sobrepastoreo o crianza masiva de animales domésticos.
Cuerpos de agua	Presencia de cuerpos de agua con significancia en la estructura global del paisaje.	Presencia de cuerpos de agua pero sin jerarquía visual.	Ausencia de cuerpos de agua.
Acción Antrópica	Libre de actuaciones antrópicas estéticamente no deseadas.	La calidad escénica esta modificadas en menor grado por obras, no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad visual del paisaje.
Variabilidad Cromática	Combinaciones de colores intensos y variados contrastes evidentes entre suelo, vegetación, roca y agua.	Alguna variedad e intensidad en color y contrastes del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores homogéneos continuos.
Singularidad o rareza.	Paisaje único, con riqueza de elementos singulares.	Característico, pero similar a otros de la región.	Paisaje común, inexistencia de elementos únicos o singulares.
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto

En la siguiente tabla se presenta el modelo modificado y valorizado de acuerdo al paisaje del área de Proyecto.

Tabla IV.114 Modelo de Rojas y Kong (1988) modificado y valorizado utilizando para la evaluación de la calidad visual.

Factor	Características	Peso	Total de unidad de peso.
Vegetación (densidad)	Sin vegetación	1	
	Matorral	2	
	Pastizal	3	
Vegetación (diversidad)	Alta	3	
	Media	2	
	Baja	1	
Fisiografía (pendiente)	Plano	1	
	Medio	2	
	Abrupto	3	
Singularidad	Paisaje singular notable	3	
	Paisaje de importancia visual pero habitual	2	
	Paisaje común	1	
Fondo escénico	Alta	3	
	Media	2	
	Baja	1	
Fauna	Alta	3	
	Media	2	
	Baja	1	
Cuerpos de agua	Presencia con alta importancia	3	
	Presencia sin jerarquía visual	2	
	Ausencia de cuerpos de agua.	1	
Acción antrópica	Baja	1	
	Media	2	
	Alta	3	
Variabilidad cromática	Baja	1	
	Media	2	
	Alta	3	
<b>Síntesis de Calidad Visual</b>	<b>Alta</b>	<b>&gt; 18.1</b>	
	<b>Media</b>	<b>9.1 - 18</b>	
	<b>Baja</b>	<b>&lt; 9</b>	



Fragilidad visual.

En este caso corresponde al grado de deterioro que le paisaje muestra ante la ocurrencia de ciertas acciones, es una forma de establecer el grado de vulnerabilidad de un espacio territorial a la intervención, cambio de uso y ocupaciones que se pretendan desarrollar en él. Mientras que la calidad visual de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio, la fragilidad visual no lo es pues dependerá del tipo de proyecto que se pretenda desarrollar. Para evaluar la fragilidad visual del paisaje se propone un método que considera tres grupos de variables:

Factores bióticos y abióticos, derivados de los elementos característicos de cada punto. Forman parte de este grupo la pendiente, orientación y vegetación, considerada en diversos aspectos (altura, densidad, variedad cromática, estacionalidad). La integración de estas variables origina un único valor que mide la fragilidad visual de un punto.

Factores de visualización, incluyen los parámetros de cuenca visual o superficie vista desde cada punto, tanto en magnitud como en forma y complejidad. Al integrar estas variables se agregan a un único valor que determina la fragilidad visual del entorno del punto.

Factores histórico – culturales, intentan explicar el carácter y las formas de cierto paisaje en función del proceso histórico que los ha forjado, y sin determinantes de la compatibilidad de forma y función de futuras actuaciones con el medio.

En la siguiente tabla se presentan los criterios utilizados para evaluar la fragilidad visual de acuerdo al modelo Rojas y Kong (1998).

Tabla IV.115 Criterios para evaluar la fragilidad visual de una unidad de paisaje.

Factores	Elementos de influencia	Fragilidad visual alta	Fragilidad visual media	Fragilidad visual baja
Biofísicos.	Pendiente.	Pendiente de más de un 30%, terrenos con un dominio del plano vertical de visualización.	Pendientes entre un 15% y un 30%, terrenos con modelados suaves y ondulados.	Pendientes entre 0 a 15%, terrenos con plano horizontal de dominancia visual.
	Vegetación. (densidad)	Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas. Dominancia estrato herbáceo.	Cubierta vegetal discontinua. Dominancia de estrato arbustivo o arbóreo aislado.	Grandes masas de vegetación 100% de ocupación del suelo.
	Vegetación (altura)	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 metros.	No hay gran altura de las masas (- 10 metros) baja diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10 metros.
Visualización	Tamaño de la cuenca visual.	Visión de carácter cercana o próxima de 0 a 1000 metros. Dominio de los primeros planos.	Visión media 1000 a 4000 metros. Dominio de los planos medios de visualización.	Visión de carácter lejano a zonas distantes > a 4000 metros.
	Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas generalmente unidireccionales en el flujo visual.	Cuencas irregulares mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas generalmente redondeadas.
	Compactibilidad	Vistas panorámicas abiertas. El paisaje no presenta elementos obstruyendo los rayos visuales.	El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en un bajo porcentaje.	Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas sombras o de menor incidencia visual.
Singularidad.	Unicidad del paisaje.	Paisajes singulares, con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Paisaje de importancia visual pero habitual, sin presencia de elementos singulares.	Paisaje común sin riqueza visual o muy alterado.
Accesibilidad.	Visual.	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción.	Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual, vistas repentinas, escasas o breves.

En la siguiente tabla se determina un peso de importancia el cual califica la fragilidad visual.

Tabla IV.116 Modelo de Rojas y Kong (1998) modificado y valorizado utilizando para la evaluación de la fragilidad visual.

Factor	Características	Valor	Peso	Total de unidades de peso
Vegetación (densidad)	Vegetación aislada y/o herbácea.	Alta	3	
	Vegetación discontinua arbustivo y/o arbóreo	Media	2	
	Grandes masas de vegetación	Baja	1	
Vegetación (altura)	Vegetación arbustiva o herbácea no pasa de 2 metros.	Alta	3	
	Baja diversidad de estratos no pasa los 10 metros.	Media	2	
	Gran diversidad de estratos. Alturas más de 10 metros.	Baja	1	
Pendiente	Entre 0 a15% terreno plano.	Baja	1	
	Entre un 15% y un 30% Terreno suave y ondulado	Media	2	
	Más de un 30%	Alta	3	
Singularidad	Paisaje singular notable	Alta	3	
	Paisaje de importancia visual pero habitual	Media	2	
	Paisaje común	Baja	1	
Visualización	Simple	Alta	3	
	Medio	Media	2	
	Complejo	Baja	1	
Accesibilidad visual	Distancia a red vial y población 0 -200 m	Alta	3	
	Distancia a red vial y población 200 – 800 m	Media	2	
	Distancia a red vial y población 800 – 2600 m	Baja	1	
<b>Síntesis Fragilidad Visual</b>		<b>Alta</b>	<b>&gt; 12.1</b>	
		<b>Media</b>	<b>6.1 - 12</b>	
		<b>Baja</b>	<b>&lt; 6</b>	

A continuación se presenta la tabla resumen de la valorización del paisaje del sitio del Proyecto, como resultado de cada una de las evaluaciones de paisaje a cada unidad paisajística determinadas y las tablas que le dieron origen se indican en el Anexo VIII.4.12 Evaluación paisajística.

Tabla IV.117 Resumen de la valorización del paisaje del sitio del Proyecto.

Nº	Unidades paisajísticas	Calidad visual	Fragilidad visual
1	Planicie inundable	Media	Media
2	Cuerpos de agua	Media	Media
3	Áreas con vegetación	Media	Media
4	Caminos de terracería	Baja	Media
5	Infraestructura hidráulica	Media	Media
6	Sitio de relleno sanitario	Baja	Media
<b>Promedio ponderado</b>		<b>Media</b>	<b>Media</b>

Con esto se concluye que el paisaje actualmente su calidad visual en general es medio esto debido a que es un espacio abierto sin urbanizar lo cual determina esta calidad.

Sin embargo en lo referente actividad antrópica se obtuvo valores bajos correspondientes a la perspectiva visual que presentan la red de caminos que existe y el área de relleno sanitario, quedando también muy cercano la infraestructura hidráulica existente la cual determina un paisaje medio debido a que algunas instalaciones cuentan con áreas verdes.

En cuanto a la fragilidad visual el sitio ha quedado representado como de fragilidad visual media lo cual es de considerar ya que ha definido la poca actividad humana y por lo que el sitio representa como una pequeña cuenca visual sin urbanizar, por lo que cualquier acción hacia este sitio deberá plantear las acciones que amortigüe o mejore la calidad visual.

Adicional a lo anterior se evaluaron las clases por su calidad visual en función de la escala indicada en la siguiente tabla.

Tabla IV.118 Clases y escala utilizadas para evaluar la calidad visual.

Clase	Descripción
A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes (puntaje del 18-33).
B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales (puntaje del 5 – 17).
C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura (puntaje de 0-4).

La evaluación obtenida para el Paisaje se indica en la siguiente tabla.

Tabla IV.119 Evaluación del Paisaje del predio del Proyecto.

Elementos	Puntuación sin proyecto	Puntuación con proyecto
Morfología	1	1
Vegetación	3	5
Agua	3	3
Color	1	3
Fondo escénico	3	0
Rareza	2	2
Actuación humana	0	2
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>16</b>

El resultado es similar a la obtenida en con la metodología precedente y ambas concuerdan en una calidad media.

## IV.7 Diagnóstico ambiental

### IV.7.1 Integración e interpretación del inventario

#### Antecedentes

El Sistema Ambiental Regional (SAR), está conformado por un ecosistema terrestre históricamente modificado por la actividad humana a través de los establecimientos de asentamientos y núcleos poblacionales, algunos de los cuales han conformado zonas metropolitanas y ciudades de diversos tamaños, la implantación de agricultura bajo un diverso esquema de explotación que brinda la tecnología y la disponibilidad de agua así como áreas con vegetación natural así como áreas sin vegetación. Las dimensiones del SAR, el AIP y el predio del Proyecto son:

Tabla IV.120 Superficie del SAR y de la poligonal del Proyecto.

	Área en m <sup>2</sup>	Área en hectáreas	Porcentaje
Sistema Ambiental Regional	953 570 310 000 000.0000	953,570.3100	100.000
Poligonal del Proyecto	44,311,640.5450	4,431.1640	0.464

El Área de Influencia del Proyecto (AIP) está conformado por la suma de las áreas que comprenden a la Cuenca de México más la superficie total del Distrito Federal, la superficie total de los municipios de Ecatepec, Atenco, Texcoco, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Tezoyuca, Acolman, Chiautla, Chiconcuac, Chicoloapán y La Paz; el área de dispersión de las aves (anátidos) que hacen uso del Ex-Lago de Texcoco y de los cuerpos de agua adyacentes a la Ciudad de México y en su interior. Al considerar la suma de éstas superficies se asegura la caracterización ambiental del Proyecto y que los impactos y medidas de prevención, corrección, restauración, compensación (según sea el caso) quedarán autocontenidos en el espacio geográfico en donde se generarán, por tal motivo la superficie del Área de Influencia del Proyecto (AIP) es la misma que del SAR.

La integración del SAR se llevó a cabo partiendo del territorio total de la Cuenca de México (la cual es una cuenca hidrológica funcional) y se aumentaron las áreas correspondientes a los criterios bajo evaluación siguientes:

- Hidrología subterránea (acuíferos)
- Fauna (aves)
- Socioeconómico

Por la extensión del AIP y los biomas que incluye, se realizó un análisis específico para la Flora y Fauna del predio del Proyecto y que derivado de los trabajos de campo realizados, se observó que cuentan con su propia Área de Influencia, la cual se describe y analiza en forma específica.

La descripción del Proyecto bajo evaluación se incluye en el Capítulo II de esta MIA-R.

Una adecuada interacción entre el sistema abiótico, biótico y socioeconómico que conforman el SAR y el predio del Proyecto, dará como resultado la conservación de funcionalidad e integridad de sus componentes.

### IV.7.2 Sistema abiótico

#### Clima

Existen tres: semiáridos, templados y semifrío. El clima semiárido tiene las variantes BS1kw - semiárido, templado; BS1Kw(w)(1') -semiseco con verano fresco y es bajo el que se encuentra el predio del Proyecto. El clima templado con su variante C(w1) -templado, subhúmedo. Clima semifrío con sus variantes Cb'(w1)- semifrío, subhúmedo y Cb'(w2) - semifrío, subhúmedo. El clima del área donde se pretende llevar a cabo el Proyecto y el SAR, está determinado por los sistemas atmosféricos tropicales y extra-tropicales, distinguiéndose dos estaciones bien definidas, el semestre de seco concentrado en invierno (de noviembre a abril) y la estación lluviosa, que se presenta de mayo a octubre.

Las perturbaciones que viajan dentro de la corriente aérea del Oeste, en forma de ondulaciones o vaguadas, ocasionan una intensificación del viento a su paso por la Cuenca de México, el SAR y el predio del Proyecto, levantan altas y densas cortinas de polvo, especialmente en la segunda mitad del periodo seco, es decir de febrero a abril. Las características físicas de la superficie terrestre influyen en el desplazamiento del flujo de viento y los rasgos topográficos provocan turbulencia térmica o mecánica de la atmósfera.

Las áreas urbanas presentan accidentes topográficos y características térmicas propias de las ciudades -la influencia térmica domina sobre la fricción de las edificaciones. Los materiales de construcción como el ladrillo y el concreto absorben y retienen el calor de manera más eficiente que el suelo y la vegetación. Cuando el sol se pone, el área urbana continúa irradiando calor desde los edificios y las superficies pavimentadas. El aire que éste complejo urbano calienta, asciende creando un domo sobre la ciudad conocido como isla de calor. La ciudad emite calor durante toda la noche. Recién cuando el área urbana empieza a enfriarse, sale el sol y empieza a calentar el complejo urbano nuevamente.

Los vientos dominantes son del noroeste en otoño e invierno, del este en primavera y del sur en verano. Desde el punto de vista estacional, se observa dos flujos de viento promedio para las épocas seca y de lluvia; se observa que durante la temporada húmeda (verano), el flujo tiene una intensa componente del norte en todo el valle. Por otro lado, la temporada seca presenta una característica importante: un vórtice (remolino) se forma muy cerca del centro del Distrito Federal, lo cual se debe al efecto conocido como "Isla de Calor", situación meteorológica generada por el aumento de la temperatura del suelo de tipo urbano, con materiales de construcción de cemento y asfalto, en contraste con las áreas forestales que la circundan, éste vórtice interno del Valle de México se alimenta de los vientos predominantes del Noroeste y Noreste ya que éstos permanecen en su trayectoria durante todo el año.

Los fenómenos climatológicos extremos en el SAR, el AIP y el predio del Proyecto son las lluvias torrenciales atípicas pero puntuales, así como las granizadas.

#### **Emisiones a la atmósfera**

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México da origen a la Cuenca Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y por las características fisiográficas y climatológicas, se extiende hasta abarcar la zona metropolitana de la ciudad de Pachuca, de Toluca y Cuernavaca. La Cuenca Atmosférica de la ZMCM tiene un perímetro aproximado de 886 Km y un área de 2,702,328 ha.

Para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y su Cuenca Atmosférica con su extensión de 2,702,328 ha engloba la totalidad del SAR (953,570.31 ha) y el predio del Proyecto (4,431.1640 ha).

Esta condición modifica la circulación general de la atmósfera sobre la superficie, dando lugar a la formación de vientos locales, diferentes del flujo libre que tiene dirección Noroeste y Noreste y ambos hacia el Sur dentro de la Cuenca de México y éste patrón se modifica en el Valle de México por la presencia de las elevaciones montañosas que lo rodean (con un promedio de 3,000 msnm).

El flujo del viento en los niveles medios y altos de la troposfera (de cinco a quince mil metros de altura, aproximadamente) condiciona el viento en el Valle de México y origina que no presente un flujo raso de trayectorias rectas o de poca curvatura, sino más bien turbulento debido a la rugosidad del terreno (edificios, árboles, fuentes de calor, calentamiento de la superficie terrestre por el sol y demás obstáculos que se puedan encontrar en la zona urbana) formando trayectorias del viento convergentes, divergentes o vórtices (remolinos), tanto con giro ciclónico del viento, donde converge éste, así como con giro anticiclónico, donde por lo general el viento diverge.

El conjunto de las características mencionadas originan cambios diarios en el flujo de viento y por lo tanto de los contaminantes que transportan. De igual forma se cumple la última condición sobre la formación de los vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre.

Los contaminantes presentes en la Cuenca atmosférica, generadas por las fuentes de área (fijas) son las principales generadoras, seguidas de las puntuales y finalmente las móviles: PM10 (Partículas menores a 10 micras); PM2.5 (Partículas menores a 2.5 micras) SO<sub>2</sub> (Dióxido de azufre), CO (Monóxido de carbono), COT (Compuestos orgánicos totales), COV (Compuestos orgánicos volátiles), N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> (Amoniaco), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

La Cuenca Atmosférica de la ZMVM, tiene sus propias fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera (de tipo fijo y móvil) además de un número no cuantificado de fuentes móviles externas; las fuentes de generación originan un amplio espectro de contaminantes que por la conformación fisiográfica y las características climáticas del Valle de México, propician su dispersión en un área superior a la misma Cuenca hidrológica de México. Esta dispersión de contaminantes cubre o engloba completamente al SAR (953,570.31 ha) y el predio del Proyecto (4,431.1640 ha) ya que tiene una superficie aproximada de 2,702,328 ha.

A través de los datos monitoreados por la Red de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la ZMVM se cuenta una línea base de los contaminantes, concentraciones, variaciones diarias, mensuales y estacionales, previas a la presencia del Proyecto y en particular las generadas en las estaciones Los Laureles (LLA), San Agustín (SAG) y Montecillo (MON), donde se recabó la información de los promedios mensuales para los años 2012 y 2013.

### **Ruido**

Los resultados de las mediciones de ruido perimetral del predio del Proyecto indican que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el NOM-081-SEMARNAT-1994 y del Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicado en el DOF: 03/Dic/2013.

### **Fisiografía**

La fisiografía presente en el SAR, el AIP corresponde a topofomas de llanura, lomerío, valle, meseta y sierra, las cuales son propias del Eje Neovolcánico y de la Provincia fisiográfica de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, así como una parte de las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. Por lo que corresponde al predio del Proyecto, es una llanura con un vaso lacustre salino (3,765.43 ha), con ligero lomerío (18-94 ha) y una parte del vaso es inundable (646.79 ha).

Lo anterior significa que la fisiografía son dos tipos de planicies:

Una planicie volcánica, la cual se localiza en las faldas de la serranía oriental, y presenta estratos de rocas con pendientes de moderadas a fuertes en sentido Este – Oeste; geomorfológicamente es una planicie y se le califica de volcánica por la presencia de materiales piroclásticos. Por su génesis, se puede considerar que se formó por depósitos de sedimentos volcánicos de diferente graduación textural.

Una planicie lacustre que corresponde en un 90% al área del Ex-Lago de Texcoco, la cual se formó por aporte de sedimentos volcánicos y clásticos, los primeros derivados de erupciones volcánicas, y los segundos fueron arrastrados por diferentes corrientes que descargaban sus aguas en el antiguo Lago de Texcoco. La topografía plana de esta geoforma indica gran homogeneidad en el carácter de los materiales depositados y presenta áreas agrícolas, áreas con problemas de drenaje y de ensaltramiento así como áreas de inundación

### **Geología y geomorfología**

El SAR, el AIP y el Proyecto forman parte del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), por lo tanto, su evolución geológica está ligada al origen de este. El CVT, es una unidad volcánica tectónica que cruza el país de oeste a este, afectada por esfuerzos distensivos, que forman sistemas estructurales complejos de fosas y pilares, entre los que se desarrollan valles escalonados hacia el centro del CVT. Esta región, se caracteriza por sus grandes planicies azolvadas con sedimentos volcano-sedimentarios, inter-estratificadas con derrames de lava de composición química diversa.

Las unidades geológicas del SAR y el AIP son: Ígnea extrusiva ácida, Ígnea extrusiva básica, Suelo, Ígnea extrusiva ácida, Ígnea extrusiva intermedia, Ígnea extrusiva básica y Volcanoclástico, en concordancia con su origen fisiográfico. La totalidad del predio del Proyecto se encuentra sobre la unidad geológica Suelo que son depósitos conformados por sedimentos que se depositan bajo cuerpos de agua.

Esta geomorfología propició que con el tiempo el fondo de la planicie se llenara con agua y se conformara el Lago de Texcoco, sin embargo la depositación de los sedimentos continuó hasta la construcción de las obras de manejo hidráulico que lo desecaron. Lo anterior quiere decir que el predio del Proyecto descansa sobre una base impermeable de sedimentos (conformada desde el Cuaternario) que no permite el flujo vertical del agua hacia ningún acuífero y al no existir una salida natural horizontal, el agua del lago se extendió hasta casi abarcar todo el Valle de México.

La columna geológica de los depósitos lacustres formó una gran antiplanicie lacustre, extendida con una altitud promedio de 2,200 metros, desde Zumpango hasta Chalco y desde Texcoco hasta el Cerro de Chapultepec. Los espesores varían entre 30 y 300 m, los mayores se presentan en los centros de las planicies de la Ciudad de México, Texcoco y Chalco y disminuyen hacia las márgenes de las planicies. El origen de los depósitos lacustres están íntimamente relacionado con la obstrucción definitiva del desagüe del Valle de México, causado por la intensa actividad volcánica que edificó la Sierra Chichinautzin. La clasificación de la unidad Morfo genética del predio del Proyecto como PII61 ratifica lo ya indicado.

Las formaciones geológicas y geomorfológicas descritas no se verán alteradas ni desplazadas en ninguna de las fases del Proyecto, ya que éste será implantado sobre la unidad geológica Suelo clave Q(s), la cual le servirá de sustento así como las columnas geológicas subyacentes, lo anterior por el hecho de que el proyecto no incluye el empleo de explosivos ni el movimiento a gran escala del sustrato, aunado al hecho de que la columna geológica puede llegar a 60 m de profundidad. Esta condición favorable para el Proyecto ratifica la selección del sitio.

#### **Pendiente y curvas de nivel**

La pendiente del SAR y el AIP tiene todos los rangos desde 0 a 90, sin embargo el predio del Proyecto se ubica en el rango de 0-5% y específicamente en 2%. La implantación del Proyecto no tendrá ninguna influencia sobre la pendiente del predio sobre el que se desplantará, debido a la obra se ve facilitada por una pendiente dentro del rango 0-2% y sólo en caso de así requerirlo una obra muy específica, se modificaría una pendiente de 2% para llevarla a 0%, por lo que se estaría hablando de un microrrelieve, en sitios puntuales y sin efecto alguno en el resto del predio del Proyecto, el SAR y el AIP. Esta condición favorable para el Proyecto ratifica la selección del sitio.

Las Curvas de nivel del SAR y el AIP van desde los 5,200 msnm en el volcán Iztaccíhuatl, hasta el Valle de México con una cota promedio de 2,200 msnm, por lo que respecta al predio del Proyecto se encuentra en su totalidad en la cota 2200 msnm. La implantación del Proyecto no modificará en forma alguna ni tendrá ningún tipo de efecto sobre la curva de nivel sobre la que se encuentra, ni en las existentes en el SAR y el AIP.

#### **Sismicidad**

El SAR y el AIP han sido afectados por sismos de muchos tipos y diversas intensidades, desde temblores locales ( $M \leq 5.5$ ), originados dentro o cerca de la cuenca; temblores tipo Acambay ( $M \leq 7.0$ ), que se originan en el resto de la placa de Norteamérica, temblores de profundidad intermedia de falla normal, causados por rompimientos de la placa de Cocos ya subducida, pudiendo llegar hasta  $M=6.5$  debajo del Valle de México, donde se encuentra el Proyecto y temblores de subducción ( $M \leq 8.2$ ). Por tal motivo el diseño de ingeniería cumple con la normatividad en la materia.

#### **Fallas y fracturas**

Es necesario indicar que las Fracturas inferidas en el mapa de Riesgos Geológicos de la Zona Metropolitana del Valle de México, aún no ha podido ser demostrada su presencia física, sin embargo el diseño de ingeniería del proyecto ya considera ésta eventualidad teórica.

#### **Hundimientos**

De acuerdo con la zonificación llevada a cabo el sitio del predio del Proyecto, se localiza en la zona con mayor hundimiento promedio anual que es de 21 a 30 centímetros. Por lo cual el método constructivo del Proyecto bajo evaluación, contempla los efectos que sobre su infraestructura puede tener éste fenómeno.

Se debe de puntualizar que en este momento se están llevando a cabo las pruebas necesarias para elegir los materiales más adecuados para la construcción del Proyecto haciendo la prueba con 8 diferentes escenarios para tomar la mejor elección y evitar en mayor medida los hundimientos a los que está expuesta el predio del Proyecto. De igual forma el Proyecto bajo evaluación, no tendrá influencia alguna sobre las causas directas del hundimiento ya que el suministro de agua será a través de la red hidráulica municipal y en ningún momento se plantea la extracción de agua subterránea.

#### **Inundación**

La Cuenca de México es una cuenca endorreica (cerrada), debido a esto es la existencia del Ex-Lago de Texcoco, pero con obras hidráulicas realizadas desde siglos anteriores se ha tratado de resolver los problemas de inundación. El Proyecto se encuentra en una parte del área que ocupaba el Ex-Lago de Texcoco, por lo cual su riesgo por inundación es alto.

Está de más indicar que la implantación del Proyecto no tendrá influencia alguna en las causas que originan el fenómeno por riesgo de inundación además del hecho de que el predio del Proyecto no forma parte de la infraestructura futura para el manejo hidráulico de la zona, por lo que su implantación tampoco influirá en él.

### Edafología

El SAR y el AIP presentan una gran diversidad de suelos (Andosol húmico, Andosol mólico, Andosol ótrico, Cambisol cálcico (calcárico), Cambisol crómico, Cambisol étrico, Cambisol húmico, Feozem calcárico, Feozem háplico, Feozem lúvico, Fluvisol dítrico, Fluvisol étrico, Gleysol mólico, Histosol étrico, Litosol, Luvisol crómico, Luvisol órfico, Luvisol vértico, Planosol mólico, Regosol calcárico, Regosol dítrico, Regosol étrico, Solonchak gleyico, Solonchak mólico, Solonchak ótrico, Vertisol crómico y Vertisol pélico) producto de la formación fisiográfica, geológica y geomorfológica. Estos tipos de suelo sustentan una gran diversidad de ecosistemas y asociaciones vegetales, que difícilmente son comparables unas con otras o bien con el tipo de suelo existente en el predio del Predio.

La característica edafológica del predio del Proyecto es Solonchak gleyico el cual tienen alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Están ampliamente confinados a zonas climáticas áridas y semiáridas y regiones costeras en todos los climas. En la zona se caracteriza por su alto contenido de salitre en algunas muestras tomadas en los puntos de verificación se registraron valores de pH de entre 10.5 y 11, tiene una capa en donde se estanca el agua. La textura de este suelo es fina por lo que presenta problemas en la labor agrícola, en el drenaje y por tanto se inundan.

Este tipo de suelo no es apto para la agricultura ni la ganadería y sólo pueden establecerse algunos tipos de pastos resistentes a las sales carbonatadas, pH de 9 a 11 y bajo condiciones de inundación semipermanente. También que son suelos fácilmente erosionables por la acción eólica.

Esta condición natural del suelo hizo que históricamente no existiera una masa vegetal uniforme que cubriera al suelo e impidiera su constante erosión, lo que provocaba las tolvaneras que cubrían a la ciudad de México hasta los años 70s. El surgimiento del Plan Texcoco fue el establecimiento de flora no nativa bajo condiciones de cultivo (plantación de especies resistentes a sales carbonatadas, ciclos constantes de plantación-reposición de individuos muertos, riego, etc) con la finalidad de lograr una cubierta vegetal que impidiera la dispersión del suelo hacia la ciudad de México.

El predio del Proyecto nunca fue apto como área de inundación ni para la regulación de las avenidas de los ríos que confluyen hacia la zona, ya que los afluentes no aportan el caudal suficiente como para mantener una lámina de agua que cubra el suelo e impidiera su erosión de tipo eólico. Bajo condiciones naturales, el suelo del predio estaría desprovisto de vegetación y sería objeto de erosión y fuente de material particulado por acción del viento. Actualmente cuenta con pastizal halófico y especies de *Tamarix* cuya presencia evita la erosión del suelo y la generación de material particulado.

Con la presencia del Proyecto y la implantación de su infraestructura (pistas, edificios, calles y áreas verdes, para presentarlo en forma extremadamente simplificada) se mantendrá la condición final que dio origen al Plan Texcoco: evitar la erosión del suelo y la generación de material particulado hacia la ciudad de México.

#### ⊕ Erosión del suelo sin proyecto

Los suelos donde se pretende llevar a cabo el Proyecto bajo evaluación y que son parte del Ex-Lago de Texcoco (desde su desecación) han planteado serios problemas de erosión eólica que afecta a la calidad del aire en la ciudad de México. Estudios reportados en la literatura científica internacional, han demostrado a través del Modelo Químico y Climático de Multiescala acoplado al Sistema de Predicción de Erosión del Viento (MCCM WEPS por sus siglas en inglés) que los suelos del Ex-Lago de Texcoco experimentan un intenso transporte, producto de la acción del campo de viento, llegando a representar el 80% del total de los materiales estudiados.

La erosión del suelo fue el objeto de la implantación del Plan Texcoco en la década de 1970 y a la fecha se mantiene libre de erosión.

#### ⊕ Erosión del suelo con proyecto



La implantación del Proyecto no tendrá interacción alguna con los factores que originan la erosión del suelo, que son de tipo eólica e hídrica, ya que son preexistentes en el SAR y el AIP y están condicionadas por la fisiografía y meteorología de la Cuenca de México.

Por lo que respecta al predio del Proyecto, su implantación tendrá como resultante que no exista el transporte de material particulado desde el suelo natural al quedar totalmente cubierta la unidad edafológica por la infraestructura descrita en el Capítulo II de éste documento (pistas, edificios, vialidades, áreas verdes, etc), por lo que la condición de ausencia de erosión, se mantendrá sin cambio alguno y en independencia de los factores que la puedan originar.

#### ⊕ Degradación del suelo sin Proyecto

En el SAR y el AIP se encuentran tres tipos de degradación: física por compactación; pérdida de la función productiva; química por declinación de la fertilidad. En el predio del Proyecto existe un área de 28.30 ha en donde se registra la Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, lo cual es consecuencia de la acumulación natural de sales en ésta área. En el resto de su área no cuenta con suelo que pueda degradarse ya que es del tipo Solonchak gleyico

#### ⊕ Degradación del suelo con Proyecto

Los agentes causales de la degradación del suelo no sufrirán cambio alguno, sin embargo sus efectos sobre el predio del Proyecto se detendrán como consecuencia de que ya no tendrán sustrato edafológico a la intemperie sobre el cual actuar. Lo anterior se debe al hecho de que el Proyecto está diseñado para cubrir la totalidad del predio con sus instalaciones e infraestructura y al mantenimiento que se le dará en su fase de operación y mantenimiento a las áreas abiertas a fin de conservarlas siempre con cobertura vegetal.

### Hidrología

#### ⊕ Ríos y aguas superficiales

De las 13 regiones en que se subdivide el país para la gestión hídrica, la RHA XIII es la que tiene los mayores problemas en cuanto a recursos hídricos. Representa menos de 1% del territorio nacional, aunque concentra a 20% de la población, lo que implica que es la región más densamente poblada de todo el país, alcanzando densidades promedio de 1,144.8 hab/km<sup>2</sup>.

El análisis de la hidrología superficial del SAR se llevó a cabo a dos escalas geográficas empleando las cartas temáticas del INEGI: escala 1:250,000 y 1:50,000 y los resultados son completamente divergentes ya que escala 1:250,000 en el SAR y el AIP existen: Corriente de agua intermitente (1,474,338.94 m), Corriente de agua perenne 152,996.39m, Acueductos subterráneos 752,583.40 m, Acueductos superficiales 44,812.83m y Canal (sin especificar su tipo o uso) 705,317.91m. A escala 1:50 mil y comparándola con la escala 1:100 mil, las corrientes perennes disminuyen en 25%, las intermitentes se incrementan 66%, los acueductos subterráneos y superficiales desaparecen y los Canales (sin especificar su origen o uso) se incrementa en 80%. Por tal motivo únicamente se llevará a cabo un análisis detallado de la hidrología superficial de la Cuenca del Valle de México, en la que se cuenta con información a detalle.

La desecación del área lacustre aceleró el crecimiento de la mancha urbana en el Valle de México y por consiguiente se incrementó la demanda de agua potable. Dado que los manantiales ya no eran suficientes para cubrir la demanda de agua potable, a principios del siglo XX se inició la explotación de los mantos acuíferos de la Cuenca. La dependencia de fuentes externas para dotar de agua potable a la población no ha podido ser eliminada, no obstante que es una cuenca netamente exportadora, ya que envía a otras regiones 883 hm<sup>3</sup>/año e importa 614.95 hm<sup>3</sup>/año de las cuencas Cutzamala (agua superficial) y Alto Lerma (agua subterránea).

La historia de las modificaciones hidráulicas de la planicie de Texcoco se inició en el siglo XIX toda vez que los escurrimientos superficiales que confluye han sido conducidos a través de canales artificiales hacia el exterior de la Cuenca de México, con el fin de atenuar las inundaciones que antaño afectaba a toda esta región.

En el área del Ex-Lago de Texcoco, durante el estiaje, las aguas residuales provenientes de una parte de la Ciudad de México, son conducidas a través del Dren General hacia el Gran Canal. En época de lluvias, los escurrimientos de aguas

pluviales y residuales de estas corrientes son regulados en los vasos de Churubusco y Regulación Horaria, así como por el propio cauce del dren, para posteriormente desfogar en forma controlada hacia el Gran Canal. El área del predio del Proyecto no ha sido diseñada para funcionar como vaso regulador ni para el almacenamiento provisional, temporal o permanente de los escurrimientos naturales y el dren sanitario.

El caudal de los escurrimientos superficiales de los denominados Ríos de Oriente, está conformado por agua sanitarias domésticas de los núcleos poblacionales que recorren, lo que los hace no aptos para el consumo humano o su empleo en actividades agrícolas. En la temporada de lluvias, esta condición no varía ya que además del agua sanitaria, se registra el arrastre de residuos sólidos urbanos.

El agua del Lago Nabor Carrillo no puede ser empleada para la piscicultura debido a los valores bajos de oxígeno disuelto originados por la degradación de la materia orgánica acumulada en el fondo, además de que tiene un rango de no adecuada a permisible para su uso en riego agrícola, donde de acuerdo al inciso 4.2 de la NOM-001-SEMARNAT-1996, el límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas en suelo (uso agrícola) es < 1000 por cada 100 mL.

Sin embargo, el riesgo a la salud humana persiste por la presencia de dos cepas de *Acanthamoeba* spp. aisladas e identificadas del lago Nabor Carrillo que mostraron ser virulentas en ratón, lo cual hace inferir de forma indirecta la posible patogenicidad en humanos.

Además que se provocaría la sodicidad del suelo que reciba dicho riego y su alcalinidad, así como la disminución de la permeabilidad del suelo y el deterioro continuo de la capa arable superficial.

#### ⊕ Hidrología subterránea

En el SAR, el AIP y el predio del Proyecto existen los siguientes acuíferos: Actopan-Santiago de Anaya (310.95 ha), Alto Atoyac (1,130.96 ha), Amajac (459.43 ha), Apan (110,492.35 ha), Chalco-Amecameca (83,535.88 ha), Cuautitlan-Pachuca (394,929.45 ha), Huasca-Zoquitlan (147.54 ha), Soltepec (19,949.24 ha), Tecocomulco (34,604.77 ha), Tecolutla (2,793.54 ha), Tepeji del Rio (1,424.84 ha), Texcoco (92,223.92 ha), Valle de Puebla (369.49 ha), Valle de Toluca (189.83 ha), Valle de Tulancingo (1,972.77 ha), Valle del Mezquital (8,117.68 ha), Zona Metropolitana de la Cd. de México (200,917.67 ha).

La distribución de los acuíferos sobre los que se encuentra el predio del Proyecto son: acuífero Texcoco en 2,765.89 ha y acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México 1,665.27 ha

#### Problemática del acuífero

El tamaño de la mancha urbana de la Ciudad de México y su zona conurbada ha cubierto casi 50% de las zonas de recarga de sus acuíferos; ha propiciado el cambio desmedido del uso del suelo, erosión y pérdida de suelos, así como una deforestación muy importante en todos los bosques de las partes altas de la cuenca, lo que ha ocasionado problemas de azolve en la infraestructura hidráulica, con la consiguiente pérdida de sus características hidráulicas. También se registra la sobreexplotación del acuífero y el abatimiento local de los niveles del agua subterránea. Lo anterior se debe, entre otras causas a la escasa o nula medición de los volúmenes extraídos en la zona del acuífero y la presencia de pozos clandestinos.

Existe una disminución del caudal en época de secas sin que la demanda también disminuya; también se observa una alta vulnerabilidad del acuífero a la contaminación y su abatimiento por la deforestación en las partes altas de la cuenca y las áreas de recarga.

El Proyecto, no tendrá ningún tipo de influencia sobre la recarga de los acuíferos por la configuración estratigráfica sobre la que se encuentra el predio, la cual esta constituida a nivel intergranular por limos y arcillas depositados históricamente sobre el lecho del Ex-Lago de Texcoco. Recordando que el lecho del Ex-Lago es impermeable, característica gracias a la cual se generó y mantuvo hasta que se desecó por la actividad humana.

La característica anterior le confiere al predio del Proyecto la calidad de un acuífero semiconfinado, es decir, que no existe infiltración natural alguna o es cercana a cero del agua de lluvia hacia los acuíferos, lo que significa que el área del predio del Proyecto no forma parte de la superficie de recarga para ningún acuífero.

Adicional a lo anterior, el Proyecto no contempla el alumbramiento de aguas subterráneas en ninguna de sus fases ya que la CONAGUA se encargará de proveerlo de agua durante sus fases de desarrollo.

#### IV.7.3 Sistema biótico

##### Flora

En el SAR existe un total de 17 ecosistemas o tipos vegetacionales: Agricultura de Riego (AR), Agricultura de Temporal (AT), Bosque Cultivado (BC), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Encino-Pino (BPQ), Bosque de Oyamel (BA), Agricultura de Temporal (AT), Bosque Cultivado (BC), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Encino-Pino (BPQ), Bosque de Oyamel (BA), Bosque de Pino (BP), Bosque de Pino-Encino (BPQ), Bosque de Táscate (BJ), Matorral Crasicaule (MC), Matorral desértico rosetofo, Pastizal cultivado, Pastizal Halófilo (PH), Pastizal Inducido (PI), Pradera de Alta Montaña (VW), Tular (VT), Vegetación Halófila Hidrófila (VHH).

A nivel del Área de Influencia para Flora (Microcuenca Texcoco), existen 15 tipos de vegetación que son: Pastizal Inducido (PI), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Pino (BP), Pastizal Halófilo (PH), Matorral Crasicaule (MC), Bosque de Oyamel (BA), Bosque de Pino-Encino (BPQ), Bosque de Encino-Pino (BQP), Vegetación Halófila Hidrófila (VHH), Bosque de Tascate (BJ), Pradera de Alta Montaña (VW), Tular (VT), Bosque Cultivado (BC), Agricultura de Temporal (AT) y Agricultura de Riego (AR).

La gran diversidad de ecosistemas está en función de la diversidad climática, conformación y accidentes fisiográficos, disponibilidad de agua (superficial y subterránea) y tipos de suelo, que en su conjunto y por las interacciones poblacionales y evolutivas, han permitido el establecimiento de éstos ecosistemas.

Por tal motivo no es posible establecer comparaciones entre los ecosistemas del SAR y la flora existente en el predio del Proyecto, sin embargo con el Área de Influencia de Flora (la Microcuenca Texcoco) sí es válida su comparación, ya que estas comunidades vegetal son el producto de la desecación del Ex-Lago de Texcoco, en donde quedó expuesto un sustrato edafológico tipo Solanchak gleyico con alta concentración de sales y que retiene el agua de lluvia hasta que se evapora o que la cubierta vegetal lleva a cabo el proceso de evapotranspiración, ya que el agua no tiene salida ni se infiltra.

Como antecedente histórico, el predio del Proyecto fue sometido a un programa de plantación intensivo que después de 30 años logró el establecimiento de pastizal halófilo ya que sobrevivieron 3 especies introducidas estrato herbáceo *Distichlis spicata* (pasto salado), *Sporobolus pyramidatus* (liendrilla o cola de zorro) y *Paspalum virgatum* (cebadilla), con presencia eventual de *Eragrosti sobtusiflora* y *Hordeum jubatum*. También existe vegetación arbórea y arbustiva de *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla* (especies nativas de Asia y China). Las áreas aledañas o Área de Influencia - conformada por la Microcuenca Texcoco- se establecieron áreas agrícolas de temporal con un sustrato similar ya que son parte del lecho del Ex-Lago de Texcoco y tiene una historia de modificación de sus comunidades naturales por la introducción de especies bajo cultivo. El resto de la superficie del predio del Proyecto se encuentra ocupada por un cuerpo de agua artificial, zona inundable, caminos internos (terracería y asfaltos) y las obras civiles de vigilancia y mantenimiento.

Cualquier comparación empleando índices de riqueza o diversidad entre las especies del Proyecto y su Área de Influencia (Microcuenca Texcoco), con los ecosistemas del SAR estaría viciado de principio por su historia y tipo de vegetación.

Para determinar el uso de suelo y tipo de vegetación, se realizó un recorrido físico en el predio del Proyecto para identificar el uso del suelo actual y el tipo de vegetación presente. Dadas las condiciones en el predio del Proyecto, se estimaron superficies por tipo de vegetación, cuerpos de agua, caminos internos y obras civiles; los datos se obtuvieron mediante el programa Google Earth, con la imagen de satélite del mes de Septiembre del 2013.

Del sitio en el cual se desarrollará el Proyecto se puede comentar que las obras para desaguar artificialmente el Valle de México que se llevaron a cabo en los años 50's y 60's del siglo XX contribuyeron a disminuir las inundaciones de la Ciudad de México, pero también provocaron la desecación paulatina del sistema lacustre, siendo el último en desecarse el Lago de Texcoco, que se transformó en un ambiente pantanoso en la época de lluvias y desértico en la de estiaje. Muchas de las áreas del lecho desecado del Ex-Lago se quedaron sin uso, debido a las condiciones extremadamente adversas de salinidad y sodicidad, lo que propició que en época de secas quedaran grandes áreas con tierra y detritus sujetas a erosión eólica con la formación de grandes tolvaneras que se convirtieron en un grave problema ambiental y de salud de los habitantes del Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Ante esta problemática, se propusieron varios estudios y proyectos, entre los que se seleccionó la propuesta del Dr. Nabor Carrillo Flores originando el Proyecto Texcoco, que inició en 1966 con presupuesto de NAFIN. Si bien es cierto que se han adoptado una serie de acciones que pudieran argumentar que el área del Ex-Lago de Texcoco no se ajusta a la definición de terreno forestal, la Promovente adopta la posición de que es un terreno forestal.

Con base a lo anterior, y como se observa en el Estudio Técnico Justificativa de Cambio de Uso de Suelo Forestal (ETJ) la superficie sujeta a cambio de uso de suelo de Pastizal halófilo es de 240.7545 ha, por lo que para dar cumplimiento a la fracción O) del Artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, Artículo 117 de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable y a los Artículos 120 y 121 su Reglamento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero del 2005, se presenta en paralelo a esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional, la solicitud para obtener la autorización para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales que incluye el Estudio Técnico Justificativo correspondiente.

Las áreas arbóreas de *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla* han alcanzado su máximo desarrollo sobre los bordes de las canales de riego, por la disponibilidad de agua que ayuda a disminuir los efectos de las sales del suelo y representa un reservorio de humedad en la temporada de secas, caso contrario en terrenos planos donde existe la presencia de *Tamarix chinensis* de poca altura con un crecimiento de tipo arbustivo y muy ramificado desde su base como resultado de las condiciones del terreno y el clima. Además de *T. chinensis* y *T. aphylla* se pueden encontrar algunos árboles de *Casuarina equisetifolia* y *Schinus molle* de manera aislada como únicos sobrevivientes de los primeros programas de revegetación de la CONAGUA con especies exóticas tolerantes a la salinidad.

La superficie que se reporta de pastizal halófilo es variable durante el año debido a las condiciones de humedad, actualmente el pastizal halófilo ha ganado terreno cubriendo zonas que anteriormente INEGI consideraba como zonas "sin vegetación aparente".

Entre las especies de *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla* y el pastizal halófilo, se pueden encontrar algunos individuos aislados de las siguientes especies: *Solanum nigrum*, *Argemone mexicana*, *Sonchus oleraceus*, *Bidens alba*, *Chenopodium fremontii*, *Amaranthus* sp, *Lepidium virginicum*, *Phytolacca icosandra* y *Suaeda nigra* muchas de estas plantas de ciclo anual y con una distribución muy restringida, asociada a vegetación ya establecida donde las condiciones del suelo y el microclima le permiten su crecimiento.

El número total de especies obtenido mediante el inventario realizado para *Tamarix* y el pastizal halófilo en el predio del Proyecto, indican una riqueza específica total de 24 especies, ninguna de ellas se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ni en CITES y los resultados fueron cartografiados.

## Fauna

La fauna de peces, anfibios, reptiles y mamíferos que se reporta en el SAR se representa en ecorregiones biogeográficas perfectamente delimitadas. En las ramificaciones pertenecientes a la Sierra Madre Oriental hacia el Sur de México, Norte y Este del SAR, que abarca los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla y sus serranías colindantes, con un reporte total de 73 especies. Por otra parte, en el Sistema Transversal Volcánico (STV) y el Valle de México en el cual se encuentra el Estado de Morelos, Estado de México y Distrito Federal, hacia la parte central del mismo STV, y hacia la parte Central y Sur del SAR, es decir la porciones correspondientes al Distrito Federal y al Estado de México, se reporta un total de 135 especies.

De acuerdo con Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de las 208 especies antes citadas para el SAR, 9 son especies endémicas, 6 están catalogadas como especies sujetas a Protección Especial, 12 como especies

amenazadas, una especie en Peligro de Extinción y una especie Probablemente Extinta en el medio silvestre. Conforme a la CITES, 1 especie se encuentra dentro de los Apéndices I y II; 2 especies dentro del Apéndice III y 3 especies dentro del Apéndice I, en lo que refiere a la Red List of Threatened Species, International Union for Conservation of Nature (IUCN por sus siglas en inglés, 2013), 6 especies se encuentran como Casi Amenazada (NT por sus siglas en inglés), 2 como Vulnerables (VU por sus siglas en inglés), 2 especies como Amenazadas (EN por sus siglas en inglés) y 2 especies como Datos Insuficientes (DD por sus siglas en inglés). Ninguna especie reportada en el SAR se encuentra en el acuerdo de SEMARNAT de poblaciones prioritarias para la conservación

#### ⊕ Fauna menor (herpetofauna y mastofauna)

El área de estudio se delimitó por su capacidad de vagilidad, puesto que en el predio del Proyecto está delimitada por canales que se constituyen en barreras para la mayoría de los reptiles y mamíferos. Si bien los anfibios tienen la capacidad de traspasarlos, su ámbito de distribución se mantiene en las márgenes de dichos canales. Así el predio del Proyecto y su Área de Influencia conformada por la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco (ZFEx-LT) se puede considerar como el ámbito espacial-natural de distribución que tienen estos tres grupos faunísticos.

Durante los trabajos de campo se pudo comprobar la existencia de 5 especies de anfibios, *Anaxyrus compactilis* (sapo), *Hyla eximia* (rana), *Lithobates pipiens* (rana), *Spea multiplicata* (sapo falso) y *Lithobates montezumae* (rana).

Los reptiles identificados en campo fueron: *Sceloporus scalaris*, *Sceloporus grammicus*, *Pituophis deppei* y *Thamnophis eques*, de las cuales de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 que establece las especies de flora y fauna con categoría de riesgo, *Sceloporus grammicus* se encuentra bajo el estatus sujeta a Protección Especial, mientras que *Thamnophis eques* y *Pituophis deppei* bajo la categoría de amenazada, conforme a la lista roja o libro rojo International Union for Conservation of Nature (IUCN), *Sceloporus spinosus* como cuarta especie se encuentra bajo el estatus de preocupación menor.

En cuanto a mamíferos, se pudo comprobar la existencia de solamente cinco especies de mamíferos: dos pequeños roedores: *Peromyscus maniculatus* (ratón de patas blancas) y *Microtus mexicanus* (meteorito mexicano), así como de los dos lepóridos reportados para el área: *Lepus californicus* (liebre cola negra) y *Sylvilagus floridanus* (conejo castellano). Sin excluir como quinta especie, *Canis domesticus* (perro doméstico) representado por al menos cinco manadas de perros ferales con seis a ocho individuos cada una.

El Índice de Similitud entre el predio del Proyecto y el Área de Influencia (ZFEx-LT) presenta un valor  $S = 0.8235$ , lo cual corresponde a un valor importante, lo cual se justifica por diferir solamente en tres de 10 especies. Sin embargo los valores de similitud entre la zona exterior al predio del Proyecto con su Área de Influencia (ZFEx-LT) es de 1.0, es decir son el mismo sistema en cuanto a biodiversidad.

De lo anterior se deduce, que la biodiversidad herpetofaunística en el Área de Influencia (ZFEx-LT) no se vería comprometida en lo absoluto por la realización del Proyecto, todas las poblaciones de este componente permanecerán sin una afectación relevante por la reducción de superficie o la eliminación de cuerpos de agua.

#### ⊕ Ornitofauna y la delimitación de su Área de Influencia Proyecto (AIP-Aves)

Por lo que se refiere a las aves, el estudio abarcó un mayor ámbito espacial considerando su mayor movilidad tanto por vuelo, como por la relevancia en sus movimientos migratorios y como se indicó al principio de este capítulo, se cartografía el AIP-Aves en función de la presencia de los espejos de agua en el Valle de México.

Durante el trabajo de campo (noviembre del 2013 a enero del 2014) se realizaron cinco conteos de aves en 11 sitios representativos del Ex-Lago de Texcoco: Los conteos en campo arrojaron un total de 74 especies de aves, tanto acuáticas como terrestres. Las especies más abundantes fueron los patos *Anas clypeata* (pato cucharón) y *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate) y en general el grupo de los patos con más del 87% del total de los individuos encontrados junto con las aves playeras (5.4% del total). Las gallaretas (*Fulica americana*) son la tercera especie más abundante y representó casi el 4% del total de individuos contabilizados en el Ex-Lago de Texcoco.

El lugar con mayor abundancia de aves en el Ex-Lago de Texcoco fue el Lago Nabor Carrillo que albergó un máximo de 26,420 aves totales, lo que representó el 39% del total de individuos contabilizados (65,594 individuos totales) en el

conteo realizado a finales de noviembre del 2013. Del número máximo de individuos contabilizados en el Lago Nabor Carrillo, el 97% fueron patos y de este porcentaje, el 84% correspondieron a *Anas clypeata* (pato cucharón).

La tendencia en el número poblacional de las especies de patos que se encuentran en los 11 cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco donde se realizan los conteos, sigue el mismo patrón que los números de aves totales, sin embargo, al ser un grupo que está compuesto de 10 especies con diferentes comportamientos alimenticios y requerimientos de hábitat, no se registraron todas las especies en un solo conteo.

Los cálculos de los índices de diversidad se realizaron con el programa PAST (Hammer, *et al.* 2001) y son:

La diversidad calculada para el conjunto de los 11 cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco (en donde se realizaron los conteos) y tomando como base número máximo de individuos y las especies a las que pertenecen, para cada uno de los conteos realizados los índices son consistentes entre sí.

El Índice de Shannon-Weaver, los valores en general son bajos (mientras más cercano a 0 sea el valor, menor será la diversidad) y van del 0.78 para el caso del conteo de finales de noviembre del 2013 y 1.63 para el conteo de finales de diciembre. El índice de Equidad de Pielou también presenta su menor valor del conteo de finales de noviembre del 2013 y el mayor en el de finales de diciembre del mismo año.

El Índice de Simpson o de dominancia refuerza lo observado en los conteos (el índice tiene una escala de 0 a 1, donde un valor cercano a uno implicará mayor dominancia) al tener el valor más alto (0.7) en el conteo de finales de noviembre del 2013 y el más bajo (0.34) en el de finales de diciembre del 2013, justamente la tendencia inversa a los valores de los índices de diversidad arriba descritos.

Los valores de los índices de diversidad se explican por la gran dominancia del grupo de los patos, es claro que este grupo de aves juega un papel importante tanto como en el número de especies presentes (9 de 50 en el caso del mayor número de especies registradas en el primer conteo de diciembre) como de individuos (90% de los 65,594 individuos totales encontrados en el conteo de finales de noviembre del 2013).

Estos números son más reveladores cuando se encuentra que, del número máximo de individuos, más del 82% lo conforman sólo tres especies, que en orden de importancia son: *Anas clypeata* (pato cucharón), *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate) y *Fulica americana* (gallareta americana).

Es de resaltarse la importancia de la población de pato cucharón en el Ex-Lago de Texcoco pues en el caso del conteo de finales de noviembre, la población total de esta especie contribuyó con el 83% del total de individuos que se encontraban en los once cuerpos de agua donde se realizó el conteo. Esto significa que de las 43 especies de aves registradas, 80 de cada 100 individuos eran patos cucharones y los otros 20 individuos pertenecerían al resto de las 43 especies encontradas.

El grado de dominancia de *Anas clypeata* (pato cucharón), se mantuvo en todo el periodo de los conteos, siendo su contribución al número total de aves registradas de entre el 54 y el 83%, llegando hasta el 84% en el caso del Lago Nabor Carrillo.

La dominancia del grupo de los patos (con un máximo de 9 de 50 especies totales registradas) es más que clara ya que como se indicó anteriormente, como grupo contribuyen con 85 a 90% del total de individuos totales registrados en el Ex-Lago de Texcoco. De este grupo, principalmente *Anas clypeata* (pato cucharón), y *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate), conforman la gran mayoría de aves que habitan el Ex-Lago de Texcoco en el invierno 2013 – 2014.

De los datos anteriores se puede observar que las aves tienen una dinámica cambiante con fluctuaciones muy marcadas en el territorio bajo estudio y esto se debe a que se encuentran en la etapa de transición migratoria y estacional.

De las especies de ornitofauna identificadas en campo, 4 se encuentran bajo régimen de protección por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 13 están en alguna de las categorías de la IUCN (10 en la categoría Least Concern), 4 se encuentran en el Apéndice II de CITES.

AICAS

El Ex-Lago de Texcoco fue designada como AICA debido a que en ese sitio se encuentran poblaciones de 100,000 o más aves acuáticas durante el invierno, siendo el área más importante de las dos o tres zonas de invernación de aves acuáticas del Valle de México.

Con base en trabajos realizados por la asociación Civil Duck Unlimited de México, Dumac en el año 2006, se elabora un Programa de Conservación y Manejo para las Aves Playeras en el Lago de Texcoco. Posteriormente la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, CONABIO reconoce la designación del Lago de Texcoco como una AICA (AICA 01).

En el 2007 se vuelve a recategorizar el AICA, quedando ahora en las nuevas categorías establecidas por BirdLife International como "A1" (Especies Globalmente Amenazadas) y A4i debido a que es un sitio que mantiene o puede mantener un número mayor o igual al 1% de una población biogeográfica de especies de aves acuáticas.

### **Aspectos Socioeconómicos**

A nivel del SAR, el INEGI reconoce 3,336 localidades en las entidades federativas. Esta multitud de localidades difieren sustancialmente entre sí a nivel de población pues por un lado se tienen poblaciones sin habitantes registrados y por otro existen algunas de las localidades más grandes del país como Iztapalapa (Delegación del D.F.), Gustavo A. Madero (Delegación del D.F.) y Ecatepec de Morelos y Nezahualcóyotl en el Estado de México, cuya población es superior al millón de habitantes.

No obstante lo anterior, se considera que el SAR no es el indicador óptimo de análisis para los aspectos socioeconómicos del Proyecto y que un criterio de más fácil y útil manejo es la división político-administrativa. Al respecto, se han definido dos áreas de influencia o estudio denominadas Área de Influencia Socioeconómica Directa (AID) y Área de Influencia Socioeconómica Indirecta (AII). El AID se constituye por los 5 municipios conurbados aledaños al predio del Proyecto mientras que el AII abarca toda la Zona Metropolitana de la Ciudad de México puesto que una obra de la envergadura del Proyecto, tiene repercusiones a diferentes niveles en toda la ciudad.

Cabe destacar que en el predio del Proyecto no se encuentran asentamientos humanos; ésta es propiedad del Gobierno Federal en su totalidad, y se encuentra bajo la administración de la Comisión Nacional del Agua por lo que para la ejecución del Proyecto no será necesario adquirir nuevas tierras ni modificar la tenencia de las mismas, lo cual elimina la posible problemática relacionada con la población terrateniente.

A nivel arqueológico, en dos estudios efectuados en 2013 se encontraron restos de ofrendas y algunos vestigios prehispánicos. Si bien no se encontró ningún elemento arquitectónico, los hallazgos permiten validar el conocimiento que se tenía acerca de los habitantes en la ribera del Lago de Texcoco. Para asegurar un salvamento completo y tener mayor conocimiento (incluso del periodo Cuaternario Gelasense) es recomendable que arqueólogos del INAH acompañen las labores de construcción, especialmente en la fase de cimentación, a fin de dar cumplimiento al Artículo 18 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas.

El Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México es un proyecto de desarrollo que apuntalaría el proceso de crecimiento social y económico en condiciones de sustentabilidad, siempre y cuando lleve implícito medidas que ofrezcan los menores impactos y costos ambientales, y potencialice los beneficios constituyendo así una estrategia de revalorización ecológica y social para un área que, debido a sus particulares condiciones, presenta aceleradas tendencias de deterioro ambiental.

La construcción del Proyecto en la ZMVM es una inversión clave para la infraestructura y para la generación de puestos de trabajo y oportunidades económicas en general. El Proyecto crea valor a corto, mediano y largo plazo para la región y para el país, mediante la maximización de los flujos de ingresos de aviación.

El no realizar el Proyecto en el corto plazo ocasionará la saturación total del AICM elevando los costos de transporte desde y hacia la ZMVM así como el posible desabasto de mercancías y un freno al comercio nacional e internacional (la aduana del AICM procesa el 10% de las mercancías que ingresan al país desde el extranjero).

El desarrollo del Proyecto concentraría todas las operaciones aeroportuarias en una sola localización lo que facilita el tráfico y conexión de pasajeros y el movimiento de carga, lo cual genera una mayor demanda y permite mejorar la

eficiencia de las flotas de aeronaves de las aerolíneas, así como la de sus tripulaciones y personal de tierra y facilita el uso del NAICM como hub de carga y pasajeros.

El desarrollo del Proyecto contribuiría a crear una barrera física para contener y dar mayor orden al crecimiento urbano en esa área de la ZMVM. Adicionalmente, liberaría el terreno del actual AICM, ofreciendo una oportunidad única para detonar diversos usos alternativos.

No se prevé ninguna otra obra de infraestructura en el país que pueda generar más empleos en el corto plazo (160,000 entre 2014 y 2018) y que represente mayor inversión (hasta \$242,000 millones de pesos incluyendo obra civil, estudios y otras obras).

Ante la insuficiencia de planes anteriores para resolver el problema del transporte aéreo en el centro del país, se considera que el desarrollo del Proyecto para la ZMVM es imperante desde el punto de vista económico y que el sitio elegido es la opción más atractiva para los usuarios y de mayor rentabilidad para el Gobierno Federal y los habitantes de la ZMVM.

Socialmente, no se vislumbran problemas con la tenencia de la tierra y los habitantes del AID y municipios y delegaciones colindantes se verán beneficiados por la gran derrama económica y la diversidad de oportunidades de empleo durante toda la vida del Proyecto.

### **Paisaje**

En la actualidad y desde un punto de vista ecológico, el Ex-Lago de Texcoco es un ecosistema alterado que ha perdido parte de su importancia ambiental original, desde su desecación y por la expansión del área urbana, a pesar de los intentos por mejorar su imagen, quedando solamente como un área desolada y abandonada.

La calidad visual del predio, en general, es medio esto debido a que es un espacio abierto sin urbanizar. Sin embargo en lo referente a la actividad antrópica en su interior, los valores son bajos debido a que la perspectiva visual que presenta la red de caminos que lo delimitan y por el área del relleno sanitario que se percibe. Se encuentra también muy cercano la infraestructura hidráulica que generó el Plan Texcoco desde 1970, la cual determina un paisaje medio debido a que algunas instalaciones cuentan con áreas verdes y espejos de agua.

En cuanto a la fragilidad visual el predio ha quedado calificado como de fragilidad visual media, lo cual es de ponderar por el hecho de que ésta calificación esta dada por la poca actividad humana en su interior y por lo que el sitio representa como una pequeña cuenca visual sin urbanizar.

#### IV.7.4 Estructura por componentes del ecosistema

### **Suelo**

El suelo juega un importante papel en el ecosistema ya que incorpora y almacenan nutrientes por medio de procesos vegetales, además de que sirven de soporte físico para la flora y regulan el flujo de agua al subsuelo.

Los suelos que se presentan en el predio del Proyecto es Solonchak gleyico que se caracteriza por su alta concentración de sales solubles, con valores de pH de entre 10.5 y 11, tiene una capa en donde se estanca el agua. La textura de este suelo es fina por lo que presenta problemas en la labor agrícola, en el drenaje y por tanto se inundan. Este tipo de suelo no es apto para la agricultura ni la ganadería y sólo pueden establecerse algunos tipos de pastos resistentes a las sales carbonatadas, pH de 9 a 11 y bajo condiciones de inundación semipermanente. También que son suelos fácilmente erosionables por la acción eólica, la cual esta moderada por la retención de agua en su superficie provocada por los encharcamientos y la vegetación halófila existente.

### **Agua superficial y subterránea**

El predio del Proyecto no forma parte del sistema de manejo hidráulico de la CONAGUA dentro del Programa Texcoco y del manejo de los denominados Ríos de Oriente y bien en sus alrededores se encuentra diversa infraestructura



destinada a éste fin. El agua de lluvia que se precipita en el predio del Proyecto tiene los siguientes destinos: la evaporación; la evapotranspiración por la vegetación existente; su canalización hacia el vertidor oriente a abrirse las compuertas existentes. Existe también la posibilidad teórica de infiltración hacia acuífero, sin embargo se desecha al observarse que la columna de limo y arcilla alcanza el predio del Proyecto puede alcanzar los 60m de profundidad en donde ésta agua es retenida como parte del acuitardo. Lo que sí está claro es que el predio del Proyecto no forma parte de la zona de recarga del acuífero.

### Biodiversidad de la flora y fauna terrestre

La importancia de la diversidad biológica radica en que tanto la productividad primaria, la mineralización de materia orgánica y otras funciones del ecosistema son controladas por orgánicos vivos (Vila, 2001; en Martínez, 2009).

La función de la cobertura vegetal es la de proteger el suelo de la intemperización por el viento, lluvia, energía solar, etc, y evita su erosión, manteniendo así el almacenamiento de nutrientes (Constanza et al, 1997, en Martínez, 2003), Favorece la retención del agua al suelo ser fuente principal de alimento de otros organismos (Daily, 1997, en Martínez, 2003).

El predio del Proyecto cuenta con vegetación halófila conformada por especies exóticas a la zona, su distribución es del tipo agrupado o aleatorio en función de la disponibilidad de los recursos, principalmente nutrientes y sustrato.

La distribución de la flora y los Índices calculados, muestran un ecosistema pobre, con un origen histórico inducido y sostenido por la acción humana cuyo fin fue la retención del suelo para que no se genere material particulado que pueda ser transportado hacia el Valle de México por la acción del viento..

Las especies de flora encontradas en el predio del Proyecto son: 3 especies del estrato herbáceo *Distichlis spicata* (pasto salado), *Sporobolus pyramidatus* (liendrilla o cola de zorro) y *Paspalum virgatum* (cebadilla), con presencia de *Eragrosti sobtusiflora* y *Hordeum jubatum* y vegetación arbórea y arbustiva de *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla*. El número total de especies obtenido mediante el inventario realizado para las comunidades vegetales presentes en el área del Proyecto, resultando una riqueza específica de 24 especies, ninguna de ellas se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ni en CITES ni en la lista roja (IUCN).

Para el caso de la fauna, en el predio del Proyecto existen 5 especies de anfibios, *Anaxyrus compactilis* (sapo), *Hyla eximia* (rana), *Lithobates pipiens* (rana), *Spea multiplicata* (sapo falso) y *Lithobates montezumae* (rana). Los reptiles identificados en campo fueron: *Sceloporus scalaris*, *Sceloporus grammicus*, *Pituophis deppei* y *Thamnophis eques*, de las cuales de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Sceloporus grammicus* se encuentra bajo el estatus sujeta a Protección Especial, mientras que *Thamnophis eques* y *Pituophis deppei* bajo la categoría de amenazada, conforme a la lista roja o libro rojo International Union for Conservation of Nature (IUCN), *Sceloporus spinosus* como cuarta especie se encuentra bajo el estatus de preocupación menor.

En cuanto a mamíferos, se pudo comprobar la existencia de solamente 5 especies de mamíferos: dos pequeños roedores: *Peromyscus maniculatus* (ratón de patas blancas) y *Microtus mexicanus* (metoro mexicano), así como de los 2 lepóridos reportados para el área: *Lepus californicus* (liebre cola negra) y *Sylvilagus floridanus* (conejo castellano). Sin excluir como quinta especie, *Canis domesticus* (perro doméstico) representado por al menos cinco manadas de perros ferales con seis a ocho individuos cada una. Ninguna especie está considerada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ni en CITES ni en la lista roja (IUCN).

No es posible separar la presencia de las aves presentes en el Ex-Lago de Texcoco, los espejos de agua del Valle de México y el predio del Proyecto. Durante el trabajo de campo (noviembre del 2013 a enero del 2014) se realizaron 5 conteos de aves en 11 sitios representativos del Ex-Lago de Texcoco: Los conteos en campo arrojaron un total de 74 especies de aves, tanto acuáticas como terrestres. Las especies más abundantes fueron los patos *Anas clypeata* (pato cucharón) y *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate) y en general el grupo de los patos con más del 87% del total de los individuos encontrados junto con las aves playeras (5.4% del total). Las gallaretas (*Fulica americana*) son la tercera especie más abundante y representó casi el 4% del total de individuos contabilizados en el Ex-Lago de Texcoco. Sin embargo se observó que las aves tienen una dinámica cambiante con fluctuaciones muy marcadas en el territorio bajo estudio y esto se debe a que se encuentran en la etapa de transición migratoria y estacional.

## Funcionalidad del ecosistema

Es considerado como un ecosistema al sistema de interrelaciones entre componentes bióticos y abióticos (Maass *et al*, 1995; en Martínez, 2003). Los ecosistemas realizan funciones tales como el ciclado de nutrientes que dependen no sólo de organismos individuales sino de una serie de factores involucrados como la estructura física del suelo y microorganismos que allí habitan, disponibilidad de agua, el tipo de vegetación y más factores bióticos y abióticos (Christensen y Franklin, 1997, en Martínez, 2003).

Los ecosistemas identificados para el SAR, las Áreas de Influencia Proyecto y el predio del Proyecto están formados por un grupo de subsistemas que interactúan entre sí y con las áreas urbanas y agrícolas. Mientras que en el SAR existe un total de 17 ecosistemas o tipos vegetacionales: Agricultura de Riego (AR), Agricultura de Temporal (AT), Agricultura de Temporal (AT), Bosque Cultivado (BC), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Encino-Pino (BPQ), Bosque de Oyamel (BA), Agricultura de Temporal (AT), Bosque Cultivado (BC), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Encino-Pino (BPQ), Bosque de Oyamel (BA), Bosque de Pino (BP), Bosque de Pino-Encino (BPQ), Bosque de Tásate (BJ), Matorral Crasicaule (MC), Matorral desértico rosetofo, Pastizal cultivado, Pastizal Halófilo (PH), Pastizal Inducido (PI), Pradera de Alta Montaña (VW), Tular (VT), Vegetación Halófila Hidrófila (VHH).

En Área de Influencia para Flora (Microcuenca Texcoco), existen 15 tipos de vegetación que son: Pastizal Inducido (PI), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Pino (BP), Pastizal Halófilo (PH), Matorral Crasicaule (MC), Bosque de Oyamel (BA), Bosque de Pino-Encino (BPQ), Bosque de Encino-Pino (BQP), Vegetación Halófila Hidrófila (VHH), Bosque de Tásate (BJ), Pradera de Alta Montaña (VW), Tular (VT), Bosque Cultivado (BC), Agricultura de Temporal (AT) y Agricultura de Riego (AR).

### IV.7.4.1 Modelo Ecológico Conceptual (MEC)

## Principios básicos

Los Modelos Ecológicos Conceptuales (MEC) constituyen el principio organizativo fundamental en una estrategia para la planeación e implementación de programas de conservación y restauración. A través de los MEC se sistematiza la información existente en un modelo conceptual que permite identificar y valorar las interacciones entre factores de diferente naturaleza, identificar la falta de información críticos y elaborar hipótesis de trabajo que expliquen las fuentes y efectos de los cambios fundamentales (presentes y potenciales) inducidos por la actividad humana.

Los MEC describen la forma en que se relacionan sus componentes, indican las vías generales por las cuales los factores controladores afectan los atributos del ecosistema que son importantes para el funcionamiento del mismo y aquellos que son vistos por las comunidades humanas como valiosas e importantes de mantener. Estos modelos han sido desarrollados y aplicados con éxito en el caso del gran humedal de los Everglades, Florida, USA (Barnes, 2005; Crigger *et al.*, 2005; Davis *et al.*, 2005; Ogden *et al.*, 2005a; Gawlik, 2006), entre otros. Los componentes principales de los MEC son cuatro:

- I. Factores controladores: Fuerzas externas al sistema natural que tienen influencia de gran escala sobre el sistema. Pueden ser fuerzas naturales (p.e. acción permanente del viento) o antropogénicas (p.e. manejo del agua).
- II. Agentes estresantes: Cambios físicos o químicos que ocurren dentro de los sistemas naturales, inducidos por los factores controladores y causan alteraciones significativas en los componentes y procesos biológicos.
- III. Efectos ecológicos: Respuestas físicas, químicas y biológicas causadas por los agentes estresantes.
- IV. Atributos: Subconjunto mínimo indispensable de todos los elementos o componentes biológicos potenciales que son representativos de la condición ecológica general del sistema natural. Los atributos son, típicamente, poblaciones, especies, gremios tróficos, comunidades o procesos. Los atributos, también conocidos como indicadores, son seleccionados para representar efectos conocidos o hipotéticos de los agentes estresantes (p.e. número de fauna silvestre) y elementos de los sistemas que tienen valor humano (p.e. pesca deportiva, ecoturismo).

En la siguiente figura se muestra un ejemplo teórico del Modelo ecológico Conceptual de un Sistema Ambiental Regional Tipo.

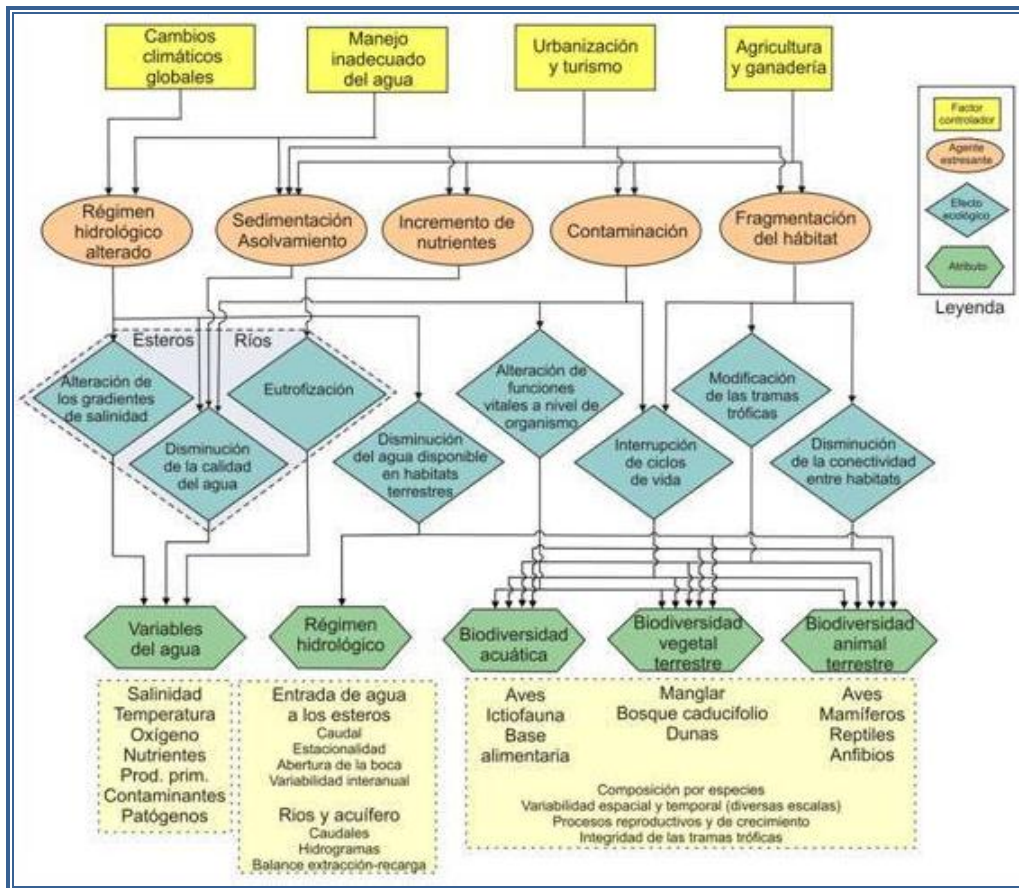


Figura IV.107 Ejemplo teórico del Modelo ecológico Conceptual de un Sistema Ambiental Regional Tipo.

### Factores controladores identificados en el SAR

Son aquellos que actúan a gran escala sobre el sistema:

- I. Los cambios climáticos globales que modifican el régimen de lluvias y los efectos endógenos de la Cuenca Atmosférica de la ZMVM con su aporte de emisiones contaminantes y la interacción climática con las islas de calor que representa la ZMCM, de la ciudad de Pachuca, la ciudad de Toluca y la ciudad de Cuernava.
- II. Deforestación.
- III. En incremento sostenido en el número de habitantes de los núcleos urbanos.
- IV. Industrialización sostenida

### Agentes estresantes

Los siguientes agentes estresantes producto de los factores antes mencionados se enumeran a continuación:

- I. Régimen hidrológico alterado. Combinación de cambios climáticos y la deforestación que modifican el régimen hidrológico (escurrimiento, evapotranspiración, retención del agua en la superficie del suelo, etc.)
- II. Erosión del suelo. Incremento de la erosión del suelo por la deforestación, fuerza eólica y precipitación influenciada por las condiciones endógenas de la Cuenca Atmosférica de la ZMCM y las condiciones meteorológicas predominantes del Golfo de México y el Océano Pacífico.

- III. Incremento de nutrientes. Alteración del balance de nutrientes (aumento de los niveles de compuestos de nitrógeno y fósforo sobre suelo natural) por el uso de fertilizantes en la agricultura y el arrastre incrementado por la deforestación.
- IV. Contaminación. Por el uso no controlado y posiblemente excesivo de agroquímicos (insecticidas, herbicidas, etc.) y la utilización de detergentes y sustancias de otra índole, así como el vertido no controlado de aguas grises a lechos de ríos, arroyos y suelo.
- V. Alteración en la estructura del suelo por la actividad humana, los núcleos poblacionales y el origen geomorfológico y edafológico del SAR.
- VI. Fragmentación del hábitat. Creación de parches y corredores por la eliminación de vegetación nativa debido a actividades antropogénicas como la agricultura, urbanización o infraestructuras. En casos extremos, la desaparición de áreas de un hábitat determinado, acuático o terrestre, afecta de forma irreversible a algunas especies.

### Efectos ecológicos

La modificación antropogénica de los componentes y procesos ecológicos, incluyendo propiedades muy importantes como la resiliencia, los servicios ambientales y la integridad de las tramas tróficas es compleja.

A continuación se presenta un modelo simplificado para la determinación de la magnitud de los efectos ecológicos provocados por los agentes estresantes.

- I. Modificación de la calidad del agua. Tienen especial importancia la presencia de sustancias contaminantes que pueden afectar la fisiología de los organismos, repercutiendo en su supervivencia, tasas de crecimiento y éxito reproductivo; así como la modificación en la estructura de las unidades edafológicas.
- II. Eutrofización. Es un proceso natural, que se ve acelerado por el incremento en la carga de nutrientes convirtiéndolo en un agente estresante que repercute de forma muy marcada en la calidad del agua, produciendo eventualmente zona anóxicas temporales o permanentes.
- III. Régimen de lluvia y viento sobre los hábitats terrestres. Los cambios naturales en el volumen de agua pueden ser amplios y llevar al ecosistema a situaciones limitantes en la capacidad de carga del ecosistema. Si en estas condiciones actúan simultáneamente otros agentes estresantes, se puede dar una situación de estrés permanente sobre los ecosistemas.
- IV. Alteración de funciones vitales a nivel de organismo. La contaminación tiene con mucha frecuencia efectos subletales que afectan los procesos de crecimiento y reproducción sin matar a los individuos, pero disminuyen la capacidad de autorrenovación de las poblaciones, comunidades y por lo tanto del ecosistema. Todo el ecosistema funciona si los individuos de las especies que lo integran pueden realizar normalmente sus funciones biológicas.
- V. Interrupción de ciclos de vida. Se ven impactados severamente por la fragmentación del hábitat y la contaminación.
- VI. Modificación de las tramas tróficas. Para que se mantengan cerca de su estado natural es necesario garantizar la salud de varios componentes clave y analizar estos de forma integral, en sus interacciones del flujo de energía y el ciclo de materia.
- VII. Disminución de la conectividad entre hábitats. Los elementos esenciales de conectividad dentro del sistema terrestre son destruidos por actividades de deforestación, agricultura, urbanización y desplante de infraestructura. Mismos que afectan de forma notable la resiliencia de todo el sistema y aumenta su vulnerabilidad ante nuevos impactos.

La aplicación de las condiciones anteriormente descritas sobre el predio del Proyecto y su entorno ecológico, dieron como resultante el ecenario que se muestra a continuación, empleando para ello la red de interacciones.

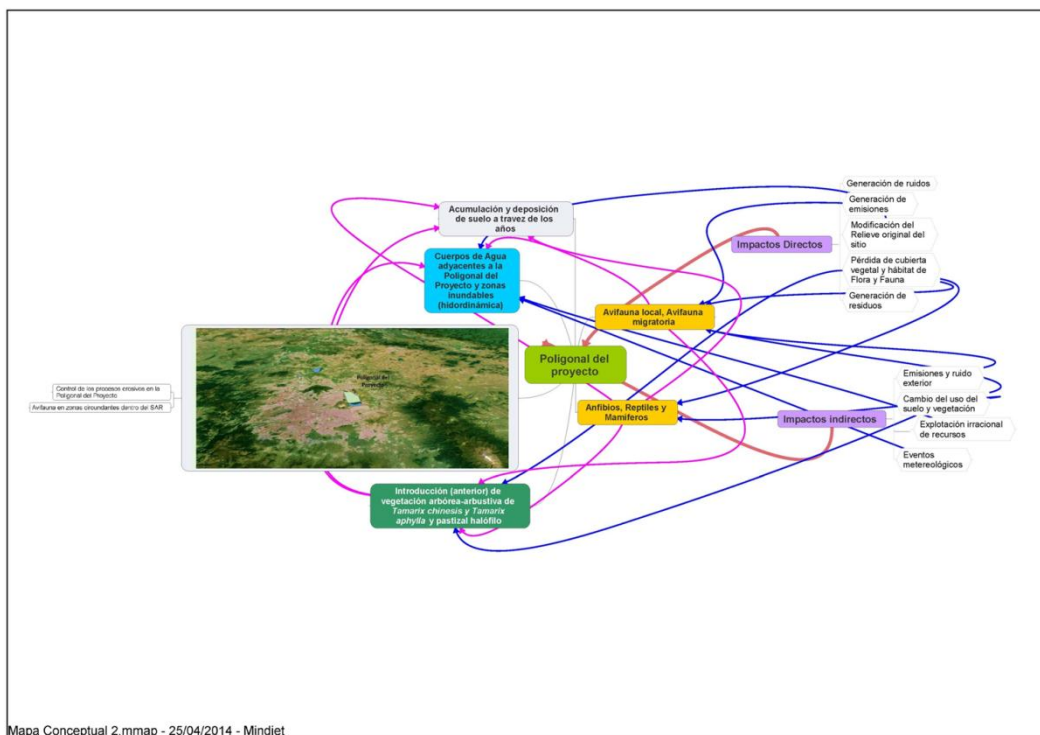


Figura IV.108 Red de interacciones ambientales del SAR y el predio del Proyecto.

**Atributos**

A continuación se presentan los diferentes atributos:

- I. Estado natural: periodo anterior a las modificaciones producidas por la actividad directa del hombre o los cambios climáticos.
- II. Estado presente: la relevancia ecológica tiene que evaluarse por comparación con la situación natural que existía en el pasado.
- III. Evolución espacial y temporal de los valores: como consecuencia de intervenciones humanas significativas que se den en el futuro. Esto implica el seguimiento o monitoreo.

El análisis de los atributos críticos debe ser incluido en una valoración del estado actual del SAR y su capacidad para recibir un impacto adicional en el marco de un desarrollo sustentable.

Se consideran cinco categorías principales de atributos o indicadores ecológicos para su análisis individual y análisis final integrada a partir del modelo conceptual ya descrito.

- I. Variables del agua. Las mediciones deben ser hechas de manera que permitan identificar, de forma adecuada y periódica, los ejes principales de variabilidad espacial y temporal a diversas escalas:
  - Aporte de nutrientes y contaminantes (biológicos y fisicoquímicos): en momentos relevantes del día (hay mínimos y máximos críticos en función de la hora del día y la noche).
  - En momentos relevantes de su ciclo anual (alternancia entre lluvia y estiaje).

- En la escala de series de tiempo (para poder aseverar que se está en presencia de valores anormales, es necesario confirmar que ello no responde a fluctuaciones naturales en la escala temporal superior al año).
- II. Variables del suelo. Las mediciones deben ser hechas de manera que permitan identificar en forma adecuada los ejes principales de variabilidad espacial y temporal a diversas escalas:
  - Presencia de agentes que pueden disolver o fragmentar la estructura de las unidades edafológicas actuales debido a su origen fisicoquímico o biológico.
- III. Biodiversidad del ecosistema terrestre. Se trata como un conjunto por razones metodológicas. Los indicadores principales son:
  - Composición por especies, abundancia y distribución, incluye riqueza de especies y medidas de diversidad (p.e. Índice de Shannon).
  - Variabilidad espacial y temporal (estacional e interanual) de la diversidad biológica y los procesos relevantes (reproducción, alimentación).
  - Procesos reproductivos y de crecimiento en especie(s) clave o modelo (utilizadas como indicadores de alteración de procesos o por estar bajo algún estatus de protección especial).
  - Integridad de las tramas tróficas. Especies clave o protegidas, es su alimento.
- IV. Biodiversidad de animales terrestres. Como indicadores a diferentes niveles de organización biológica deben considerarse las siguientes ramas de monitoreo:
  - Composición por especies, abundancia y distribución, incluye riqueza de especies y medidas de diversidad total.
  - Variabilidad espacial y temporal (estacional e interanual) de la diversidad biológica y los procesos relevantes (reproducción, alimentación).
  - Procesos reproductivos y de crecimiento en especies clave o protegidas (utilizadas como indicadores de alteración de procesos).
  - Integridad de las tramas tróficas. Elementos bióticos de un ecosistema es su alimento.
  - Conservación de los corredores biológicos. Un corredor biológico es un espacio geográfico limitado que constituye un pasaje continuo entre paisajes, ecosistemas y hábitats naturales o modificados, que asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos, mediante la facilitación, tanto de la migración, como de la dispersión de especies de flora y fauna, asegurando de esta manera la conservación de las mismas, a largo plazo.

Los atributos identificados anteriormente deben constituir la base para un Programa de monitoreo ambiental que se pueda producir como consecuencia de un incremento en las actividades humanas.

#### **Determinación del estado de conservación instantáneo del ecosistema**

La determinación del estado de conservación instantánea parte de una metodología anterior (Dinerstein 1995) en la que se evalúa por separado el potencial de conservación y el estado de amenaza de las eco-regiones.

Esta metodología en conjunto con bases de datos digitales y la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica pueden medir con precisión los parámetros utilizados en la evaluación del estado de conservación.

#### **Criterios Utilizados**

Se emplearon datos tales como el porcentaje de hábitat original perdido, la presencia de bloques grandes de hábitat original intacto, el grado de fragmentación y degradación del hábitat, las tasas de conversión y el grado de protección, entre otros, debido a que la pérdida de biodiversidad y la alteración de los procesos ecológicos (tanto la presente como la proyectada), son difíciles de medir directamente, dependiendo cada vez más de parámetros a nivel de paisaje como indicadores.

Variables de predicción de:

- i. La habilidad de un ecosistema para mantener los procesos ecológicos (por ejemplo, dinámica de poblaciones de predadores y presas, variando dentro de límites naturales, polinizando y dispersión de semillas, ciclos de nutrientes, migración, dispersión y flujo genético); y
- ii. Los componentes de la biodiversidad (por ejemplo), predadores superiores u otras especies clave o con bajo estatus de protección, que influyen en la cantidad y tipo de biodiversidad que persistirá a largo plazo.

#### IV.7.4.2 Método de determinación del estado de conservación instantáneo

El índice del estado de conservación se indica en un intervalo de puntos que va desde 0 hasta 100, donde los valores más grandes indican niveles altos de peligro.

Los parámetros del nivel de paisaje considerados de mayor importancia para la determinación del índice del estado de conservación instantáneo, son los siguientes:

- ⊕ Pérdida total de hábitat.
- ⊕ Bloques hábitat.
- ⊕ Fragmentación del hábitat.
- ⊕ Conversión del hábitat.
- ⊕ Grado de protección.

La determinación de la importancia relativa de los diferentes parámetros se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV.121 Parámetros para la determinación del índice de conservación.

Importancia	Parámetro
40%	Pérdida total de hábitat
20%	Bloques de hábitat
20%	Fragmentación de hábitat
10%	Conversión del hábitat
10%	Grado de Protección

A partir del cálculo de los puntos umbrales para las diferentes categorías de los estados de conservación se clasifican de acuerdo con la evaluación de la siguiente tabla:

Tabla IV.122 Jerarquización del estado de conservación de los ecosistemas.

Puntos	Estado de Conservación
0-6	Relativamente intacto
7-36	Relativamente estable
37-64	Vulnerable
65-88	En peligro
89-100	Crítico

#### ❖ Criterios de evaluación

##### **Pérdida total del hábitat**

Este criterio enfatiza la rápida pérdida de especies esperada en los ecosistemas, cuando el área total de hábitat remanente cae por debajo de niveles críticos mínimos. A pesar de que no hay un acuerdo acerca de los mecanismos o umbrales precisos que determinan la pérdida de especies en diferentes ecosistemas, estudios empíricos y teóricos indican que existe una correlación general entre la pérdida de hábitat y la pérdida de especies.

La pérdida de hábitat reduce la biodiversidad debido a:

- ⊕ La eliminación de especies o comunidades que están limitadas a determinadas localidades geográficas.
- ⊕ La disminución del área original de hábitat por debajo del tamaño mínimo para mantener la dinámica ecológica crítica a gran escala a nivel de ecosistemas.
- ⊕ La degradación y fragmentación de hábitat remanente que se hace tan pequeño o aislado que los fragmentos individuales o su conjunto, pierden la habilidad de mantener poblaciones viables o procesos ecológicos importantes.

La pérdida total de hábitat, medida a una escala eco-regional en la siguiente tabla, refleja todas estas consecuencias pero subvalora la primera y segunda. Asimismo, es especialmente importante la pérdida de especies causada por la eliminación o interrupción de hábitats.

Tabla IV.123 Clasificación de la pérdida total del hábitat.

Puntos	Estado de Conservación
0-6	Relativamente intacto
7-36	Relativamente estable
37-64	Vulnerable
65-88	En peligro
89-100	Crítico

### Bloques de Hábitat

Como parte de la evaluación del estado de conservación se considera importante el número y tamaño de bloques contiguos de hábitat. La dinámica de poblaciones y ecosistemas, tienen requerimientos específicos de área mínima para poder funcionar naturalmente. Por lo tanto, los bloques de hábitat deben ser lo suficientemente grandes para poder mantener dicha dinámica en funcionamiento. Grandes bloques de hábitat mantienen poblaciones de especies más grandes y viables; además, permiten la persistencia de una gama mayor de especies y dinámica ecosistémica. El cubrimiento geográfico de varios bloques grandes, también conserva una gama mayor de hábitats, gradientes ambientales y especies. Un ecosistema insular suele ser un único bloque en función del tamaño del territorio, su topografía y relieve.

El número de bloques grandes de hábitat presente en las diferentes categorías de tamaño, es un componente de este criterio. La teoría de la redundancia sugiere que la presencia de tres o más ejemplos de un ecosistema incrementa significativamente la probabilidad de que éste persista a largo plazo. Factores tales como el fuego, enfermedades, polución, deforestación, o degradación, pueden eliminar las especies o hábitats naturales dentro de los bloques. La presencia de varios bloques con comunidades similares permite la recolonización y persistencia de especies y tipos de hábitat particulares. En eco-regiones caracterizadas por un alto grado de diversidad beta (renovación de especies a lo largo de gradientes ambientales), es especialmente importante la presencia de múltiples bloques de hábitat que se encuentran bien distribuidos a lo largo del paisaje para conservar especies y hábitats.

El umbral de tamaño para mantener bloques viables de hábitat se ajusta ampliamente a la escala que es importante para la dinámica de los ecosistemas. Para evitar conclusiones desorientadoras al aplicar umbrales de tamaño continental a eco-regiones de islas (o ecosistemas continentales muy pequeños o sistemas naturalmente dispersos), se empleó para cada categoría de tamaño de eco-región un grupo diferente de tamaño de umbral.

Tabla IV.124 Análisis de bloques de hábitats.

Puntos	Rangos
2	> 500
5	> 250
10	≥ 3 bloques > 100
15	> 100
20	Ninguno > 100

### Fragmentación del Hábitat

La fragmentación de hábitat coloca en peligro demográfico a muchas especies que presentan bajas densidades poblacionales (Berger 1990; Laurance 1991; Newmark 1991; Wilcove et al. 1986; en Dinerstein, 1995). Un porcentaje relativamente grande del área intacta de los ecosistemas fragmentados se encuentra bajo presión de cacería, fuegos causados por la acción humana en sus alrededores, cambios en el microclima y la invasión de especies exóticas (Lovejoy 1980; Saunders et al. 1991; Skole y Tucker 1993; en Dinerstein, 1995). A medida que la fragmentación aumenta, la cantidad de área de hábitat central crítico disminuye. Se considera que fragmentos inferiores a los 100 km<sup>2</sup> no son adecuados para mantener poblaciones viables de la mayoría de vertebrados grandes. Algunas especies de aves, árboles y mariposas, que se encuentran típicamente en densidades muy bajas o que tienen distribuciones en parches,



también pueden perderse si se encuentran en fragmentos pequeños. En la siguiente tabla se observa el grado de fragmentación del hábitat.

Tabla IV.125 Grado de fragmentación del hábitat.

Puntos	Grado de fragmentación
0	Relativamente contiguo: alta conectividad; baja fragmentación; la dispersión a grandes distancias es aún posible a los largo de gradientes altitudinales y climáticos.
5	Bajo: la conectividad es más alta; más de la mitad de todos los fragmentos se agrupan en cierto grado (es decir, hay cierto grado de interacción con otros bloques de hábitats intacto)
12	Medio: la conectividad es intermedia; los fragmentos están algo agrupados; el paisaje intervenido permite la dispersión de muchos taxa a través de algunas partes de la ecoregión.
16	Avanzado: baja conectividad; fragmentos más grandes que en la categoría Alta; los fragmentos están muy aislados; el paisaje intervenido imposibilita la dispersión de la mayoría de los taxa.
20	Alto. La mayoría de los fragmentos son pequeños y/o no circulares; poco hábitat central debido al efecto de borde (por ejemplo, se considera una extensión de 0.75-1.0 km para efectos de borde físicos y de 40 km para presiones de cacería); la mayoría de los fragmentos individuales y de los grupos de fragmentos están muy aislados; el paisaje intervenido imposibilita la dispersión de la mayoría de los taxa.

### Conversión del Hábitat

Las tasas de conversión son estimadores menos poderosos del estado de conservación que las características del paisaje a gran escala, debido a:

- Los efectos ecológicos asociados con las tasas de conversión varían considerablemente, dependiendo del tamaño original de la eco-región, la cantidad de hábitat remanente, y el momento en que fueron estimadas las tasas y los patrones espaciales de conversión;
- La gran incertidumbre asociada con la estimación de las tasas de conversión actuales (Whitmore y Sayer 1992 en Dinerstein, 1995).
- La sensibilidad de las tasas de conversión a cambios relativamente pequeños en el comportamiento humano.
- La pérdida real de hábitat asociada con estimaciones recientes de conversión del hábitat -aún para tasas altas- es típicamente pequeña en relación con la gran alteración del paisaje durante los últimos siglos, que se reflejan mejor en los tres primeros criterios.

Las tasas de conversión recientes, proporciona alguna información acerca de las trayectorias de pérdida de hábitat y fragmentación a corto plazo y son utilizadas para mejorar la precisión de las evaluaciones del estado de conservación y no para estimar las amenazas a largo plazo.

El análisis final del estado de conservación, hace una proyección de las tendencias de pérdida de hábitat, fragmentación y tamaño de los parches a futuro y considera eventos propuestos o que se prevén (por ejemplo, proyectos de expansión urbana, turística, vialidades, canales, desplante de infraestructura de apoyo, etc) ver la siguiente tabla.

Tabla IV.126 Conversión anual.

Puntos	Conversión anual
0	< 0.5 %
6	0.5 - 2.0 %
8	2.1 - 3 %
9	3.1 - 4 %
10	> 4 %

### Grado de Protección

El grado de protección evalúa que tan bien los humanos han conservado bloques de hábitat intacto suficientemente grandes. En este criterio se enfatizan áreas protegidas, manejadas principalmente para la conservación de la biodiversidad o que de cualquier manera protegen efectivamente hábitats intactos.

Las áreas protegidas no son utilizadas como los principales indicadores del estado de conservación de una eco-región porque ya que la distribución de áreas protegidas no refleja necesariamente la extensión y la configuración del hábitat original que aún existe o la integridad de los ecosistemas en todo el paisaje, muchas áreas protegidas contienen hábitats que no serían considerados intactos y la mayoría de áreas protegidas son actualmente tan escasas y pequeñas, que no pueden incluir efectivamente ecosistemas completos y solamente serán efectivas si el paisaje que las rodea es manejado adecuadamente para la conservación de la biodiversidad.

En el análisis de amenazas (con miras al estado de conservación final), se podría enfatizar una falta de áreas formalmente protegidas, en lugar de considerar su presencia como un predictor del estado de conservación instantáneo.

En un análisis completo de áreas protegidas se deben considerar los siguientes aspectos:

- ⊕ Grado en que se preservan adecuadamente bloques grandes de hábitat dentro de un sistema de áreas protegidas.
- ⊕ Nivel de redundancia de áreas protegidas necesario para ayudar a garantizar la persistencia a largo plazo de los tipos de hábitat, las comunidades, las especies en peligro, o los hábitats críticos para especies o procesos ecológicos.
- ⊕ Grado en que se encuentran contenidos en un sistema de áreas protegidas: tipos de hábitat representativos, comunidades, gradientes ecológicos, especies en peligro, hábitats críticos para especies residentes o migratorias, o los procesos ecológicos.
- ⊕ Grado de conectividad entre reservas para la dispersión de especies y la continuidad de los procesos ecológicos de gran escala.
- ⊕ Efectividad en el manejo de áreas protegidas y la habilidad de aquellos a cargo de su manejo para defenderlas, basándose en la configuración de sus paisajes.

Las dos primeras consideraciones se abordaron en el criterio del grado de protección que se utiliza aquí (ver siguiente tabla), mientras que las tres últimas se consideraron en un análisis más detallado a nivel intra eco-regional.

Tabla IV.127 Análisis del grado de Protección.

Puntos	Conversión anual
1	> 50% del área total.
4	40-50 % del área total.
6	20-40 % del área total.
8	1-20 % del área total.
10	No existen áreas protegidas.

Los valores de porcentajes se refieren a la porción de hábitat remanente intacto que está incorporado dentro de un sistema de áreas protegidas.

### Resultados del Estado de Conservación Instantáneo

En la siguiente tabla se aplican los criterios técnicos anteriormente descritos al predio del Proyecto.

Tabla IV.128 Estado de conservación instantáneo.

Criterios Técnicos	Importancia (%)	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntos
1. Pérdida Total del Hábitat.	40	Relativamente intacto	0 a 6		
		Relativamente estable	7 a 36		
		Vulnerable	37 a 64		
		En peligro	65 a 88		
		Crítico	89 a 100	Existen antecedentes históricos de modificación del hábitat por actividad antropogénica y en relación al predio del Proyecto, estas se remontan a 1910, debido a la desecación del Ex-Lago de Texcoco y	100

Crterios Técnicos	Importancia (%)	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntos
				pasó de ser un ambiente acuático de agua dulce a uno terrestre salobre; actualmente el predio del Proyecto cuenta con pastizal halófilo.	
2. Bloques de Hábitat.	20	> 500	2		
		> 250	5		
		≥ 3 bloques > 100	10		
		> 100	15		
		Ninguno > 100	20	El Proyecto se desarrollará en un área completamente modificada por la actividad antropogénica, rodeada por áreas urbanas densamente pobladas y algunas parcelas agrícolas y zonas aisladas con vegetación nativa. Sin embargo el predio del Proyecto se ha mantenido aislada del área urbana por estar cercada y rodeada de vialidades en sus costados más próximos a los núcleos poblacionales. Las áreas agrícolas aledañas al predio del Proyecto son de temporal y no sostienen vegetación permanente por la alcalinidad del suelo; no existen corredores biológicos.	20
3. Fragmentación del Hábitat	20	Relativamente contiguo: alta conectividad; baja fragmentación.	0		
		Bajo: la conectividad es más alta.	5		
		Medio: los fragmentos están algo agrupados.	12		
		Avanzado: los fragmentos más grandes que en la categoría Alta.	16		
		Alto. La mayoría de los fragmentos son pequeños y/o no circulares.	20	La fragmentación y atomización de la pequeña propiedad agrícola no ha permitido mantener la conectividad entre hábitats y el mismo efecto han tenido los núcleos poblacionales y su infraestructura.	20
4. Conversión del Hábitat.	10	< 0.5 %	0		
		0.5 A 2.0 %	6		
		2.1 – 3 %	8		
		3.1 – 4 %	9		
		> 4 %	10	El hábitat del SAR esta en constante conversión y en cuanto al predio del Proyecto esta conformado por pastizal halófilo.	10
5. Grado de Protección.	10	> 50% del área total.	1		
		40-50 % del área total.	4		
		20-40 % del área total.	6		
		1-20 % del área total.	8	Existen áreas federales, estatales o municipales de protección que no son colindantes con el Proyecto que pudieran aportar individuos o especies de flora o fauna hacia el Proyecto, sin embargo el área se encuentra inmersa en el AICA 1 por ser parte del Ex-Lago de Texcoco y estar rodeadas de espejos de	8

Crterios Técnicos	Importancia (%)	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntos
				agua.	
		No existen áreas.	10		
<b>Total</b>					<b>158</b>

Una vez calculados los puntos umbrales para las diferentes categorías ya indicadas anteriormente y con un **total de 158**, en la siguiente tabla se muestra la jerarquización del estado de conservación.

Tabla IV.129 Jerarquización del estado de conservación de los ecosistemas.

Punto	Estado de Conservación
0-6	Relativamente intacto
7-36	Relativamente Estable
37-64	Vulnerable
65-88	En peligro
89-100 y mas	Crítico

Con base en lo anterior, se considera que el Estado actual de conservación del SAR, previo a la construcción del Proyecto, tiene una valoración crítica.

#### Análisis de amenazas

Se aplicó la siguiente metodología para el Análisis de Amenazas, empleando el índice de 0-100 puntos. Los puntos fueron asignados a tres tipos principales de amenazas:

- ⊕ Amenaza de conversión (máximo 50 puntos).
- ⊕ Amenaza de degradación (máximo 30 puntos).
- ⊕ Amenaza de explotación de la vida silvestre (máximo 20 puntos).

Calificación del puntaje:

Amenaza Alta	100 - 70 puntos
Amenaza Media	69 – 20 puntos
Amenaza Baja	19 – 0 puntos.

En la tabla a continuación se describe la asignación del puntaje.

Tabla IV.130 Análisis de amenazas.

Puntos	Grado de Amenaza	Tipo de amenazas
<b>Amenaza de conversión</b>		
0	No existen amenazas reconocidas para la eco-región.	Crecimiento de la Zonas Metropolitana de la Ciudad de México. Inmigración hacia la ZMCM. Crecimiento de la infraestructura en materia de comunicaciones de y hacia la ZMCM Explotación agrícola y pecuaria para satisfacer la demanda de la ZMCM Alteración permanente por incendios forestales. Extracción de flora y fauna. Contaminación de los cuerpos de agua y acuíferos
10	Las amenazas pueden alterar significativamente entre 5% y 9% del hábitat remanente dentro de los Próximos 20 años.	
20	Las amenazas pueden alterar significativamente entre un 10% y 24% la eco-región remanente dentro de los Próximos 20 años.	
50	Las amenazas pueden alterar significativamente un 25% o más de la eco-región remanente dentro de los Próximos 20 años.	
<b>Amenaza de degradación</b>		
0	No existen amenazas reconocidas para la ecoregión.	Contaminación generada en la Cuenca Atmosférica

15	Las poblaciones de especies de plantas nativas experimentan una mortalidad significativa y un Reclutamiento pobre debido a factores de degradación. La sucesión y los procesos de perturbación han sido modificados. Algunas especies han dejado de utilizar la eco-región para su movimiento estacional, Migratorio, y de reproducción. Es muy común encontrar contaminantes y sus efectos Asociados en especies o en ensamblajes.	del Valle de México. Especies introducidas con fines de ornato. Incremento de la frontera agropecuaria y urbana. Construcción de carreteras e infraestructura diversa para las vías de comunicaciones. Sobre-explotación de los acuíferos Incremento de la infraestructura industrial Manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y los peligrosos
30	Muchas poblaciones de especies de plantas nativas experimentan una mortalidad alta y un reclutamiento Bajo debido a factores de degradación. La sucesión y los procesos de perturbación han sido alterados. La calidad del hábitat es baja para especies sensibles. Algunas especies han dejado de utilizar la ecoregión para sus movimientos estacional, migratorio, y de reproducción. Los contaminantes y sus efectos asociados están ampliamente distribuidos en el ecosistema (es decir, se registran en varios niveles tróficos).	
Explotación de vida silvestre		
0	No existe una explotación de la vida silvestre	
10	Niveles moderados de explotación de la vida silvestre; las poblaciones de especies de caza y comerciales persisten pero en números reducidos.	Extracción no sostenible de la fauna y flora silvestre como productos comerciales. Hostigamiento y desplazamiento producto del crecimiento de la mancha urbana
20	Alta intensidad de explotación de la vida silvestre en la región con la inminente o completa eliminación de las poblaciones locales.	

A partir de la clasificación anterior, se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla IV.131 Jerarquización del estado de conservación de los ecosistemas.

Clasificación de amenaza	Grado de amenaza	Tipo de amenazas	Puntos
Amenaza de conversión	Las amenazas pueden alterar significativamente un 25% o más del hábitat remanente dentro de los próximos 20 años.	Expansión urbana, agrícola, plantaciones, y deforestación para desarrollo. Extracción de flora y fauna "exótica" o endémica. Contaminación	50
Amenaza de degradación	Muchas poblaciones de especies de plantas nativas experimentan una mortalidad alta y un reclutamiento bajo debido a factores de degradación y extracción de sus hábitats. La sucesión y los procesos de perturbación han sido alterados. La calidad del hábitat es baja para especies sensibles. Algunas especies han dejado de utilizar la eco-región para sus movimientos estacional, migratorio, y de reproducción. Los contaminantes y sus efectos asociados están ampliamente distribuidos en el ecosistema (es decir, se registran en varios niveles tróficos).	Introducción de especies. Extracción de flora y fauna. Incremento de la frontera agropecuaria y urbana. Construcción de carreteras e infraestructura diversa para las vías de comunicaciones.	30
Explotación de vida silvestre	Alta intensidad de explotación de la vida silvestre (terrestre, acuática y marina) en la eco-región con la inminente o completa eliminación de las poblaciones locales.	Extracción no sostenible de la fauna y flora silvestre como productos comerciales. Hostigamiento y desplazamiento producto del crecimiento de la mancha urbana	20
<b>Total</b>			<b>100</b>

Con base a lo anterior se concluye que el SAR, previo a la construcción del proyecto, tiene un nivel de **amenaza alta**.



## **CAPÍTULO V**

### **IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL**

## ÍNDICE

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL .....	V-1
V.1 Identificación de impactos .....	V-1
V.1.1 Acciones del proyecto, susceptibles de producir impactos .....	V-2
V.1.2 Factores del entorno susceptibles de recibir impactos.....	V-6
V.1.3 Identificación de impactos ambientales por la interacción proyecto entorno .....	V-10
V.2 Caracterización de los impactos.....	V-26
V.3 Mapa Conceptual de Interacciones Proyecto-Ambiente e Impactos Ambientales .....	V-26
V.3.1 Valoración de los impactos.....	V-30
V.3.2 Determinación del Índice de Incidencia.....	V-30
V.3.3 Determinación de la Magnitud.....	V-32
V.3.4 Valoración Cuantitativa.....	V-32
V.3.5 Jerarquización .....	V-32
V.3.6 Aplicación de Medidas Correctivas.....	V-33
V.3.7 Descripción de impactos ambientales .....	V-54
V.4 Impactos residuales.....	V-72
V.5 Impactos acumulativos .....	V-72
V.5.1 Factores abióticos .....	V-74
V.5.2 Factores bióticos .....	V-74
V.5.3 Factores económicos .....	V-74
V.6 Conclusiones .....	V-74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V.1 Obras y actividades en las etapas del Proyecto.....	V-2
Tabla V.2 Componentes y factores del entorno.....	V-7
Tabla V.3 Factores con mayor susceptibilidad a ser afectados por la instalación del Proyecto.....	V-8
Tabla V.4 Descripción de las herramientas utilizadas en la identificación de impactos.....	V-10
Tabla V.5 Matriz de identificación de Impactos Ambientales para las etapas de Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento.....	V-12
Tabla V.6 Lista de chequeo de impactos ambientales previstos para la etapa de Preparación del sitio y Construcción.....	V-13
Tabla V.7 Lista de chequeo de impactos ambientales previstos para la etapa de Operación y mantenimiento.....	V-21
Tabla V.8 Identificación de los Impactos Ambientales previstos en las etapas de Preparación del sitio y Construcción.....	V-24
Tabla V.9 Identificación de los Impactos Ambientales previstos en las etapas de Operación y mantenimiento.....	V-25
Tabla V.10 Resumen de identificación de Impactos Ambientales en las diferentes etapas del Proyecto.....	V-25
Tabla V.11 Intensidad del impacto.....	V-31
Tabla V.12 Códigos Asignados a los Atributos Ambientales y Socioeconómicos.....	V-31
Tabla V.13 Categorías de Evaluación de Impactos.....	V-33
Tabla V.14 Evaluación de impactos ambientales en la etapa de Preparación del sitio y Construcción.....	V-34
Tabla V.15 Evaluación de impactos ambientales en la etapa de Operación y mantenimiento.....	V-48
Tabla V.16 Estatus de protección de la fauna registrada en el área sujeta a cambio de uso de suelo.....	V-64
Tabla V.17 Jerarquización de los riesgos identificados mediante la Técnica <i>What If?</i> - Tanques de Almacenamiento de Turbosina y Gas LP.....	V-66

Tabla V.18 Resultados de las simulaciones - Tanques de Almacenamiento de Turbosina y Gas LP. ....	V-67
Tabla V.19 Interacciones de los eventos de riesgo - Tanques de Almacenamiento de Turbosina y Gas LP. ....	V-68
Tabla V.20 Jerarquización de los riesgos identificados mediante la Técnica What If? – Distribución de Turbosina (Ductos). ...	V-69
Tabla V.21 Resultados de las simulaciones – Distribución de Turbosina (Ductos). ....	V-70
Tabla V.22 Interacción de los eventos de riesgo – Distribución de Turbosina (Ductos). ....	V-71
Tabla V.23 Impactos identificados como acumulativos. ....	V-73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura V.1 Mapa conceptual de impactos generados por el Proyecto. ....	V-26
Figura V.2 Mapa Conceptual de Impactos producidos por el Proyecto durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción. ....	V-28
Figura V.3 Mapa Conceptual de Impactos producidos por el Proyecto en la etapa de Operación y mantenimiento. ....	V-29
Figura V.4 Metodología para la evaluación de impactos. ....	V-30
Figura V.5 Jerarquización de Impactos Ambientales del Proyecto. ....	V-54
Figura V.6 Presentación de forma esquemática el resumen de los Impactos Ambientales identificados para el Proyecto. ....	V-54
Figura V.7 Sobreposición de la Cuenca de México, la poligonal del Proyecto y los Conos de Ruido que se tendrán en la fase de Operación y Mantenimiento del Proyecto bajo evaluación. ....	V-55
Figura V.8 Obras Hidráulicas. ....	V-59
Figura V.9 Capacidad de almacenamiento de agua. ....	V-60
Figura V.10 Nuevo funcionamiento Hidráulico. ....	V-60
Figura V.11 Cuerpos de agua. ....	V-63
Figura V.12 Ubicación de los humedales. ....	V-63
Figura V.13 Matriz de evaluación y tolerancia de riesgos de los eventos - Tanques de Almacenamiento de Turbosina y Gas LP. ....	V-67
Figura V.14 Matriz de evaluación y tolerancia de riesgos de los eventos – Distribución de Turbosina (Ductos). ....	V-70
Figura V.15 Impactos Acumulativos. ....	V-73



## V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

La evaluación de los impactos ambientales depende de una adecuada identificación de los cambios potenciales al ambiente, por lo que es necesario conocer los objetivos, así como las obras y actividades que se realizarán en las diferentes etapas del Proyecto. Esta identificación representa una actividad crítica en el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA), ya que es necesario conocer las actividades que causan impactos con el fin de describir adecuadamente los factores/componentes y atributos ambientales afectados, asimismo considerar el tiempo, magnitud e importancia, evitando con ello cualquier daño permanente al ambiente o aumentar los procesos ambientales negativos y degenerativos, y con ello predecir las medidas de mitigación o atenuación correspondientes a cada impacto.

Derivado de lo anterior en este Capítulo se describirán y evaluarán los impactos ambientales generados por el desarrollo del Proyecto, incluyendo los impactos acumulativos y sinérgicos, para este fin será incorporada la información presentada referente a los componentes ambientales del SAR delimitado en los Capítulos II, III y IV de la presente MIA-R.

Con la finalidad de realizar una identificación y evaluación eficaz de los impactos ambientales, se emplearán las mejores metodologías existentes actualmente, con la finalidad de dar certidumbre al panorama del impacto que se causará al medio ambiente, derivado del desarrollo del Proyecto.

Lo anterior apegado a los términos de la definición de impacto ambiental, conforme a la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA).<sup>1</sup>

### V.1 Identificación de impactos

Para identificar y evaluar los impactos ambientales que pudieran generarse por el desarrollo de diversos proyectos, existen numerosas técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones proyecto-entorno, sin embargo, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales en función a la caracterización del SAR, interpretar los resultados y finalmente, establecer las medidas para prevenir y/o compensar los efectos negativos en el mismo con base en los resultados obtenidos en la evaluación. Bajo este mismo contexto es necesario establecer las etapas que conforman el mismo, siendo éstas:

- ⊕ **Preparación del sitio:** Abarca las actividades de desmonte y despalme de los sitios del Proyecto, que podrá generar afectaciones al aire, suelo, agua, vegetación, fauna y paisaje, generando fuentes de empleo y un incremento en la economía local y regional, derivada de la necesidad de abastecer los insumos que se requieren para el desarrollo de esta etapa.
- ⊕ **Construcción:** En esta etapa los componentes impactados son aire, geomorfología, suelo, agua, fauna, paisaje y aspectos socioeconómicos, generando fuentes de empleo y un incremento en la economía local y regional, derivada de la necesidad de abastecer los insumos que se requieren para el desarrollo de esta etapa. Encontrando su intensidad dependiendo de la actividad que se realice o bien el o los procedimientos constructivos.
- ⊕ **Operación y mantenimiento:** En esta etapa los impactos suelen generarse de forma permanente, hasta que se concluya la operación del Proyecto, siendo éstos sobre el aire, suelo, agua, flora, fauna, paisaje y aspectos socioeconómicos.

Con respecto al abandono del sitio, es importante mencionar que previo a la consumación de la vida útil que será de 100 años, se hará la verificación de la integridad del NAICM para definir si es necesario abandonarlo, momento en el cual se definirán las acciones que se deberán llevar a cabo, por otro lado la revisión estaría contemplada dentro de las actividades de mantenimiento y operación, por lo anterior esta etapa su análisis no se contempla como un punto independiente dentro en este Capítulo.

---

<sup>1</sup>IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

V.1.1 Acciones del proyecto, susceptibles de producir impactos

En general, se entiende por Acciones, la parte activa que interviene en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental (Gómez-Orea 2002). Para la determinación de dichas acciones, se desagrega el proyecto en dos niveles: las etapas del Proyecto y las acciones concretas.

El término *acciones concretas* se refiere a una causa simple, específica, bien definida y localizada de impacto; a continuación, se presenta el listado y descripción de las obras y actividades de cada una de las tres etapas que se llevarán a cabo propias de la ejecución del Proyecto las cuales fueron descritas ampliamente en el Capítulo II del presente estudio.

En seguida se presenta la Tabla V.1 en donde se describen brevemente las acciones concretas de las obras y actividades correspondientes a la Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento.

Tabla V.1 Obras y actividades en las etapas del Proyecto.

Obra y/o actividad	Actividad que causa impacto
<b>PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN</b>	
Desmonte y despalme de vegetación. (Aeródromo, Terminal de pasajeros, Acceso a zona pública y estacionamiento de instalaciones de apoyo, y Aerotrópolis)	El desmonte se llevará a cabo mediante equipo mecánico, se retirarán los árboles, arbustos y maleza en general, colocando el producto del desmonte fuera de las instalaciones del predio de NAICM en un sitio propuesto por el contratista y avalado por la supervisión. El despalme del área de construcción se ejecutará con el espesor que indique el proyecto, para remover la capa vegetal superficial del terreno natural existente, estos trabajos deberán efectuarse con equipo mecánico, con cuchilla de filo recto, tratando de no remover la superficie de desplante. Se removerá el suelo orgánico y arcilla en un volumen aproximado de 900,000 m <sup>3</sup> . Se considera una remoción de vegetación en una superficie de 4,431.1640 ha.
Nivelación del sitio y conformación dependientes del terreno	Una de las consideraciones fundamentales para el sitio del Proyecto es el establecimiento de las zonas de pista y sus perfiles de nivelación. Para la nivelación se tomó en cuenta la topografía existente, tratando de minimizar las operaciones de corte y relleno. Para la Fase 1, las cantidades de los trabajos de tierra generales se han estimado en base a la creación de los niveles de pistas. Se asumieron para esta evaluación preliminar: -El material excavado no es adecuado para la reutilización de relleno controlado en el sitio, por lo que se asume que el material excavado deberá ser llevado fuera del sitio -Se asume que el material de relleno para construir áreas hasta cumplir con la nivelación final propuesta, será un material importado de calidad suficiente para su colocación como relleno controlado. Para la Fase I, se realizará el Movimiento de Tierras: 7,000,000 m <sup>3</sup> de corte, y 15,986,000 m <sup>3</sup> de relleno.
Obras provisionales (campamentos, oficinas, bodegas y talleres)	Se instalarán campamentos, oficinas, bodegas y talleres provisionales en la zona del proyecto en los diferentes frentes de trabajo, los cuales servirán como base tanto para el personal encargado de la dirección como de la ejecución del proyecto, y donde se localizarán los materiales, equipos y servicios requeridos por el Contratista. Se entiende como campamentos e instalaciones temporales, las instalaciones provisionales que el Contratista utilizará para el almacenamiento de materiales, equipos, permanencia en obra, oficinas, etc., para la realización segura y cómoda de sus actividades.
Construcción de Pavimentación y cimentaciones	Operación de hasta 3 plantas de asfalto y hasta 2 plantas de concreto. El Proyecto de construcción de las pistas, calles de rodaje y los márgenes de las pistas para el aeropuerto, será con pavimento flexible, se utilizará concreto asfáltico que comprende una base y una de rodadura; todos los caminos se construirán con concreto asfáltico, y las vías de acceso de menor tráfico, como los callejones y la conexión verde podrían ser construidas con adoquines de concreto sobre una sub-base construida y una subrasante preparada. Asimismo se llevará la construcción de Cimentaciones, que incluye una rígida cimentación por losas con pilotes de fricción. Para la torre de control de tráfico aérea, se propone una losa circular rígida en pilotes, la estructura de la cabina será principalmente de acero estructural con pisos de concreto compuesto. La Terminal de pasajeros es una estructura importante que requiere un sitio nivelado adecuadamente en relación a las plataformas adyacentes, los estacionamientos y las vías de acceso. La Terminal de pasajeros se nivelará de tal manera que permita la construcción del edificio en forma en la que ésta fue diseñada. La nivelación en todo el perímetro del edificio se ha diseñado para facilitar el drenaje de aguas pluviales en una pendiente máxima de 2%. Las escorrentías de las aguas pluviales del edificio y áreas pavimentadas se conducirán en el sistema de drenaje de aguas pluviales en todo el sitio, que descargan en última instancia, en la serie de las cuencas de regulación de la CONAGUA al sur del sitio del aeropuerto y un porcentaje será reutilizado en áreas del Proyecto.
Construcción de Vías	Durante el periodo de construcción, la Calzada Arbolada Oeste, Calzada Arbolada Central y Calzada

Obra y/o actividad	Actividad que causa impacto
de acceso	<p>Arbolada Este estarán niveladas y alineadas vertical y horizontalmente, y se utilizarán como ruta de acceso a la construcción hacia la Autopista Peñón-Texcoco. Está planeada para el futuro un área verde de 800 m de ancho en las Calzadas Arboladas del Oeste y Central, con una pendiente de aproximadamente 1 por ciento hacia las vías, y se utilizará para el almacenamiento de equipos y materiales de construcción.</p> <p>El tráfico de construcción se distribuirá a través de las vialidades en el Aeródromo, donde los cimientos de las vías se pueden construir con una trayectoria temporal para facilitar la carga del tráfico de construcción.</p> <p>A medida que el periodo de construcción coordine esta implementación del Proyecto, se proporcionará el acceso adicional hacia el campo norte en Circuito Exterior Mexiquense.</p>
Construcción de Terminal de pasajeros y estacionamiento, Instalaciones de apoyo (Planta Central de Servicios)	<p>La Terminal de pasajeros es una estructura importante que requiere un sitio nivelado adecuadamente en relación a las plataformas adyacentes, los estacionamientos y las vías de acceso. La Terminal de pasajeros se nivelará de tal manera que permita la construcción del edificio en forma en la que ésta fue diseñada. La nivelación en todo el perímetro del edificio se ha diseñado para facilitar el drenaje de aguas pluviales en una pendiente máxima de 2%. La escorrentía de las aguas pluviales del edificio y áreas pavimentadas se conducirá en el sistema de drenaje de aguas pluviales en todo el sitio, que descarga en última instancia, en la serie de las cuencas de regulación de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) al sur del sitio del aeropuerto y un porcentaje será reutilizado en áreas del Proyecto. El diseño de la plomería, el agua sanitaria fría vendrá en tuberías a través de los edificios para suministrar los bloques de sanitarios y salas de descanso</p>
Construcción de Suministro de Agua a Servicios Sanitarios, Sistema de Abastecimiento de Combustible, Tanques de almacenamiento de residuos de combustible, Generador de emergencia, Subestación eléctrica, Sistema de Cogeneración, Sistema de Agua Potable y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	<p>Para el suministro de agua sanitaria fría se instalarán tuberías a través de los edificios para suministrar los bloques de sanitarios y salas de descanso, el agua caliente se generará de manera local en los bloques de sanitarios ya sea por medio de un calentador tipo tanque o eléctrico instantáneo. Para las aguas sanitarias residuales se instalará por tubería y recolectada desde el edificio a través de elevadores a las conexiones de drenaje exteriores, los cuales serán de hierro fundido. Para la Estación de Transferencia de Energía, Terminales del Aeropuerto, Torre de Control de Tráfico Aéreo, Hangares, Sala de Información y Edificios de Apoyo se instalará una red de tubería para el suministro de agua fría y caliente provenientes de la Planta Central de Servicios. En la Planta Central de Servicios, se instalarán generadores de vapor de recuperación de calor, generadores de turbina, turbinas de vapor de calor residual, equipo auxiliar del sistema de condensación y vapor, equipo auxiliar para protección contra incendios, agua fría doméstica y agua fría, sistemas de conducción y tanques de almacenamiento de gas propano licuado y de combustible diesel, además de taller y almacén. Se instalará un sistema de abastecimiento de combustible para las zonas de plataformas (tubería 1) y parada de la ubicación de la terminal (tubería 2). Se contará con un sistema de tubería y hasta 12 tanques de almacenamiento de combustible (66,600 barriles cada uno); tanques de almacenamiento de residuos de combustible y de combustible recuperado. Asimismo se instalará un generador de emergencia a diesel de 416 V para las bombas contra incendio y una subestación eléctrica de 4160 V. Se realizará la instalación del Sistema de Cogeneración de alta presión con suministro de gas natural. Se instalará una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, estará diseñada para manejar los flujos diarios y máximos existentes en todo en sitio del Proyecto, el agua se tratará a un nivel terciario, desinfectado el agua para ser utilizada en los lavados sanitarios internos, riego por aspersión y el suministro compuesto de la torre de enfriamiento.</p>
Construcción de obras asociadas al Proyecto	<p>Se desarrollarán las siguientes instalaciones.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalaciones de combustible. Las instalaciones se apegarán a las normas aplicables de la industria y de seguridad operacional, cumplirán con el Código Internacional Contra incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA30, edición 2012) y la Norma 407 sobre Abastecimiento de Combustible en Aeronaves (edición 2012). La entrega de combustible será por parte de PEMEX. En la Fase final del Proyecto se tendrá el máximo crecimiento de esta área con un total de 12 tanques de almacenamiento de 66,600 barriles cada uno (799,200 barriles) de turbosina.</li> <li>2. Planta de tratamiento. El área aproximada para la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) es de 4 ha, esta área está planeada para permitir toda la funcionalidad y la expansión requerida para el periodo de construcción del Proyecto, la PTAR se localizará al lado de la Planta Central de Servicios y tendrá una capacidad de tratamiento de 11,830 m<sup>3</sup>/día. El agua tratada será utilizada en los lavados sanitarios internos, riego por aspersión y el suministro compuesto de la torre de enfriamiento.</li> <li>3. Subestaciones eléctricas. El suministro eléctrico contendrá dos alimentadores de 20 MVA a 23kV de cada una de las dos subestaciones receptoras propuestas (230kV a 23kV). Este servicio será suministrado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Los alimentadores de 23kV de las subestaciones receptoras tendrán cada uno una capacidad de 20 MVA, y podrán correr bajo tierra en bancos de ductos con revestimiento de concreto hacia las principales celdas de distribución de 23kV ubicadas dentro de la Planta Central de Servicios. Como mínimo, una caja eléctrica de paso (una construcción de concreto precolado) se</li> </ol>

Obra y/o actividad	Actividad que causa impacto
	<p>proporcionará cada 165 m (500 pies) de la corrida de alimentación y en cada lugar donde la desviación total del banco de ductos ascienda a 180 grados (horizontal o vertical).</p> <p>4. Conexiones con vialidades externas.</p> <p>El desarrollo de las vialidades externas proporcionará el acceso al sitio del Proyecto, además distribuirán el tráfico vehicular de las principales redes viales regionales a estas áreas. Para fines de esta MIA-R se consideran las conexiones de la Autopista Peñón – Texcoco y el Circuito Exterior Mexiquense.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Autopista Peñón – Texcoco. Se construirían nuevos pasos a desnivel en las conexiones a las calzadas arboladas (calzada arbolada oeste, calzada arbolada central y calzada arbolada este), para tener acceso de la autopista Peñón-Texcoco al sitio del Proyecto. La ubicación de la terminal estará conectadas con una futura carretera de paga que se planea para conectar con la Autopista Peñón - Texcoco con la carretera 142, cerca de la esquina noreste del nuevo aeropuerto. Cuando la nueva autopista esté abierta, se proporcionará una nueva conexión de esta a la Avenida de Circunvalación.</li> <li>⊕ Circuito Exterior Mexiquense. Se construiría un nuevo paso a desnivel donde el Circuito Exterior Mexiquense se encuentra con el ángulo noroeste del sitio del Proyecto Este paso a desnivel permitiría el acceso desde el norte hacia la zona de carga en el lado Norte, también se construiría un paso a desnivel nuevo entre el Circuito Exterior Mexiquense y Río de los Remedios para permitir el acceso directo de este a oeste</li> </ul> <p>5. Red de Transporte público.</p> <p>El Proyecto considera la ampliación de la siguiente red de transporte público, para fines de la evaluación de esta MIA-R se considera el desarrollo de las siguientes obras solo dentro del predio del Proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Tren Expreso – Tren. Este servicio proporcionara una conexión expresa del centro de ciudad de México al Aeropuerto. El servicio de este Tren comenzará después de la Fase 1, pero a Vialidades antes de la Fase 2.</li> <li>⊕ Metro. El servicio de Metro es un proyecto de la Fase 2 que conectará el nuevo aeropuerto con una de las tres líneas (línea 1, 5 y 9).</li> <li>⊕ MetroBus. Las líneas 4 y 6 del MetroBus se extenderán hacia Aerotrópolis y hacia el área de la terminal aérea del aeropuerto.</li> <li>⊕ Mexibus. Se ofrecerá el servicio a través del Circuito Exterior Mexiquense y luego en Avenida de Circunvalación y en el Bulevar principal hacia el área de la terminal del aeropuerto.</li> </ul> <p>6. Vialidades Internas.</p> <p>El proyecto tiene considerado la construcción de las siguientes vialidades internas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Bulevar Principal. El ancho total será de 59 m con un camellón central de 25 m, dando cabida a parques y restaurantes, tendrá un carril para bicicletas separado en cada dirección, junto con dos carriles de circulación de automóviles y un carril para el MetroBus en cada dirección. Se tendrán banquetas amplias de 5 m las cuales incluyen áreas verdes.</li> <li>⊕ Avenidas (Avenida Tipo 1 y Avenida Tipo 2). Se tendrán dos tipos de Avenidas, La Avenida A tiene 36 metros de ancho e incluye camellón pequeño, dos carriles de circulación y un carril en cada dirección para el MetroBus. También se proporcionan banquetas amplias y un carril separado para bicicletas. La Avenida B es de 34 metros de ancho, e incluye pequeño camellón y dos carriles de circulación en cada sentido. También se proporcionan banquetas amplias y un carril separado para bicicletas.</li> <li>⊕ Calles. Se tendrán calles de oeste-este y de norte-sur. Las calles proporcionan acceso secundario a las cuadras interiores. Estas calles son de 20 m de ancho con estacionamiento en un lado de la calle, con un carril separado para bicicletas y banquetas de 4.5 m de ancho.</li> <li>⊕ Camino Peatonal. representa un acceso secundario en cuadras interiores que constituyen los amplios camellones de 34 m que se colocarán a lo largo del sitio de desarrollo. Estos caminos son de 8 m de ancho y permiten un estacionamiento al lado del parque y el pavimento se comparte entre automóviles, peatones y ciclistas.</li> <li>⊕ Callejones. Son de 12 m de ancho y tienen pavimento continuo, lo que permite que se pueda compartir entre los automóviles que se mueven a baja velocidad, peatones y ciclistas.</li> </ul>
Uso de maquinaria y equipo	Durante esta etapa se utilizara maquinaria pesada (retroexcavadoras, trascabos, camiones de volteo, motoconformadoras y aplanadoras), para el desmonte y despirme y nivelaciones del terreno.
Generación y Manejo de Residuos Sólidos y de manejo especial	Durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción, se generarán residuos sólidos derivados de la Preparación del sitio, consistente principalmente en material vegetal y residuos domésticos de los trabajadores.
Generación y Manejo de Residuos Líquidos	En las etapas de Preparación del sitio y Construcción, se generarán aguas residuales sanitarias, las cuales serán manejadas mediante sanitarios portátiles y colectadas por un prestador de servicios autorizado. Asimismo se utilizarán instalaciones existentes con sistema de drenaje de aguas sanitarias.
Generación y Manejo	Durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción se utilizará equipo y maquinaria, la cual generará

Obra y/o actividad	Actividad que causa impacto
de Residuos Peligrosos	residuos peligrosos, derivados del mantenimiento preventivo y correctivo, consistentes en filtros usados, estopas impregnados de hidrocarburos y envases con aceites y lubricantes residuales; asimismo se pueden presentar derrames accidentales durante el suministro de combustible a la maquinaria dentro del predio.
Contratación de mano de obra y personal	Contratación de personal para las diferentes áreas, sobre todo de la localidad.
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	
Mantenimiento de transporte automatizado de personas	Se requiere un área de instalaciones para el mantenimiento y la limpieza de los vehículos del transporte automatizado de personas, las instalaciones de mantenimiento incluyen talleres, almacén de partes y oficinas administrativas, estas áreas también podrían incluir capacidad para almacenamiento de vehículos. Las instalaciones de mantenimiento estarán ubicadas al extremo sur del área de apoyo de la zona de operaciones Norte.
Mantenimiento de Aeronaves	Cabe señalar que el área total de 418,209 m <sup>2</sup> (41.8 ha) calculada para el 2018 es menor que el área existente. Esto se debe a que las áreas de plataforma existentes parecen estar sobredimensionadas con el fin de albergar aviones adicionales en espera para mantenimiento. Se consideran dos áreas para el desarrollo de las instalaciones de mantenimiento de aeronaves; la primera en la zona de operaciones Oeste, y la segunda en la zona de operaciones Este.
Zona de Operaciones y Mantenimiento del Aeropuerto	El mantenimiento aéreo incluirá un centro de servicios para vehículos, mantenimiento de instalaciones de edificios, recolección de residuos, almacenes centrales, administración central y un centro de jardinería. Los requisitos del edificio de mantenimiento de las instalaciones del aeropuerto son talleres capaces de alojar a todas las actividades de mantenimiento de las instalaciones, como las mecánicas, eléctricas (edificios, calles, etc.), de plomería, de climatización (HVAC, por sus siglas en inglés), de carpintería, de soldadura y de señalizaciones (en edificios y vialidades). Asimismo, se necesitará de una zona de administración y de almacenamiento.
Mantenimiento del Aeródromo	Este edificio alojará al personal de administración, pero su uso principal será industrial, conformándose de bahías y talleres de mantenimiento. Se proporcionarán cabinas para la pintura y cuartos de limpieza con chorro de arena para pintar y pelar objetos pequeños, como las señalizaciones del aeródromo, así como materiales, partes y componentes, equipo y almacenamiento de material peligroso y líquidos inflamables. El edificio industrial para el mantenimiento de los vehículos proporcionará los trituradores, cabinas de lavado, taller de hojalatería y pintura y cuartos de limpieza con chorro de arena necesarios, junto con las bahías de mantenimiento requeridas. Las cabinas de lavado, cuartos de limpieza con chorro de arena y las cabinas de pintura serán de aproximadamente 20 m x 20 m y serán capaces de alojar la mayor parte del equipo de mantenimiento del aeropuerto y a los vehículos, incluyendo los vehículos de transporte del personal y los camiones de transporte. Asimismo, se necesitará de una zona de administración y de almacenamiento.
Mantenimiento de equipos de servicios en tierra	Los requerimientos de mantenimiento de equipos de servicios en tierra, tendrán en cuenta el tamaño de la flota total necesaria para servir a las aeronaves de pasajeros y de carga que utilizan el aeropuerto, así como su mantenimiento, lavado, carga de combustible y los requerimientos de estacionamiento.
Servicios de comida en vuelos	Los requerimientos del servicio de comidas en vuelos para las etapas de planificación, se basa en la demanda diaria para el número de comidas por aerolínea, teniendo en cuenta el tipo de aeronave y el número de asientos, el tipo de aerolínea (servicio completo o de bajo costo), y el tipo de vuelo (distancia corta o larga). Una tolerancia de área (m <sup>2</sup> por día y tipo de comida). Los requerimientos de área del lado tierra y el lado aire explican el estacionamiento y maniobrabilidad de vehículos de servicio de comida en vuelos, y también toman como referencia las principales instalaciones que ya existen. Contará con dos cocinas cada una con una capacidad para aproximadamente 45,000 comidas al día y una superficie del edificio de 13,000 m <sup>2</sup> , son calculadas para abastecer la demanda en 2018.
Consumo de agua potable	Sistema de abastecimiento de agua. El objetivo principal para el sistema de abastecimiento de agua es reducir la dependencia en el sistema de suministro de agua municipal externo y al mismo tiempo mantener un suministro de agua seguro y confiable para el aeropuerto. Por lo que el agua utilizada en el Proyecto será proporcionada por las plantas de tratamiento de agua residual y un porcentaje se obtendrá de la red municipal de agua potable. Se pretende el consumo de agua potable (Fase I: 2,395 m <sup>3</sup> /día), agua no potable (4,664 m <sup>3</sup> /día), riego (900 m <sup>3</sup> /día) para un consumo total de 7,959 m <sup>3</sup> /día. Se implementará una estrategia en el abastecimiento del agua de caso sustentable, la cual requiere de una serie de iniciativas de ahorro de agua y estrategias alternas de suministro de agua no potable; con un consumo de agua potable (Fase I: 1,690 m <sup>3</sup> /día), agua no potable (3,117 m <sup>3</sup> /día), riego (563 m <sup>3</sup> /día) para un consumo total de 5,370 m <sup>3</sup> /día. Los requerimientos totales del suministro de agua para la Fase 1 se han estimado en 7,959 m <sup>3</sup> /día (caso base) y 5,370 m <sup>3</sup> /día (caso sustentable). Estas cifras no incluyen el desarrollo del Aerotrópolis. Para el caso sustentable, se requieren de aproximadamente 1,690 m <sup>3</sup> /día de agua potable para la Fase 1. La demanda restante se compone de agua no potable (para usos en edificios) y riego se obtendrá de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).
Sistema de Drenaje	El sistema de drenaje de las aguas pluviales (que será independiente del sistema de colección de aguas

Obra y/o actividad	Actividad que causa impacto
de aguas pluviales	residuales del sitio) estará comprendido de una serie de sistemas de drenaje pluvial primarios que correrán de este a oeste y que recogerán los escurrimientos de las pistas, calles de rodaje, edificios y espacios abiertos (por medio de sistemas secundarios y terciarios más pequeños) y transmitirán los flujos hacia el túnel de 7 m de diámetro propuesto por la CONAGUA a lo largo del lindero occidental del terreno. Se espera que este túnel sea construido y puesto en operación antes de la finalización de la Fase 1 del NAICM en 2018. Se harán conexiones del drenaje del sitio hacia el túnel de la CONAGUA en tres lumbreras propuestas de los drenajes de concreto reforzado y en una ubicación adicional hacia la esquina suroeste del sitio. El sistema de drenaje de aguas pluviales del sitio será diseñado para transportar la descarga pico del año de 1:10 (25 m <sup>3</sup> /s aprox.) sin saturar el sistema de drenaje y transportar la descarga pico del año de 1:50 de 34 m <sup>3</sup> /s aproximadamente sin causar inundaciones a las instalaciones que son críticas para el funcionamiento del aeropuerto. La descarga pico del año de 1:50 de 34 m <sup>3</sup> /s será desembocada en el túnel de la CONAGUA cuando el sitio esté en construcción completa. Además, la CONAGUA proporcionará 4,000,000 m <sup>3</sup> de almacenamiento dedicado dentro de su programa externo de obras hidráulicas para facilitar la recolección y regulación de la tormenta de 8 años de la descarga pico del año de 1:50 desde el sitio NAICM.
Operación del Aeródromo (aeronaves)	Se desarrollaran actividades asociadas al aterrizaje y despegue de las aeronaves. Durante la operación del Aeródromo, se realizarán aterrizajes y despegues de las aeronaves, así como la operación de equipos y vehículos en tierra.
Servicios a usuarios y personal	La puesta en operación del Aeropuerto, se justifica dado los beneficios sociales esperados.
Operación de los Sistemas de Abastecimiento de Combustible	La terminal, plataformas, zonas de aterrizaje y el área de estacionamiento de las aeronaves, contarán con un sistema de abastecimiento de combustible: contará hasta 12 tanques de almacenamiento de 66,000 barriles cada uno. Asimismo se contará con tanques de almacenamiento de residuos de combustible y de combustible recuperado de acuerdo con la distribución dentro del NAICM. Operación de un generador de emergencia a diesel para las bombas contra incendio y una subestación eléctrica de 4160 V. Asimismo, se realizará la instalación del Sistema de Cogeneración de alta presión con suministro de gas natural dentro de la Planta Central de Servicios, así como Gas LP para las cocinas.
Operación de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Estará diseñada para manejar los flujos diarios y máximos existentes en todo en sitio del Proyecto, el agua se tratará a un nivel terciario, desinfectado el agua para ser utilizada en los lavados sanitarios internos, riego por aspersión y el suministro compuesto de la torre de enfriamiento. Para la Fase 1, la PTAR se diseñará para procesar el caudal de drenaje final estimado según lo determinado durante la ingeniería de diseño del Proyecto. Los cálculos preliminares, con exclusión de los flujos de la zona del aeropuerto de la Ciudad de México, se estima que el flujo de la Fase 1 será de 3,104 m <sup>3</sup> /día. El diseño será modular para que las corrientes de las Fases futuras se puedan acomodar. La capacidad adicional para flujos de la zona de Aerotrópolis tendrá cabida en las Fases correspondientes.
Consumo de insumos	Durante la operación del aeropuerto se requerirá de la compra de insumos.
Manejo de Residuos sólidos y de manejo especial	Generación de residuos sólidos. Durante la operación del aeropuerto se requerirá de servicios para la disposición de residuos sólidos.
Generación y Manejo de residuos líquidos sanitarios	Durante la etapa de operación se generarán residuos sanitarios, derivado de las necesidades sanitarias de los trabajadores y usuarios del Aeropuerto, las cuales se conducirán a la planta de tratamiento de aguas residuales, utilizados para servicios.
Manejo de residuos peligrosos	Durante la etapa de operación, y debido a mantenimiento de turbinas, motores y equipos, vehículos de personal, motores de la subestación eléctrica, se generarán residuos: aceites gastados, filtro, estopas impregnadas de hidrocarburos, baterías; los cuales son considerados como peligrosos, y pueden llegar a contaminar el suelo. Debido a la generación de residuos peligrosos, se requerirá del servicio de una empresa especializada para el transporte y confinamiento de residuos peligrosos.
Generación de empleos	Durante la Operación y mantenimiento del proyecto se requerirá personal para el desarrollo de las diferentes actividades de operación, mantenimiento y vigilancia, los cuales serán contratados en las localidades cercanas. Dado lo anterior y debido a que el personal recibirá pago por sus servicios, le permitirá aumentar su nivel de calidad de vida, esto de manera permanente.

### V.1.2 Factores del entorno susceptibles de recibir impactos

Temáticamente el entorno, está constituido por elementos y procesos interrelacionados los cuales son el Medio Físico y el Medio Socio Económico y Cultural, en el contexto ambiental según Gómez-Orea 2002, se denomina entorno a la parte del ambiente

que interacciona con el proyecto en términos de fuentes de recursos y materias primas, soporte de elementos físicos y receptores de efluentes, a través de los vectores ambientales aire, suelo y agua.

A cada uno de estos subsistemas pertenece una serie de componentes ambientales susceptibles de recibir impactos, entendidos como los elementos, cualidades y procesos del entorno que puedan ser afectados por el desarrollo del proyecto, es decir, por las acciones impactantes consecuencia de este.

Así pues, la lista de componentes ambientales que a continuación se presenta es un recuento de los componentes descritos en el Capítulo IV y el diagnóstico ambiental.

Tabla V.2 Componentes y factores del entorno.

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Aire	Calidad del aire
		Partículas suspendidas
		Niveles de ruido
	Geología y Geomorfología	Relieve y microrelieve
	Suelo	Calidad del suelo
		Estructura del suelo
		Erosión
	Hidrología Superficial	Hidrodinámica
Calidad del agua		
Biótico	Vegetación	Estructura y composición de las comunidades vegetales
	Fauna	Abundancia y distribución de comunidades
		Especies con estatus de conservación
	Hábitat	
Paisaje	Calidad escénica	
Socioeconómico	Población y trabajadores	Flujo vehicular
		Oferta de empleo
		Seguridad
	Arqueología	Patrimonio arqueológico
	Servicios e infraestructura	Demanda de insumos y servicios
		Economía local y regional

Derivado de estos componentes, se seleccionaron los indicadores ambientales, los cuales establecen parámetros de tolerancia con la finalidad de conocer en qué momento es necesario aplicar las medidas de mitigación y prevención. Dichos indicadores tienen la función de informar sobre el estado del componente, evaluar el desempeño de políticas ambientales y comunicar los procesos en la búsqueda del desarrollo sustentable como se muestra en la siguiente tabla (OCDE, 1993).

Tabla V.3 Factores con mayor susceptibilidad a ser afectados por la instalación del Proyecto.

Medio	Componente	Indicador Ambiental	Regulador de Indicador
Abiótico	Aire	Niveles de ruido	<b>Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación originada por la Emisión del Ruido de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en su Art. 11</b> establece la máxima emisión de ruido permisible para fuentes fijas. El nivel máximo permisible es de 68 dB(A), entre 6:00 y 22:00 (durante el día) y 65 dB(A) entre 22:00 y 6:00 (durante la noche).
			<b>NOM-081-SEMARNAT-1994.</b> Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición [De 6:00 a 22:00 68 dB(A) y de 22:00 a 6:00 65 dB(A)].
			La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados
			En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con la emisión de ruido de vehículos automotores y serán evaluados conforme a la NOM-080-SEMARNAT-1994
			Los equipos de mayor emisión de ruido serán utilizados en horarios de actividad normal en las zonas pobladas
			Los vehículos, maquinaria y equipo de obra utilizarán silenciadores de acuerdo a la capacidad del equipo
		Calidad del aire	<b>NOM-041-SEMARNAT-2006.</b> Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
			<b>NOM-045-SEMARNAT-2006.</b> Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.
			<b>NOM-025-SSA1-1993.</b> Salud ambiental.- Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM <sub>10</sub> y partículas menores de 2.5 micrómetros PM <sub>2.5</sub> de la calidad del aire ambiente.
			La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo registros actualizados
			En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con las NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006, con excepción de la maquinaria y equipo utilizado para construcción
		Evitar que vehículos, maquinaria y equipo se quede funcionando mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible	
		Partículas suspendidas	Dar cumplimiento a la NOM-017-STPS-2008, otorgando al personal encargado de realizar las actividades que generen material particulado, el equipo de protección personal necesario, con la finalidad de garantizar su salud
			Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal
			Debido a la escasa disponibilidad de agua en la región, en la medida de lo posible, se efectuará control de material particulado mediante riego en caminos de terracería



Medio	Componente	Indicador Ambiental	Regulador de Indicador
	Geomorfología	Relieve y microrelieve	Dado que no existe normatividad aplicable que regule cambios en el relieve, debe indicarse que el Procedimiento de Evaluación en materia de Impacto Ambiental es un instrumento de carácter preventivo que evalúa, <i>inter alia</i> , el efecto negativo sobre los componentes ambientales derivado de las obras y actividades de un proyecto, en un SAR determinado, aspectos que se encuentran incluidos en este Capítulo.
	Suelo	Calidad del suelo	<b>NOM-138-SEMARNAT/SS-2003.</b> Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. <b>INEGI,</b> Grados de Erosión del Suelo. Guía para la Interpretación de Cartografía de Uso Potencial del Suelo, 2005. Plan de Manejo Integral de Residuos
		Estructura del suelo	Dado que no existe normatividad aplicable que regule cambios en la estructura, debe indicarse que el Procedimiento de Evaluación en materia de Impacto Ambiental es un instrumento de carácter preventivo que evalúa, <i>inter alia</i> , el efecto negativo sobre los componentes ambientales derivado de las obras y actividades de un proyecto, en un SAR determinado, aspectos que se encuentran incluidos en este Capítulo.
		Erosión	Dado que no existe normatividad aplicable que regule cambios en la estructura, debe indicarse que el Procedimiento de Evaluación en materia de Impacto Ambiental es un instrumento de carácter preventivo que evalúa, <i>inter alia</i> , el efecto negativo sobre los componentes ambientales derivado de las obras y actividades de un proyecto, en un SAR determinado, aspectos que se encuentran incluidos en este Capítulo.
	Hidrología Superficial	Hidrodinámica	Dado que no existe normatividad aplicable que regule el cambio en patrón de drenaje, debe indicarse que el Procedimiento de Evaluación en materia de Impacto Ambiental es un instrumento de carácter preventivo que evalúa, <i>inter alia</i> , el efecto negativo sobre los componentes ambientales derivado de las obras y actividades de un proyecto, en un SAR determinado, aspectos que se encuentran incluidos en este Capítulo.
		Calidad del agua	<b>NOM-001-SEMARNAT-1996.</b> Límites Máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
Biótico	Vegetación	Estructura y composición de las comunidades vegetales	<b>NOM-059-SEMARNAT-2010.</b> Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo.
	Fauna	Abundancia y distribución de comunidades	<b>NOM-059-SEMARNAT-2010.</b> Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo.
		Especies con estatus de protección	
		Hábitat	
Paisaje	Calidad escénica	<b>NOM-059-SEMARNAT-2010.</b> Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo.	
Socioeconómico	Población y trabajadores	Flujo vehicular	
		Oferta de empleo	
		Seguridad	
	Arqueología	Patrimonio arqueológico	
	Servicios e infraestructura	Demanda de insumos y servicios	
Economía local y regional			

V.1.3 Identificación de impactos ambientales por la interacción proyecto entorno

Para fines del presente apartado, fueron empleadas técnicas convencionales de evaluación de impacto ambiental, estas herramientas han sido ampliamente utilizadas; en la siguiente tabla, se describen dichas técnicas enfocadas al desarrollo del Proyecto.

Tabla V.4 Descripción de las herramientas utilizadas en la identificación de impactos.

Técnica/ herramienta	Descripción y alcances
Análisis de cartografía temática y uso del Sistema de Información Geográfica.	La cartografía, fotografías aéreas e imágenes de satélite (GOOGLE), son herramientas metodológicas muy útiles para la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), permiten analizar diferentes parámetros o atributos ambientales (geología, edafología, tipos de vegetación, asentamientos humanos y actividades económicas, entre otros) de áreas geográficas a diferentes niveles o escalas de información (Zárate <i>et al.</i> , 1996). La sobreposición de esta información, más la correspondiente al proyecto propuesto, produce una caracterización compuesta de un ambiente en el que se pueden evaluar cuantitativa y espacialmente impactos directos, así como la simulación de escenarios y riesgos ambientales (Zárate <i>et al.</i> , 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005, GPPA, 2006.).
Matrices de interacción	Las matrices son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los componentes ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la EIA, ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de la misma. Sin embargo, el uso de estas técnicas, presenta algunas desventajas que son importantes considerar: a) las matrices con muchas interacciones son difíciles de manejar, b) no consideran impactos secundarios o de orden mayor e impactos sinérgicos y acumulativos, c) para la valoración de cada impacto identificado es asignado un mismo peso en términos de los atributos ambientales definidos (p. ej. magnitud e importancia) y d) los valores asignados a los atributos ambientales generalmente son definidos en escalas o valores relativos, por lo que es recomendable sustentarlos con el uso de índices o indicadores ecológicos, económicos, o normas técnicas (Zárate <i>et al.</i> , 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Juicio de expertos	Con base a la experiencia y juicio de especialistas y evaluadores es posible identificar y dimensionar la magnitud de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos.

**Análisis de cartografía temática y uso del Sistema de Información Geográfica (SIG).** Los mapas temáticos de la zona de estudio; así como por la información obtenida en campo para retroalimentar al SIG (ver Capítulo IV), permitieron analizar y evaluar la situación ambiental actual del mismo, considerando como contexto el SAR.

Para la caracterización del SAR, de la FC, el DDV y área de influencia directa se utilizó:

- ⊕ Interpretación geomorfológica y topografía del terreno.
- ⊕ Estudio de caracterización de vegetación.
- ⊕ Estudio de caracterización de fauna.
- ⊕ Análisis de los instrumentos normativos aplicables.
- ⊕ Análisis e incorporación de diversas fuentes cartográficas y bibliográficas.
- ⊕ Diagnóstico ambiental del área de estudio.

La información reflejada en los productos anteriormente expuestos, la definición del SAR fue fundamental para determinar la situación ambiental de la ubicación y componentes que conforman el Proyecto (Capítulo II, y IV).

Los parámetros seleccionados para la caracterización y análisis del SAR, responden a las características climáticas y geográficas de la ubicación de la infraestructura propuesta para el Proyecto.

La ubicación del Proyecto, obliga a realizar el análisis de las zonas donde se encuentran los tipos de vegetación más frágiles y/o susceptibles, cuando existan especies bajo algún estatus de protección.

Como parte del contexto, se identificó que los suelos en la superficie contemplada para el desarrollo del Proyecto, existen procesos erosivos considerados como severos, por lo que el Proyecto se inserta en una zona con nivel alto de alteración.

La fauna se verá afectada por la modificación de su hábitat (disminución de cubierta vegetal), por otro lado las acciones del proyecto ocasionarán el ahuyentamiento de la fauna que buscará otras áreas. Es importante mencionar que estos impactos se ven disminuidos por su contexto actual debido a que existe presión antrópica como cambios de uso del suelo en el SAR. Se hace notar que en los trabajos de campo se encontraron 20 especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ver Capítulo IV.

Para facilitar el proceso de identificación de los impactos se utilizó como primera herramienta de trabajo una Matriz de Leopold modificada. Básicamente, en las diferentes etapas del Proyecto, las acciones específicas que comprometen el desarrollo de proyecto están directamente relacionadas con los impactos ambientales que serán producidos.

A continuación, se presentan las Matrices de Leopold modificada para la evaluación cuantitativa de impactos ambientales del Proyecto y la etapa de Preparación del sitio, Construcción así como de Operación y mantenimiento.

Tabla V.5 Matriz de identificación de Impactos Ambientales para las etapas de Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento.

MATRIZ DE LEOPOLD		PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN															OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO																						
ETAPAS DEL PROYECTO																																							
ACTIVIDADES DEL PROYECTO																																							
FACTORES Y ATRIBUTOS AMBIENTALES																																							
MEDIO ABIÓTICO	AIRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34				
		Calidad del aire.			X																		X																
		Partículas suspendidas	X	X	X			X			X																												
	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	Niveles de ruido		X	X																		X																
		Relieve y microrelieve		X																																			
		Calidad del suelo.	X		X	X			X	X	X		X		X	X	X	X	X	X					X	X		X	X					X	X				
	SUELO	Estructura del suelo.	X			X																																	
		Erosión.	X																																				
		Hidrodinámica	X																																				
	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	Calidad del agua.	X		X						X												X				X								X				
Estructura y composición de las comunidades vegetales		X																																					
MEDIO BIÓTICO	VEGETACIÓN	Abundancia y distribución de comunidades	X																			X																	
		Especies con estatus de protección	X																																				
	FAUNA	Habitat	X																																				
Paisaje		X																																					
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	POBLACIÓN Y TRABAJADORES	Calidad escénica	X																																				
		Flujo vehicular					X																																
		Oferta de empleo												X																								X	
	Seguridad																																						
ARQUEOLOGÍA	Patrimonio arqueológico	X	X																																				
	Demanda de insumos y servicios.										X	X	X		X								X										X	X	X				
SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA	Economía local y regional												X																								X		

De acuerdo a la matriz de identificación de impactos, se elaboró una lista de chequeo por fase del Proyecto en donde se establecen los impactos que asocian la alteración del entorno derivada de una acción humana, elaborando así un listado de las interacciones proyecto-entorno y el signo de su efecto ya sea positivos o negativos (Tabla V.6 y Tabla V.7), es importante resaltar que, la elaboración de esta lista de chequeo se fundamentó no solo en la percepción de las interacciones de los componentes del entorno y el Proyecto, sino en un detallado análisis realizado con el apoyo del juicio de expertos y la experiencia en identificación de impactos producidos por desarrollos similares en otras regiones del país, lo cual disminuye la incertidumbre de este proceso que, como se comenta con anterioridad, es fundamental para la previsión de los impactos ambientales.

Tabla V.6 Lista de chequeo de impactos ambientales previstos para la etapa de Preparación del sitio y Construcción.

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Signo
Desmante y despalde de vegetación. (Aeródromo, Terminal de pasajeros, Acceso a zona pública y estacionamiento, instalaciones de apoyo, y Aertrópolis.	El aire se verá ligeramente afectado por los polvos generados durante el desmante y despalde. La generación de polvo ocurrirá únicamente en el predio. Las partículas suspendidas disminuirán la calidad del aire, llegando a ocasionar dañar a las vías respiratorias de los trabajadores, además de que el polvo se asienta encima de las plantas y en algunos casos puede reducir la fotosíntesis y el crecimiento de la vegetación.	Aire / Partículas suspendidas	-
	Debido a la remoción de la vegetación el suelo quedará al descubierto con posibilidades de presentarse erosión eólica y/o hídrica. Se desmontará el área para el predio en una superficie de 4,431.1640 ha.	Suelo / Estructura del suelo	-
	Durante esta etapa de Preparación del sitio y Construcción y por efecto de presencia de personal, uso de maquinaria y equipo, se puede presentar contaminación de suelo por residuos sólidos, líquidos y peligrosos.	Suelo / Calidad del suelo	-
	Debido a la remoción de la vegetación el suelo quedará al descubierto con posibilidades de presentarse erosión eólica. Se desmontará el área para el predio destinado para el proyecto en una superficie de (4,431.1640 ha).	Suelo / Erosión	-
	El desmante y despalde del terreno causará la modificación de hidrodinámica del cuerpo de agua, ocasionando una disminución de disponibilidad de agua en el hábitat acuático existente.	Hidrología superficial / Hidrodinámica	-
	Posible modificación de las características fisicoquímicas por contaminación de cuerpos de agua cercanos, debido al inadecuado manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos generados por las actividades de la obra.	Hidrología superficial / Calidad del agua	-

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Signo
	<p>Se realizará el desmonte en una superficie de 2,507.95 que representa el 56.6% del total del predio con vegetación de pastizal halófilo y 5.43% de pastizal inducida; y el despalme de la cobertura vegetal existente en una superficie de 4,431.1640 ha. Dentro del predio se determinaron 24 especies de vegetación, representados por dos estratos producto de los programas de reforestación y pastización gubernamentales en conjunto con el desarrollo natural de esa misma vegetación. herbáceo con <i>Distichlis spicata</i> (pasto salado), <i>Sporobolus pyramidatus</i> (liendrilla o cola de zorro) y <i>Paspalum virgatum</i> (cebadilla) como las especies dominantes y en el estrato arbóreo y arbustivo estando principalmente conformada por <i>Tamarix chinensis</i> y <i>Tamarix aphylla</i> . Debido a lo anterior, se alterará la dinámica ecológica por la eliminación de la vegetación, provocando la disminución de nichos ecológicos para otras especies.</p>	<p>Vegetación / Estructura y composición de las comunidades vegetales</p>	<p>-</p>
	<p>Durante las actividades de despalme y desmonte y por efecto de la actividad humana y de maquinaria, la mayoría de la fauna se desplazará a sitios adyacentes con el mismo tipo de vegetación. Sin embargo la fauna de lento desplazamiento y de hábitos subterráneos, se verán impactados. En el predio se identificaron 7 especies de herpetofauna (4 anfibios y 3 reptiles) muy asociados al cuerpo del agua en el caso de los anfibios. Cabe destacar que el 100 % de la herpetofauna identificada en el predio está representada en la zona de influencia. Principalmente se verán afectados los anfibios, dado su hábitos acuáticos y lento desplazamiento.</p>	<p>Fauna / Abundancia y distribución de comunidades (herpetofauna)</p>	<p>-</p>
	<p>En el caso de los mamíferos, están representados por 5 especies dentro del predio, dos pequeños roedores: <i>Peromyscus maniculatus</i> (ratón de patas blancas) y <i>Microtus mexicanus</i> (meteorito mexicano), así como dos lepóridos reportados para el área: <i>Lepus californicus</i> (liebre cola negra) y <i>Sylvilagus floridanus</i> (conejo castellano). Sin excluir como quinta especie, <i>Canis familiaris</i> (perro doméstico) representado por al menos cinco manadas de perros ferales con seis a ocho individuos cada una. Las poblaciones están dominadas por pequeños roedores, conejos y liebres, que se concentran principalmente en los pastizales. Cabe destacar que estos mamíferos se desplazarán fácilmente por fuera del predio en el área de influencia, por lo que su afectación será mínima. Cabe destacar que estas especies están ampliamente representadas en la zona de influencia, ya que se realizaron registro de las mismas especies con una mayor abundancia.</p>	<p>Fauna / Abundancia y distribución de comunidades (mamíferos)</p>	<p>-</p>

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Signo
	<p>Se registró un total de 74 especies de aves, tanto acuáticas como terrestres. Las especies más abundantes fueron los patos <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón) y <i>Oxyura jamaicensis</i> (pato tepalcate) y en general el grupo de los patos con más del 87% del total de los individuos encontrados junto con las aves playeras (5.4% del total). Las gallaretas (<i>Fulica americana</i>) son la tercera especie más abundante y representó casi el 4% del total de individuos contabilizados en el Lago de Texcoco. Un estimado del 11.9% se refiere a aves claramente residentes, pero que efectúan algunos movimientos locales y el resto realiza movimientos de migración de mayor distancia. Con los datos de abundancia y riqueza de especies resultado de los cinco conteos realizados en los once cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco. Los valores de los índices de diversidad se explican por la gran dominancia del grupo de los patos, más del 82% lo conforman sólo tres especies, que en orden de importancia son: <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón), <i>Oxyura jamaicensis</i> (pato tepalcate) y <i>Fulica americana</i> (gallareta americana). Todas las especies de aves son de amplia distribución, y se encuentran ampliamente representadas en los demás cuerpos de agua cercanos, por lo que en el caso de desecar el cuerpo de agua, tanto las especies residentes como migratorias se distribuirían en cuerpos de agua cercanos como el Lago Nabor Carrillo, Laguna Recreativa, Laguna Churubusco, Xalapango y Laguna Facultativa.</p>	Fauna / Abundancia y distribución de comunidades (aves)	-
	<p>En el predio y área de influencia, se determinaron 4 especies bajo régimen de protección por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 13 están en alguna de las categorías de la IUCN, 4 se encuentran en el Apéndice II de CITES. En cuanto al período de migración, la llegada de las aves a la zona durante el primer período tiene lugar, en la mayoría de los casos, de septiembre a marzo. Los chichicuilotes son la excepción, pues arriban a principios de julio. La migración de primavera comprende el período de finales de marzo a principios de junio (CONAGUA, 2005). Sin embargo, todas las especies son de amplia distribución, no son endémicas y se encuentran ampliamente representadas en los cuerpos de agua cercanos.</p>	Fauna / Especies con estatus de protección	-

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Signo
	<p>En cuanto a las zonas de reproducción y de acuerdo con lo reportado en estudios previos en la zona, entre las especies residentes que cumplen sus ciclo vital, es decir que nacen, se reproducen y mueren, se encuentran: <i>Anas diazi</i> (pato mexicano), <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón), <i>Anas cyanoptera</i> (cerceta de alas café), <i>Anas discors</i> (cerceta de alas azules) y <i>Oxyura jamaicensis</i> (pato tepalcate) (Conagua 2005). Estas especies utilizan como hábitat para reproducción y cría los cuerpos de agua Lago Nabor Carrillo, Laguna Recreativa, Laguna Churubusco, Xalapango y Laguna Facultativa. También se observan numerosas colonias anidantes en zonas cercanas a lagunas someras, dichas colonias están integradas por <i>Himantopus mexicanus</i> (candelerero), <i>Recurvirostra americana</i> (avoceta), <i>Charadrius vociferus</i> (chorlo tildío), <i>Calidris bairdi</i> (playero de Baird) <i>Calidris minutilla</i> y (chichicuilete), <i>Limnodromus scolopaceus</i> (costurero pico largo), <i>Phalaropus tricolor</i> (falaropo), <i>Tringa melanoleuca</i> (patamarilla mayor) y <i>Tringa flavipes</i> (patamarilla menor). Tanto <i>Gallinula chloropus</i> La (gallineta frente roja) como <i>Fulica americana</i> (gallareta) anidan en zonas de tulares, al tiempo que <i>Podiceps nigricollis</i> y <i>Podilymbus podiceps</i> anidan en la Laguna Recreativa y Lago Nabor Carrillo durante la primavera (CONAGUA, 2005). No obstante que durante el desmonte y despalme del terreno, se presentará la reducción de hábitat para aves, con base en los monitoreo de aves, se demostró que anidan y se reproducen en varios cuerpos de agua, todos ellos cercanos al sitio del proyecto.</p>	Fauna / Hábitat	-
	Debido a la eliminación de la vegetación natural en una superficie de 4,431.1640 ha, se presentará un cambio de la estética del pasaje existente.	Paisaje / Calidad escénica	-
	Afectación de material arqueológico tal como cerámica, lítica, concha y hueso entre otros elementos de temporalidad prehispánica durante las actividades de desmonte y despalme de vegetación. (Aeródromo, Terminal de pasajeros, Acceso a zona pública y estacionamiento, instalaciones de apoyo, y Aerotrópolis.	Arqueología/ Patrimonio arqueológico	-
<p>Nivelación del sitio y conformación de pendientes del terreno</p>	<p>Para la nivelación se tomó en cuenta la topografía existente, tratando de minimizar las operaciones de corte y relleno. Para la Fase I, se realizará el Movimiento de Tierras: 7,000,000 m<sup>3</sup> de corte, y 15,986,000 m<sup>3</sup> de relleno.</p>	Aire / Partículas suspendidas	-



Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Signo
	Se establecerá la nivelación tomando en cuenta la topografía existente para proteger de inundaciones, Dado lo anterior, se presentarán cambios en el relieve existente a fin de evitar inundaciones principalmente en las zonas de pistas.	Geología y geomorfología / Relieve y microrelieve	-
	Afectación de material arqueológico tal como cerámica, lítica, concha y hueso entre otros elementos de temporalidad prehispánica durante la nivelación del sitio y conformación de pendientes del terreno.	Arqueología/ Patrimonio arqueológico	-
Obras provisionales (campamentos, oficinas, bodegas y talleres)	Debido a la operación de los campamentos, oficinas, bodegas y talleres provisionales en la zona del proyecto en los diferentes frentes de trabajo, se generarán residuos sólidos urbanos y peligrosos en el caso de los talleres, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
	Durante la permanencia de los campamentos y oficinas en los diferentes frentes de trabajo, se generarán aguas residuales producto de las necesidades fisiológicas de los trabajadores y personal de confianza.	Hidrología superficial / Calidad del agua	-
Construcción de pavimentación y Cimentaciones	Se generarán gases de combustión durante la operación de hasta 2 plantas de concreto y hasta 3 plantas de asfalto ya que estas plantas requerirán diésel para su operación modificando la calidad del aire.	Aire/Calidad del aire	-
	Por la operación de hasta 2 plantas de concreto y 3 de asfalto durante la etapa de Construcción del Proyecto se generaran partículas suspendidas.	Aire/Partículas suspendidas	-
	El uso de las 2 plantas de concreto y 3 de asfalto generara niveles de ruido que puedan afectar a los trabajadores y a los habitantes en las áreas pobladas, del área del Proyecto durante la etapa de Construcción.	Aire/Niveles de ruido	-
	El suelo se podría contaminar debido al derrame de combustible que utilizaran las plantas de concreto y asfalto durante la etapa de Construcción del Proyecto en las actividades de construcción de pavimentación y cimentaciones.	Suelo/Calidad del suelo	-
	Se modificara la estructura del suelo derivado de las excavaciones de las piletas de sedimentación para separación de solidos provenientes del sistema de captación de partículas de las plantas que se requerirán durante la etapa de Construcción del Proyecto.	Suelo / Estructura del suelo	-

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Signo
Construcción de Vías de acceso	<p>Durante el periodo de construcción, la Calzada Arbolada Oeste, Calzada Arbolada Central y Calzada Arbolada Este estarán niveladas y alineadas vertical y horizontalmente, y se utilizarán como ruta de acceso a la construcción hacia la Autopista Peñón-Texcoco. Está planeada para el futuro un área verde de 800 m de ancho en las Calzadas Arboladas del Oeste y Central, con una pendiente de aproximadamente 1 por ciento hacia las vías, y se utilizará para el almacenamiento de equipos y materiales de construcción.</p> <p>El tráfico de construcción se distribuirá a través de las vialidades en el Aeródromo, donde los cimientos de las vías se pueden construir con una trayectoria temporal para facilitar la carga del tráfico de construcción. A medida que el periodo de construcción coordine esta implementación del Proyecto, se proporcionará el acceso adicional hacia el campo norte en Circuito Exterior Mexiquense. Debido al uso de vías de acceso, se pueden ver afectados por la presencia de vehículos de carga, aumentado el tráfico.</p>	Población y trabajadores / Flujo vehicular	-
Construcción de Terminal de pasajeros y estacionamiento, Instalaciones de apoyo (planta Central de Servicios)	Durante esta actividad, el aire se verá ligeramente afectado por los polvos, los cuales pueden llegar a dañar las vías respiratorias de los trabajadores, además de que el polvo se asienta encima de las plantas y en algunos casos puede reducir la fotosíntesis y el crecimiento de la planta.	Aire / Partículas suspendidas	-
Construcción de Suministro de Agua a Servicios Sanitarios, Sistema de Abastecimiento de Combustible, Tanques de almacenamiento de residuos de combustible, Generador de emergencia, Subestación eléctrica, Sistema de Cogeneración, Sistema de Agua Potable	Durante la instalación de la tubería para suministro de agua en instalaciones sanitaria y para el desalojo de aguas sanitarias residuales, instalación de los tanques de almacenamiento y subestación eléctrica y Sistema de Cogeneración de energía eléctrica y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se utilizará soldadura para tubería de hierro fundido, por lo que se generarán residuos de soldadura (colillas o mechas), los cuales en caso de un manejo inadecuado se puede llegar contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Instalaciones de combustibles	Pemex suministrará el combustible, con un máximo de crecimiento total de 12 tanques de almacenamiento de 66,600 barriles (799,200 barriles) de turbosina. Y donde posiblemente se generen derrames al suministrar el combustible, pudiendo contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	Se llevará a cabo el tratamiento de las aguas provenientes de los lavabos sanitarios internos, para riego por aspersión y el suministro compuesto de la torre de enfriamiento. Durante su construcción se generarán residuos de soldadura que pueden llegar a contaminar el suelo el suelo.	Hidrología superficial / calidad del agua	-
Subestaciones eléctricas	El suministro eléctrico contendrá dos alimentadores de 20 MVA as 23 kV cada una de las dos subestaciones receptoras. Durante su construcción se generarán residuos de soldadura y de concreto, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Signo
Conexiones con vialidades externas	Se construirá un acceso proveniente de la autopista Peñón – Texcoco, así como un paso a desnivel proveniente del Circuito Exterior Mexiquense. Durante su construcción se generarán emisiones contaminantes y partículas suspendidas, polvos por excavaciones y tráfico vehicular.	Aire / Partículas suspendidas	-
	Derivado de la construcción de la autopista Peñón-Texcoco, así como un paso a desnivel proveniente del Circuito Exterior Mexiquense se generara flujo vehicular.	Flujo vehicular	-
Construcción de Red de Transporte Público.	Durante la construcción de la Red de Transporte público, se generarán residuos de concreto y de soldadura, pudiéndose contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Construcción de Vialidades Internas	El proyecto contempla la construcción de vialidades internas, generándose residuos de concreto y de soldadura, pudiéndose contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Uso de maquinaria y equipo	Durante las actividades de desmonte, despalme, nivelación y conformación del terreno, se utilizará maquinaria y equipo, la cual ocasionará una disminución de la calidad de aire, debido la generación de emisiones de gases contaminantes, producto de la combustión interna de sus motores.	Aire / Calidad del aire	-
	Durante las actividades de desmonte y despalme y debido al uso de equipo y maquinaria, se presentará un incremento en los niveles de ruido, los cuales pueden provocar daños en el sistema auditivo de los trabajadores.	Aire / Niveles de ruido	-
Generación y Manejo de residuos sólidos y de manejo especial,	Durante esta etapa se generarán residuos sólidos derivados de la preparación del sitio, consistente principalmente en material vegetal y residuos domésticos de los trabajadores. Sin embargo, en caso de manejo inadecuado se puede presentar contaminación del suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
	Debido a la generación de residuos sólidos, se requerirá de servicios de recolección municipal.	Servicio e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	+
Generación y Manejo de aguas residuales	En la etapa de preparación del sitio se generarán aguas residuales sanitarias, las cuales serán manejadas mediante sanitarios portátiles y colectadas por un prestador de servicios autorizado. Durante la etapa de preparación del sitio se generarán residuos líquidos, derivado de las necesidades sanitarias de los trabajadores. Por lo que en caso de defecación al aire libre, se presentarán problemas de salud por la generación de bacterias fecales.	Hidrología superficial / Calidad del agua	-
	Debido a la generación de residuos líquidos sanitarios, se requerirá del servicio de una empresa especializada para la recolección y tratamiento de éste tipo de residuos en letrinas portátiles.	Servicio e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	+

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Signo
Generación y Manejo de residuos peligrosos	Debido a la utilización de maquinaria se generarán residuos peligrosos, derivados del mantenimiento preventivo, consistentes en filtros usados, estopas impregnadas de hidrocarburos y envases con aceites y lubricantes residuales; asimismo se pueden presentar derrames accidentales durante el suministro de combustible a la maquinaria dentro del predio. Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
	Debido a la generación de residuos peligrosos, se requerirá del servicio de talleres especializados en el mantenimiento electromecánico, lo que significa una demanda del servicio y una aportación en la economía de la zona, o en su caso, la contratación de una empresa especializada para el transporte y confinamiento de residuos peligrosos.	Servicio e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	+
Contratación de mano de obra y personal.	Se generarán empleos temporales durante la preparación del sitio y construcción. Se contratará personal de las localidades cercanas al Proyecto, sin ocasionar problemas de migratorios.	Población y trabajadores / Oferta de empleo	+
	Debido a la remuneración de los trabajos realizados en esta etapa por los trabajadores, se permitirá mejorar su economía.	Servicios e infraestructura / Economía local y regional	+

Tabla V.7 Lista de chequeo de impactos ambientales previstos para la etapa de Operación y mantenimiento.

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente / Factor Ambiental	Signo
Mantenimiento de transporte automatizado de personas	Durante las actividades de mantenimiento y limpieza de vehículos del transporte automatizado de personas, se generarán residuos sólidos y residuos peligrosos, producto del mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos (estopas impregnadas de hidrocarburos, aceites y filtros gastados). Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Mantenimiento de Aeronaves	Durante las actividades de mantenimiento y limpieza de Aeronaves, se generarán residuos sólidos y residuos peligrosos, producto del mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos (estopas impregnadas de hidrocarburos, aceites y filtros gastados). Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Zona de Operaciones y Mantenimiento del Aeropuerto	Durante las actividades de mantenimiento de la Zona de Operaciones del Aeropuerto, se generarán residuos sólidos y residuos peligrosos, producto del mantenimiento de las instalaciones (talleres mecánicos, eléctricos, plomería, climatización, carpintería, soldadura y señalizaciones). Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Mantenimiento del Aeródromo	Durante las actividades de mantenimiento del Aeródromo (vehículos de transporte del personal y los camiones de transporte), se generarán residuos sólidos y residuos de manejo especial (residuos de pintura) de residuos peligrosos (residuos de solventes), producto del mantenimiento de las instalaciones (tritadores, cabinas de lavado, taller de hojalatería y pintura y cuartos de limpieza con chorro de arena y bahías de mantenimiento). Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Mantenimiento de equipos de servicios en tierra	Durante las actividades de mantenimiento de equipos de servicios en tierra, se generarán residuos sólidos domésticos y residuos peligrosos, producto del mantenimiento, lavado y carga de combustible. Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Servicios de comida en vuelos	Durante los requerimientos de servicio de comidas en vuelos, se generarán residuos sólidos domésticos (restos de comida, aceites domésticos gastados, plásticos, papel y cartón), los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Sistema de Drenaje de aguas pluviales	El sistema de drenaje de las aguas pluviales considera la descarga pico del año de 1:50 de 34 m <sup>3</sup> /s desembocada en el túnel de la CONAGUA cuando el sitio esté en construcción completa.	Hidrología superficial / Calidad del agua	-

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente / Factor Ambiental	Signo
Operación del Aeródromo (aeronaves)	Las principales fuentes de emisiones a la atmósfera del aeródromo incluyen la combustión del escape de los aviones durante el aterrizaje y despegue de las aeronaves y vehículos de servicios.	Aire / Calidad del aire	-
	Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por la operación de la planta de emergencia.	Aire / Calidad del aire	-
	Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por la operación de la planta de generadores con gas.	Aire / Calidad del aire	-
	Los niveles sonoros y vibraciones están ligados a las operaciones del Aeródromo, durante el despegue y aterrizaje de las aeronaves con origen -destino en el aeropuerto de la Ciudad de México.	Aire / Niveles de ruido	-
	Los efectos de la operación del Aeródromo sobre los grupos de fauna silvestre son principalmente visibles en las comunidades de aves. Sin embargo se considera que en esta etapa sea mínima la presencia de aves en las pistas de aterrizaje y despegue del Aeródromo.	Fauna / Abundancia y distribución de comunidades	-
Servicios a usuarios y personal	Los factores sociales se verán favorecidos con la ejecución del proyecto, al incrementar la oferta del servicio de vuelos en la Ciudad de México.	Servicios e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	+
Operación de los Sistemas de Abastecimiento de Combustible	Posibles derrames de combustible durante el abastecimiento de combustible a las aeronaves, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
	El manejo de Gas Natural que se utilizara en la Planta Central de Servicios podrá generar eventos de riesgo (radiación térmica o sobrepresión) a la población y trabajadores	Población y trabajadores/ Seguridad	-
	Se podrán generar eventos de riesgo a la población y trabajadores derivado de que se requerirán tanques de almacenamiento de propano para suministrar Gas LP a las instalaciones de cocina en el aeropuerto. Los tanques se han dimensionado en 30 000 galones para la fase inicial y 60 000 galones hacia el final de la construcción.	Población y trabajadores/ Seguridad	-
Operación de instalaciones de combustible (tanques de almacenamiento de turbosina).	Posibles derrames de combustible durante el abastecimiento de combustible a las aeronaves, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
	El manejo de la turbosina podrá generar eventos de riesgo a la población y trabajadores.	Población y trabajadores/ Seguridad	-
Operación de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	Durante la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sanitarias, se generación de residuos peligrosos, producto de su mantenimiento, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Hidrología superficial / Calidad del agua	-

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente / Factor Ambiental	Signo
Operación de subestaciones eléctricas	Durante la operación de las subestaciones se generarán aceites contaminantes de los transformadores y del mantenimiento en general, pudiendo contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
Operación de Red de Transporte Público	Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por emisiones de gases contaminantes provenientes de vehículos.	Aire / Calidad del aire	-
Operación de vialidades internas	Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por emisiones de gases contaminantes provenientes de vehículos.	Aire / Calidad del aire	-
Generación y Manejo de Residuos sólidos y de manejo especial.	Durante la operación del Aeropuerto, se generarán residuos sólidos domésticos y de manejo especial, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
	Debido a la generación de residuos sólidos, se requerirá de los servicios de recolección municipal.	Servicios e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	+
Generación y Manejo de aguas residuales	Durante la etapa de operación se generarán aguas residuales de servicios a trabajadores y usuarios, los cuales se deberán conducir a la planta de tratamiento.	Hidrología superficial / Calidad del agua	-
Manejo de residuos peligrosos	Durante la etapa de operación, y debido a las actividades de mantenimiento en las diferentes instalaciones, equipo, vehículos y aeronaves, se generarán residuos peligrosos. Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	-
	Debido a la generación de residuos peligrosos, se requerirá del servicio de una empresa especializada para el transporte y confinamiento de residuos peligrosos.	Servicios e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	+
Generación de empleos	Se generarán empleos permanentes durante la operación del Aeropuerto. Se contratará personal de las localidades cercanas sin ocasionar problemas de migratorios.	Población y trabajadores / Oferta de empleo	+
	Debido a la remuneración de los trabajos realizados en esta etapa por los trabajadores, se permitirá mejorar su economía local con algunos derrames en el contexto regional.	Servicios e infraestructura / Economía local y regional	+

De acuerdo a las tablas anteriores, se identificaron los impactos ambientales que pudiesen generarse por el desarrollo del Proyecto para las diferentes etapas; en este contexto, se presenta a continuación el condensado de impactos, elaborando un listado de las interacciones proyecto-entorno y el signo de su efecto ya sea positivos o negativos.

Tabla V.8 Identificación de los Impactos Ambientales previstos en las etapas de Preparación del sitio y Construcción.

Etapa de Preparación del sitio			Interacción de impacto	
Medio	Componente	Factor	Positivo	Negativo
Abiótico	Aire	Calidad del aire	---	2
		Partículas suspendidas	---	5
		Niveles de ruido	---	3
	Geología y Geomorfología	Relieve y microrelieve	---	1
	Suelo	Calidad del suelo	---	7
		Estructura del suelo	---	2
		Erosión	---	1
	Hidrología Superficial	Hidrodinámica	---	1
		Calidad del agua	---	4
Biótico	Vegetación	Estructura y composición de las comunidades vegetales	---	1
	Fauna	Abundancia y distribución de comunidades	---	1
		Especies con estatus de protección	---	1
		Hábitat	---	1
	Paisaje	Calidad escénica	---	1
Socio-económico	Población y trabajadores	Flujo vehicular	---	1
		Oferta de empleo	1	---
		Seguridad	---	---
	Arqueología	Patrimonio arqueológico	---	2
	Servicios e infraestructura	Demanda de insumos y servicios	3	---
		Economía local y regional	1	---
<b>Total</b>			<b>5</b>	<b>34</b>



Tabla V.9 Identificación de los Impactos Ambientales previstos en las etapas de Operación y mantenimiento.

Etapa de Preparación del sitio			Interacción de impacto	
Medio	Componente	Factor	Positivo	Negativo
Abiótico	Aire	Calidad del aire	---	3
		Partículas suspendidas	---	---
		Niveles de ruido	---	1
	Geología y Geomorfología	Relieve y microrelieve	---	---
	Suelo	Calidad del suelo	---	12
		Estructura del suelo	---	---
		Erosión	---	---
	Hidrología Superficial	Hidrodinámica	---	---
		Calidad del agua	---	3
Biótico	Vegetación	Estructura y composición de las comunidades vegetales	---	---
	Fauna	Abundancia y distribución de comunidades	---	1
		Especies con estatus de protección	---	---
		Hábitat	---	---
	Paisaje	Calidad escénica	---	---
Socio-económico	Población y trabajadores	Flujo vehicular	---	---
		Oferta de empleo	1	---
		Seguridad	---	2
	Arqueología	Patrimonio arqueológico	---	---
	Servicios e infraestructura	Demanda de insumos y servicios	5	---
		Economía local y regional	1	---
<b>Total</b>			<b>7</b>	<b>22</b>

Tabla V.10 Resumen de identificación de Impactos Ambientales en las diferentes etapas del Proyecto.

Etapas	Interacción de impacto		
	Positivo (+)	Negativo (-)	Total
Preparación de sitio y Construcción	5	34	39
Operación y mantenimiento	7	22	29
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>57</b>	<b>68</b>
<b>Total (%)</b>	<b>17.65%</b>	<b>83.82%</b>	<b>100%</b>

El mapa conceptual siguiente muestra algunos impactos que se generarán por el desarrollo del Proyecto.

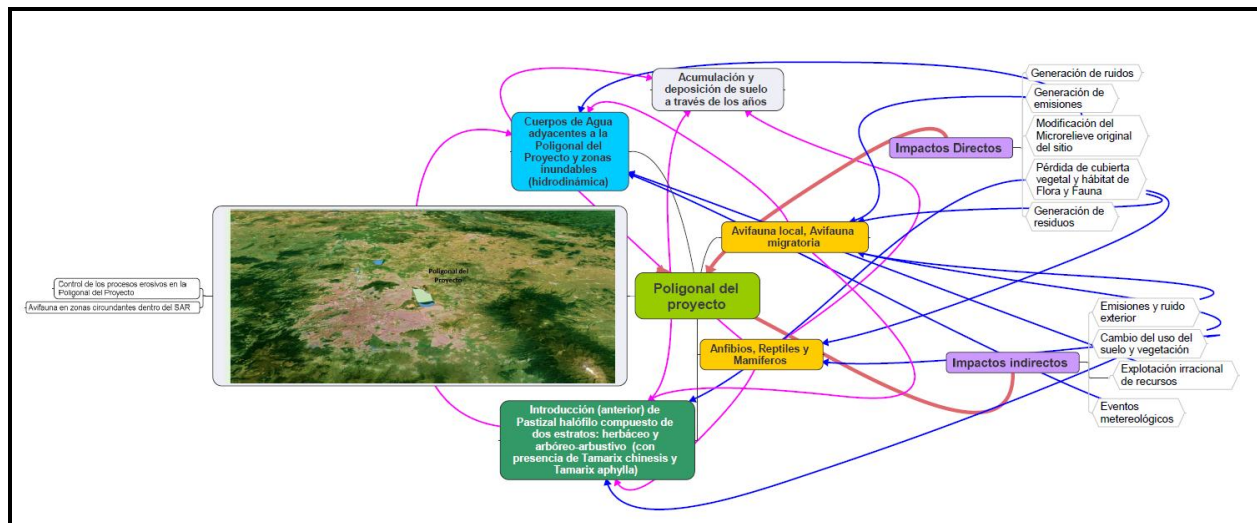


Figura V.1 Mapa conceptual de impactos generados por el Proyecto.

## V.2 Caracterización de los impactos

Una vez identificadas las actividades previstas los impactos ambientales (Tablas V.1) y los factores susceptibles a ser afectados impactados (Tabla V.2), se procedió a la implementación de una matriz de interacción entre las por el Proyecto; dicha matriz fue denominada Matriz de Identificación de Impactos Ambientales, en la cual se observan las interacciones que se refieren a impactos negativos (-) y las interacciones a impactos positivos (+) mediante la cual se ponderaron:

- Componente ambiental más afectado por el proyecto,
- Etapas que más efectos ambientales positivos o negativos genera y
- Actividades que generan la mayor recurrencia de cada impacto ambiental identificado

En la Matriz de Identificación de Impactos Ambientales se presentaron 29 actividades principales del desarrollo del Proyecto (en sus etapas: 12 en Preparación del sitio y Construcción y, 17 en Operación y mantenimiento), de acuerdo a lo presentado en el Capítulo II de la presente MIA-R.

Derivado de los resultados obtenidos en la evaluación matricial de Leopold, se identificó que la etapa de Preparación del sitio y Construcción es la que cuenta con mayor incidencia de impactos negativos, obteniendo 24 interacciones negativas y 5 interacciones positivas. En la etapa de Operación y mantenimiento se contabilizaron 17 impactos negativos y 5 impactos positivos.

## V.3 Mapa Conceptual de Interacciones Proyecto-Ambiente e Impactos Ambientales

Los Mapas de Interacción mediante diagramas, son un método que integra las causas de los impactos y sus consecuencias a través de la identificación de las interrelaciones que existen entre las acciones causales y los factores ambientales que reciben el impacto, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios, se realiza a partir del desarrollo de la matriz de interacciones. El análisis de las redes es muy útil para identificar los impactos previstos asociados al Proyecto. Además de que sirve para organizar el debate con el grupo interdisciplinario de especialistas.

Adicionalmente a los métodos de identificación de impactos mencionados anteriormente, se utilizó el programa Mind Manager para clasificar los impactos ambientales en un Modelo Conceptual, separando los impactos por etapa del Proyecto y por cada componente ambiental con la finalidad de mostrar de forma ilustrativa la incidencia de cada actividad de la obra en los componentes ambientales y como una sola actividad del Proyecto puede generar varios impactos ambientales.

El Modelo Conceptual, es un método que integra las causas de los impactos y sus consecuencias a través de la identificación de las interrelaciones que existen entre las acciones causales y los factores ambientales que reciben el impacto, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios, se realiza a partir del desarrollo de la matriz de interacciones. El

análisis de las redes es muy útil para identificar los impactos previstos asociados al Proyecto. Además de que sirve para organizar el debate con el grupo interdisciplinario de especialistas. Ver en el Anexo VIII.4.13 los Mapas Conceptuales por etapa del Proyecto para mayor apreciación.

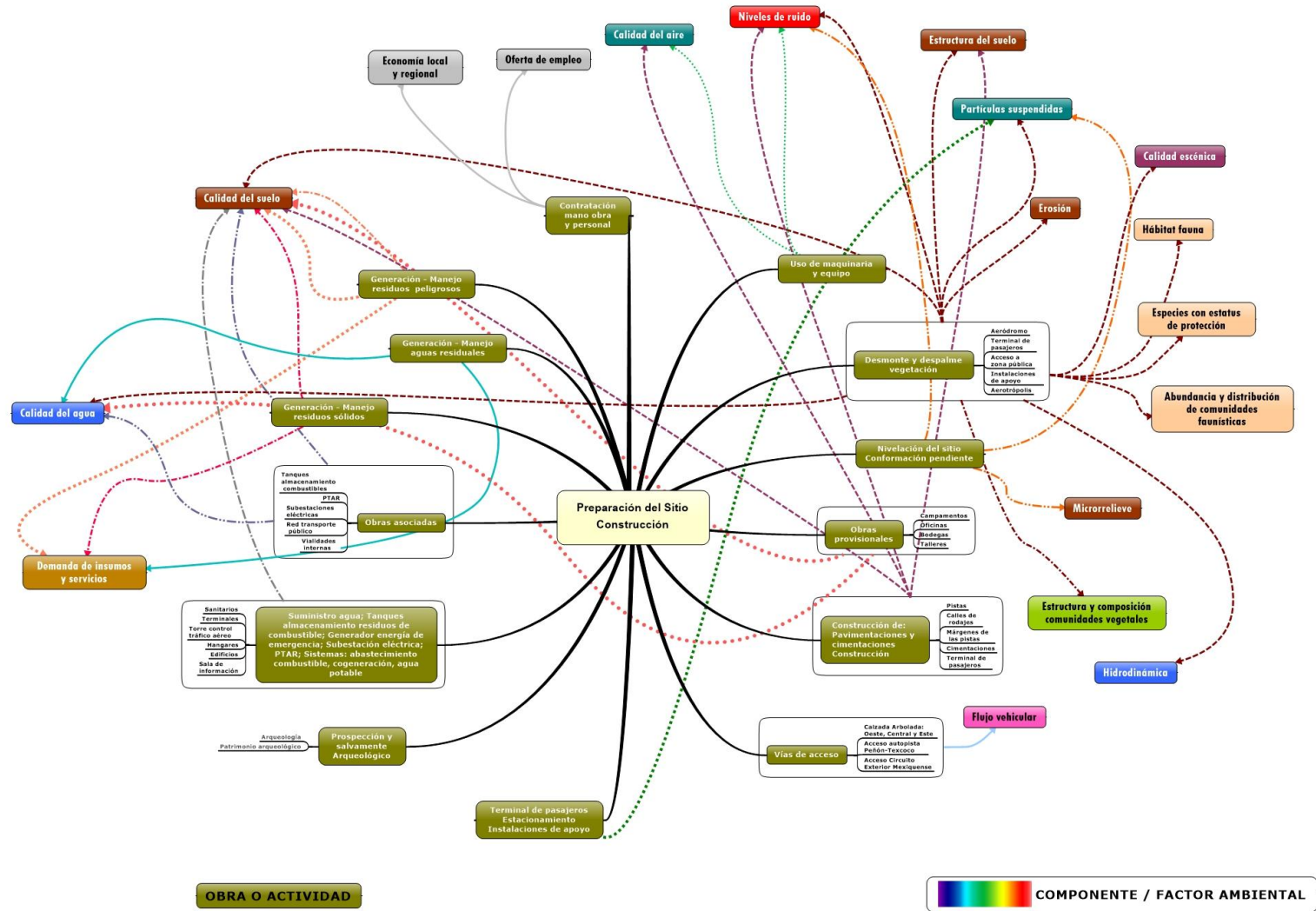


Figura V.2 Mapa Conceptual de Impactos producidos por el Proyecto durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción.

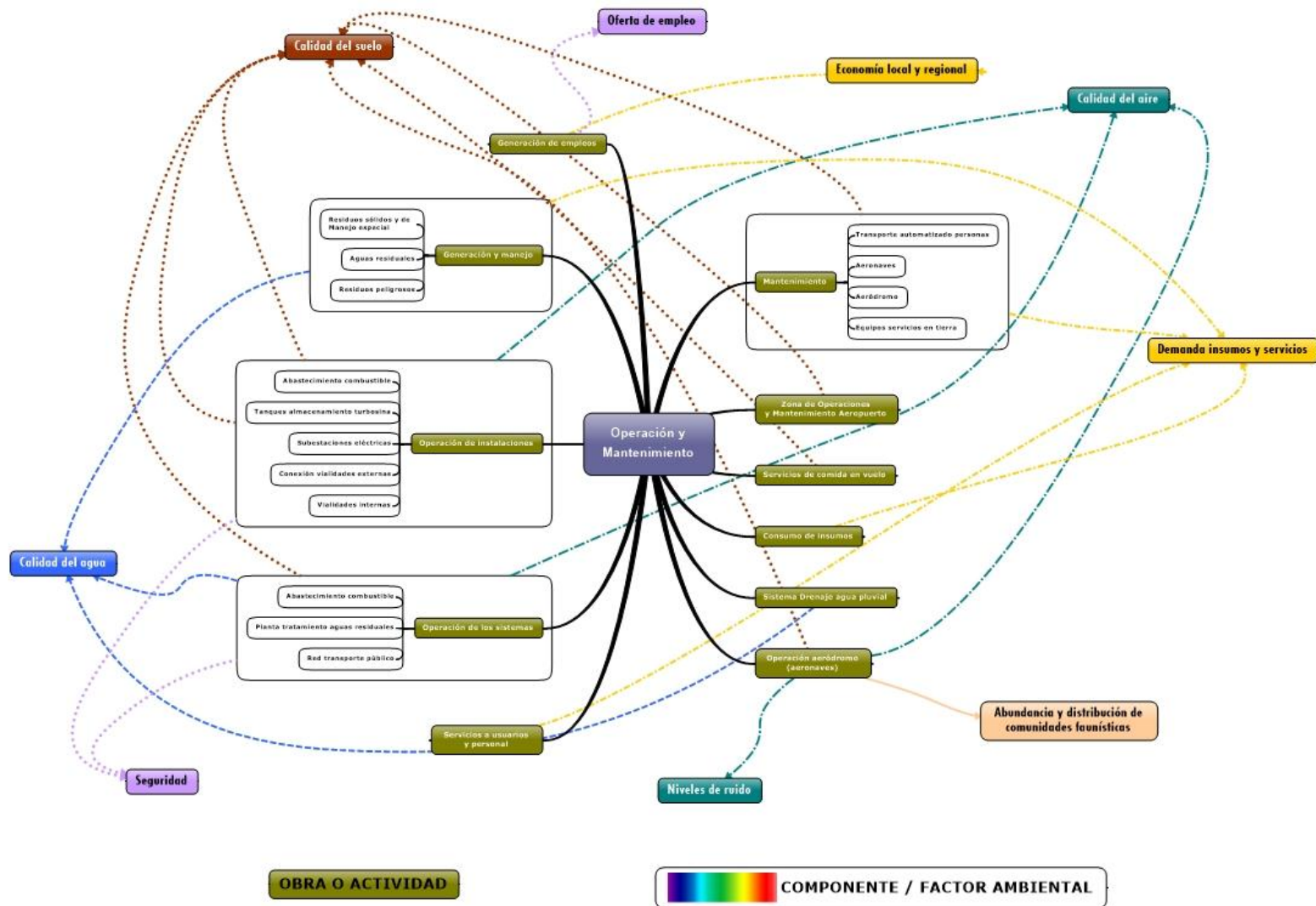


Figura V.3 Mapa Conceptual de Impactos producidos por el Proyecto en la etapa de Operación y mantenimiento.

### V.3.1 Valoración de los impactos

La evaluación de impactos ambientales se realizó mediante la Técnica de Gómez Orea (1999), donde una vez identificados los impactos, estos se evalúan mediante su valoración cuantitativa, jerarquizándolos. La metodología se formaliza a través de varias tareas bien marcadas:

- ⊕ Determinar un índice de incidencia para cada impacto estandarizado entre 0 y 1.
- ⊕ Determinar la magnitud en unidades distintas para cada impacto, estandarizando entre 0 y 1.
- ⊕ Calcular el valor de cada impacto a partir de la magnitud y la incidencia antes determinadas.
- ⊕ Jerarquizar los impactos en una escala.

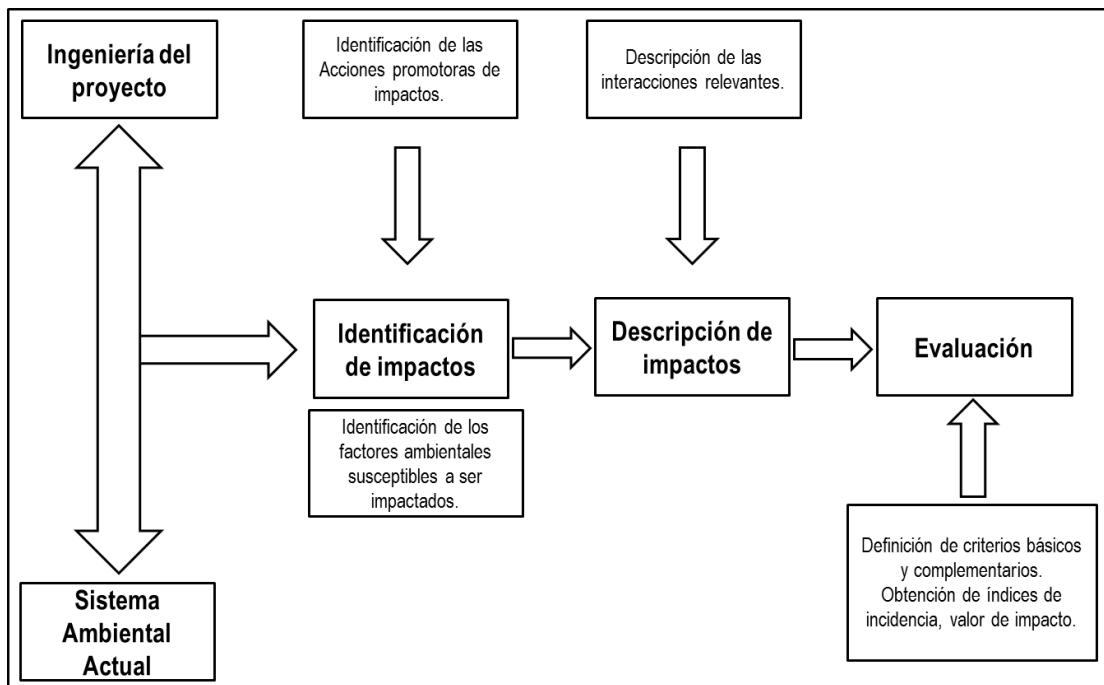


Figura V.4 Metodología para la evaluación de impactos.

### V.3.2 Determinación del Índice de Incidencia

La incidencia se refiere a la severidad y forma de la alteración, la cual es definida por la intensidad y una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración.

Una vez caracterizado el impacto, se determinó el índice de incidencia estandarizando entre 0 y 1, en cuatro pasos:

1. Tipificación de las formas en que se puede describir cada atributo. Ej.

- Momento: corto plazo, medio plazo o largo plazo
- Recuperabilidad: fácil, media y difícil

2. Atribución de un código numérico a cada forma, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable (ver en la Tabla V.12 la columna Código/Valor); así para los ejemplos anteriores:

- Momento: corto plazo 3, medio plazo 2 y largo plazo 1
- Recuperabilidad: fácil 1, media 2 y difícil 3

3. Aplicación de una función, suma ponderada para obtener un valor.

4. Estandarización de los valores obtenidos entre 0 y 1, mediante la siguiente expresión:

$$I_i = (I - I_{\min.}) / (I_{\max.} - I_{\min.})$$

Donde:

- $I_i$  = Índice de incidencia
- $I$  =  $\Sigma$  de valores de atributos
- $I_{\max.}$  = Valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestaran con el mayor valor
- $I_{\min.}$  = Valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifiesten con el menor valor

La importancia del impacto toma valores entre 9 y 100. Presenta valores intermedios (entre 40 y 60), cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- ⊕ Intensidad total y afección mínima de los restantes símbolos.
- ⊕ Intensidad muy alta o alta y afección alta o muy alta de los restantes símbolos.
- ⊕ Intensidad media o baja, efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos.

Tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla V.11 Intensidad del impacto.

Tipo de impacto	Significado
Irrelevantes o compatible	Impactos con valores de importancia inferiores a 25
Moderados	Impactos presentan una importancia entre 26 y 50
Severos	Impactos con valores de importancia entre 51 y 75
Críticos	Impactos con valor superior a 76

Es muy importante reseñar que los valores de las cuadrículas en una matriz dada, no son comparables debido a que pertenecen a un diferente factor, pero sí lo son cuadrículas que ocupen lugares equivalentes en alternativas de un mismo proyecto.

Con lo anterior, es necesario aclarar que los impactos se presentan de forma subsecuente asociados a alguna de las acciones del proyecto y que su identificación se realizó tratando de respetar la independencia de los mismos.

Tabla V.12 Códigos Asignados a los Atributos Ambientales y Socioeconómicos.

Atributos	Carácter de los Atributos	Descripción	Código/Valor
Signo del efecto	Benéfico	Se refiere a la consideración de benéfico o adverso	+
	Adverso		-
	Difícil de calificar	Requiere de estudios para asignarle valor	X
Inmediatez	Directo o Primario	Tiene repercusión inmediata en algún factor ambiental	3
	Indirecto o Secundario	Se deriva de un efecto primario	1
Acumulación	Simple	Se manifiesta en un solo componente ambiental o no induce efectos secundarios ni acumulativos ni sinérgicos	1
	Acumulativo	Incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera	3
Sinergia	Leve	Reforzamiento de efectos simples, se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples supone un efecto mayor que su suma simple	1
	Media		2
	Fuerte		3
Momento	Corto plazo	Se manifiesta en un ciclo anual	3
	Medio plazo	Se manifiesta antes de cinco años	2

Atributos	Carácter de los Atributos	Descripción	Código/Valor
	Largo plazo	Se manifiesta en un período mayor a 5 años	1
Persistencia	Temporal	Supone una alteración que desaparece después de un tiempo	1
	Permanente	Supone una alteración de duración indefinida	3
Reversibilidad	Corto plazo o reversible	Puede ser asimilado por los procesos naturales en un corto plazo. Reversible en su totalidad	1
	Mediano plazo o parcialmente reversible	Puede ser asimilado por los procesos naturales a mediano plazo	2
	Largo plazo o no reversible	No puede ser asimilado por los procesos naturales o sólo después de muy largo tiempo	3
Recuperabilidad	Fácil	Puede eliminarse o reemplazarse por la acción natural o humana	1
	Media	Puede eliminarse o reemplazarse por la acción natural o humana	2
	Difícil	Es muy difícil de eliminarse o reemplazarse por la acción natural o humana	3
Continuidad	Continuo	Produce una alteración constante en el tiempo	3
	Discontinuo	Se manifiesta de forma intermitente o irregular	1
Periodicidad	Periódico	Se manifiesta de forma cíclica o recurrente	3
	Irregular	Se manifiesta de forma impredecible en el tiempo debiendo evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia	1

### V.3.3 Determinación de la Magnitud

La determinación de la magnitud consiste en transformar las unidades heterogéneas a unidades homogéneas a dimensionales de valor ambiental, operación que se hace traduciéndolas a un intervalo que varía entre 0 y 1. Posteriormente, se estiman los valores que toma cada indicador en la situación "sin" y "con" proyecto.

Las unidades heterogéneas son obtenidas de conocimientos y herramientas experimentales y simulaciones, así como de la capacidad de utilizarlas y desarrollarlas cuantificando el impacto a través de indicadores.

### V.3.4 Valoración Cuantitativa

Cada uno de los factores ambientales alterados se obtiene por diferencia entre la situación "sin" y "con" proyecto, el valor del impacto ambiental sobre cada uno de ellos, expresados en valores limitados entre 0 y 1, atribuyéndose a partir de la siguiente fórmula:

$$V_i = M * I_i$$

Donde:

$V_i$  = Valor de un impacto

$M$  = Magnitud

$I_i$  = Índice de incidencia

### V.3.5 Jerarquización

La jerarquización permite adquirir una visión integrada y completa de la incidencia ambiental del proyecto y requiere de la determinación del valor de cada impacto en unidades conmensurables a partir de los valores de incidencia y magnitud; como ambos oscilan entre 0 y 1, el valor de cada impacto también se hace variar, a su vez, entre 0 y 1; ese valor es quien marca la jerarquía exigida. Una vez realizada la operación se consultan los datos de la Tabla V. 13, para ubicar el impacto ambiental generado.



Tabla V.13 Categorías de Evaluación de Impactos.

Impactos Benéficos	Jerarquización	Impactos Adversos
Benéfico muy importante	0.81 – 1.0	Adverso muy importante
Benéfico importante	0.61 – 0.80	Adverso importante
Benéfico medio	0.41 – 0.60	Adverso medio
Benéfico moderado	0.21 - 0.40	Adverso moderado
Benéfico muy moderado	0.01 - 0.20	Adverso muy moderado
O nulo		

### V.3.6 Aplicación de Medidas Correctivas.

Se refiere a la rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar el impacto, considerando como criterios si el impacto sobrepasa umbrales o la importancia de la pérdida ambiental, principalmente cuando afecta las estructuras o funciones críticas.

En este rubro se determinará si debido al impacto ambiental generado es necesaria la implementación de alguna (s) medida (s):

- ⊕ Medidas de prevención. Acciones de prevención de posibles impactos.
- ⊕ Medidas de mitigación. Diseñadas para ser aplicadas en el sitio mismo, con objeto de minimizar los impactos ambientales adversos ocasionados por el proyecto.
- ⊕ Medidas de compensación. Se realizan en sitios diferentes, al lugar de ubicación del proyecto, con el fin de atenuar las afectaciones de las actividades ejecutadas.
- ⊕ Medidas de remediación o rehabilitación. Tienden a promover la existencia de las condiciones similares a las iniciales.

En las tablas siguientes se puede observar que en la etapa de Preparación del sitio y Construcción, se evaluaron un total de 31 impactos, de los cuales 26 son adversos y 5 benéficos. Los resultados de jerarquización muestran que 12 impactos resultaron adversos muy moderados, 7 adversos moderados, 6 adversos medio, sólo 1 adverso importante y 5 positivos muy moderados, dentro de estas categorías los negativos más significativos se concentran en hidrología superficial, calidad del suelo, y fauna (aves).

En la tabla de evaluación de impactos en Operación y mantenimiento, se evaluaron 22 impactos (17 adversos y 5 benéficos), se observa que los 10 impactos adversos se calificaron como moderados y 7 muy moderados, de los 5 impactos benéficos, 2 resultaron positivos moderados y 3 muy moderados, el más significativo dentro de la categoría de jerarquización de moderado es el relacionado con la calidad del suelo por las actividades de mantenimiento y limpieza en las diferentes áreas del Proyecto.

Tabla V.14 Evaluación de impactos ambientales en la etapa de Preparación del sitio y Construcción.

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (Ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización		
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto	
Desmante y despalme de vegetación. (Aeródromo, Terminal de pasajeros, Acceso a zona pública y estacionamiento, instalaciones de apoyo, y Aertrópolis.	El aire se verá ligeramente afectado por los polvos generados durante el desmante y despalme. La generación de polvo ocurrirá únicamente en el predio. Las partículas suspendidas disminuirán la calidad del aire, llegando a ocasionar dañar a las vías respiratorias de los trabajadores, además de que el polvo se asienta encima de las plantas y en algunos casos puede reducir la fotosíntesis y el crecimiento de la vegetación.	Aire / Partículas suspendidas	PCC01	-	3	3	2	3	1	1	1	1	1	1	16	0.4	0.7	0.9	-0.2	-0.08	Adverso muy moderado
	Debido a la remoción de la vegetación el suelo quedará al descubierto con posibilidades de presentarse erosión eólica y/o hídrica. Se desmontará el área para el predio en una superficie de 4,431.1640 ha.	Suelo / Estructura del suelo	PCC02	-	3	1	2	3	3	3	2	1	1	19	0.6	0.5	0.9	-0.4	-0.22	Adverso moderado	
	Durante esta etapa de Preparación del sitio y Construcción y por efecto de presencia de personal, uso de maquinaria y equipo, se puede presentar contaminación de suelo por residuos sólidos, líquidos y peligrosos.	Suelo / Calidad del suelo	PCC03	-	3	3	2	1	3	3	3	1	1	20	0.6	0.1	0.9	-0.8	-0.49	Adverso medio	
	Debido a la remoción de la vegetación el suelo quedará al descubierto con posibilidades de presentarse erosión eólica. Se desmontará el área para el predio destinado para el proyecto en una superficie de (4,431.1640 ha).	Suelo / Erosión	PCC04	-	3	3	2	3	1	3	2	1	1	19	0.6	0.6	0.9	-0.3	-0.17	Adverso muy moderado	
	El desmante y despalme del terreno causará la modificación de hidrodinámica del cuerpo de agua, ocasionando una disminución de disponibilidad de agua en el hábitat acuático existente.	Hidrología superficial / Hidrodinámica	PCC05	-	3	1	2	3	3	2	2	1	1	18	0.5	0.1	0.9	-0.8	-0.40	Adverso moderado	

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización	
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto
	Posible modificación de las características fisicoquímicas por contaminación de cuerpos de agua cercanos, debido al inadecuado manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos generados por las actividades de la obra.	Hidrología superficial / Calidad del agua	PCC06	-	3	3	3	1	3	3	3	1	1	21	0.7	0.1	0.9	-0.8	-0.53	Adverso medio
	Se realizará el desmonte en una superficie de 2,507.95 que representa el 56.6% del total del predio con vegetación de pastizal halófilo y 5.43% de pastizal inducida; y el despalme de la cobertura vegetal existente en una superficie de 4,431.1640 ha. Dentro del predio se determinaron 24 especies de vegetación, representados por dos estratos producto de los programas de reforestación y pastización gubernamentales en conjunto con el desarrollo natural de esa misma vegetación. herbáceo con <i>Distichlis spicata</i> (pasto salado), <i>Sporobolus pyramidatus</i> (liendrilla o cola de zorro) y <i>Paspalum virgatum</i> (cebadilla) como las especies dominantes y en el estrato arbóreo y arbustivo estando principalmente conformada por <i>Tamarix chinensis</i> y <i>Tamarix aphylla</i> . Debido a lo anterior, se alterará la dinámica ecológica por la eliminación de la vegetación, provocando la disminución de nichos ecológicos para otras especies.	Vegetación / Estructura y composición de las comunidades vegetales	PCC07	-	3	1	2	3	3	3	3	3	3	24	0.8	0.3	0.8	-0.5	-0.42	Adverso medio

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización	
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto
	Durante las actividades de despalme y desmonte y por efecto de la actividad humana y de maquinaria, la mayoría de la fauna se desplazará a sitios adyacentes con el mismo tipo de vegetación. Sin embargo la fauna de lento desplazamiento y de hábitos subterráneos, se verán impactados. En el predio se identificaron 7 especies de herpetofauna (4 anfibios y 3 reptiles) muy asociados al cuerpo del agua en el caso de los anfibios. Cabe destacar que el 100 % de la herpetofauna identificada en el predio está representada en la zona de influencia. Principalmente se verán afectados los anfibios, dado su hábitos acuáticos y lento desplazamiento.	Fauna / Abundancia y distribución de comunidades (herpetofauna)	PCC08	-	3	1	2	3	1	2	2	3	3	20	0.6	0.2	0.8	-0.6	-0.37	Adverso moderado
	En el caso de los mamíferos, están representados por 5 especies dentro del predio, dos pequeños roedores: <i>Peromyscus maniculatus</i> (ratón de patas blancas) y <i>Microtus mexicanus</i> (meteo mexicano), así como dos lepóridos reportados para el área: <i>Lepus californicus</i> (liebre cola negra) y <i>Sylvilagus floridanus</i> (conejo castellano). Sin excluir como quinta especie, <i>Canis domesticus</i> (perro doméstico) representado por al menos cinco manadas de perros ferales con seis a ocho individuos cada una. Las poblaciones están dominadas por pequeños roedores, conejos y liebres, que se concentran principalmente en los pastizales. Cabe destacar que estos mamíferos se desplazar fácilmente por fuera del predio en el área de influencia, por lo que su afectación será mínima. Cabe destacar que estas especies están ampliamente representadas en la zona de influencia, ya que se realizaron registro de las mismas especies con una mayor abundancia.	Fauna / Abundancia y distribución de comunidades (mamíferos)	PCC09	-	3	1	2	3	1	2	2	3	3	20	0.6	0.4	0.5	-0.1	-0.06	Adverso muy moderado

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización	
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto
	Se registró un total de 74 especies de aves, tanto acuáticas como terrestres. Las especies más abundantes fueron los patos <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón) y <i>Oxyura jamaicensis</i> (pato tepalcate) y en general el grupo de los patos con más del 87% del total de los individuos encontrados junto con las aves playeras (5.4% del total). Las gallaretas ( <i>Fulica americana</i> ) son la tercera especie más abundante y representó casi el 4% del total de individuos contabilizados en el Lago de Texcoco. Un estimado del 11.9% se refiere a aves claramente residentes, pero que efectúan algunos movimientos locales y el resto realiza movimientos de migración de mayor distancia. Con los datos de abundancia y riqueza de especies resultado de los cinco conteos realizados en los once cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco. Los valores de los índices de diversidad se explican por la gran dominancia del grupo de los patos, más del 82% lo conforman sólo tres especies, que en orden de importancia son: <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón), <i>Oxyura jamaicensis</i> (pato tepalcate) y <i>Fulica americana</i> (gallareta americana). Todas las especies de aves son de amplia distribución, y se encuentran ampliamente representadas en los demás cuerpos de agua cercanos, por lo que en el caso de desecar el cuerpo de agua, tanto las especies residentes como migratorias se distribuirían en cuerpos de agua cercanos como el Lago Nabor Carrillo, Laguna Recreativa, Laguna Churubusco, Xalapango y Laguna Facultativa.	Fauna / Abundancia y distribución de comunidades (aves)	PCC10	-	3	1	2	1	3	3	3	3	3	3	22	0.7	0.2 3	0.9 7	-0.74 -0.53	Adverso medio

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización	
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto
	En el predio y área de influencia, se determinaron 4 especies bajo régimen de protección por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 13 están en alguna de las categorías de la IUCN, 4 se encuentran en el Apéndice II de CITES. En cuanto al período de migración, la llegada de las aves a la zona durante el primer período tiene lugar, en la mayoría de los casos, de septiembre a marzo. Los chichicuilotes son la excepción, pues arriban a principios de julio. La migración de primavera comprende el período de finales de marzo a principios de junio (CONAGUA, 2005). Sin embargo, todas las especies son de amplia distribución, no son endémicas y se encuentran ampliamente representadas en los cuerpos de agua cercanos.	Fauna / Especies con estatus de protección	PCC11	-	3	1	2	3	1	2	2	3	3	20	0.6	0.5	0.9	-0.4	-0.24	Adverso moderado

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización		
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto	
	<p>En cuanto a las zonas de reproducción y de acuerdo con lo reportado en estudios previos en la zona, entre las especies residentes que cumplen sus ciclo vital, es decir que nacen, se reproducen y mueren, se encuentran: <i>Anas diazi</i> (pato mexicano), <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón), <i>Anas cyanoptera</i> (cerceta de alas café), <i>Anas discors</i> (cerceta de alas azules) y <i>Oxyura jamaicensis</i> (pato tepalcate) (Conagua 2005). Estas especies utilizan como hábitat para reproducción y cría los cuerpos de agua Lago Nabor Carrillo, Laguna Recreativa, Laguna Churubusco, Xalapango y Laguna Facultativa. También se observan numerosas colonias anidantes en zonas cercanas a lagunas someras, dichas colonias están integradas por <i>Himantopus mexicanus</i> (candelerito), <i>Recurvirostra americana</i> (avoceta), <i>Charadrius vociferus</i> (chorlo tildío), <i>Calidris bairdi</i> (playero de Baird) <i>Calidris minutilla</i> y (chichicuilote), <i>Limnodromus scolopaceus</i> (costurero pico largo), <i>Phalaropus tricolor</i> (falaropo), <i>Tringa melanoleuca</i> (patamarilla mayor) y <i>Tringa flavipes</i> (patamarilla menor). Tanto <i>Gallinula chloropus</i> La (gallineta frente roja) como <i>Fulica americana</i> (gallareta) anidan en zonas de tulares, al tiempo que <i>Podiceps nigricollis</i> y <i>Podilymbus podiceps</i> anidan en la Laguna Recreativa y Lago Nabor Carrillo durante la primavera (CONAGUA, 2005). No obstante que durante el desmonte y despalme del terreno, se presentará la reducción de hábitat para aves, con base en los monitoreo de aves, se demostró que anidan y se reproducen en varios cuerpos de agua, todos ellos cercanos al sitio del proyecto.</p>	Fauna / Hábitat	PCC12	-	3	1	2	3	3	3	3	3	3	3	24	0.8	0.5	0.9	-0.4	-0.33	Adverso moderado

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia										Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización	
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad			Con Proyecto	Sin Proyecto				
	Debido a la eliminación de la vegetación natural en una superficie de 4,431.1640 ha, se presentará un cambio de la estética del pasaje existente.	Paisaje / Calidad escénica	PCC13	-	3	1	2	1	3	3	3	3	3	3	22	0.7	0.3	0.8	-0.5	-0.36	Adverso moderado
	Afectación de material arqueológico tal como cerámica, lítica, concha y hueso entre otros elementos de temporalidad prehispánica durante las actividades de desmonte y despalle de vegetación. (Aeródromo, Terminal de pasajeros, Acceso a zona pública y estacionamiento, instalaciones de apoyo, y Aerotrópolis.	Arqueología/ Patrimonio arqueológico	PCC14	-	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	12	0.2	0.8	0.9	-0.1	-0.02	Adverso muy moderado
Nivelación del sitio y conformación de pendientes del terreno	Para la nivelación se tomó en cuenta la topografía existente, tratando de minimizar las operaciones de corte y relleno. Para la Fase I, se realizará el Movimiento de Tierras: 7,000,000 m3 de corte, y 15,986,000 m3 de relleno.	Aire / Partículas suspendidas	PCC15	-	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	13	0.2	0.5	0.9	-0.4	-0.09	Adverso muy moderado
	Se establecerá la nivelación tomando en cuenta la topografía existente proteger de inundaciones. Dado lo anterior, se presentarán cambios en el relieve existente a fin de evitar inundaciones principalmente en las zonas de pistas.	Geología y geomorfología / Relieve y microrelieve	PCC16	-	3	1	2	3	3	3	3	3	3	3	24	0.8	0.4	0.7	-0.3	-0.25	Adverso moderado



Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización		
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto	
	Afectación de material arqueológico tal como cerámica, lítica, concha y hueso entre otros elementos de temporalidad prehispánica durante la nivelación del sitio y conformación de pendientes del terreno.	Arqueología/ Patrimonio arqueológico	PCC17	-	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	12	0.2	0.8	0.9	-0.1	-0.02	Adverso muy moderado
Obras provisionales (campamentos, oficinas, bodegas y talleres)	Debido a la operación de los campamentos, oficinas, bodegas y talleres provisionales en la zona del proyecto en los diferentes frentes de trabajo, se generarán residuos sólidos urbanos y peligrosos en el caso de los talleres, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	PCC18	-	3	1	2	2	1	3	3	1	1	17	0.4	0.4	0.7	-0.3	-0.13	Adverso muy moderado	
	Durante la permanencia de los campamentos y oficinas en los diferentes frentes de trabajo, se generarán aguas residuales producto de las necesidades fisiológicas de los trabajadores y personal de confianza.	Hidrología superficial / Calidad del agua	PCC19	-	3	3	3	2	3	3	3	1	1	22	0.7	0.3	0.8	-0.5	-0.36	Adverso moderado	
Construcción de pavimentación y Cimentaciones	Se generarán gases de combustión durante la operación de hasta 2 plantas de concreto y hasta 3 plantas de asfalto ya que estas plantas requerirán diésel para su operación modificando la calidad del aire.	Aire/Calidad del aire	PCC20	-	3	1	2	3	1	1	1	1	1	14	0.3	0.6	0.8	-0.2	-0.06	Adverso muy moderado	
	Por la operación de hasta 2 plantas de concreto y 3 de asfalto durante la etapa de Construcción del Proyecto se generaran partículas suspendidas.	Aire/Partículas suspendidas	PCC21	-	3	1	1	3	1	1	1	1	1	13	0.2	0.6	0.9	-0.3	-0.07	Adverso muy moderado	
	El uso de las 2 plantas de concreto y 3 de asfalto generara niveles de ruido que puedan afectar a los trabajadores y a los habitantes en las áreas pobladas, del área del Proyecto durante la etapa de Construcción.	Aire/Niveles de ruido	PCC22	-	3	1	1	3	1	1	1	1	1	13	0.2	0.7	0.9	-0.2	-0.04	Adverso muy moderado	

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia										Total	Índice de Incidencia (ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad			Con Proyecto	Sin Proyecto			
	El suelo se podría contaminar debido al derrame de combustible que utilizaran las plantas de concreto y asfalto durante la etapa de Construcción del Proyecto en las actividades de construcción de pavimentación y cimentaciones.	Suelo/Calidad del suelo	PCC23	-	3	3	2	3	1	2	2	1	1	18	0.5	0.6	0.9	-0.3	-0.15	Adverso muy moderado
	Se modificara la estructura del suelo derivado de las excavaciones de las piletas de sedimentación para separación de solidos provenientes del sistema de captación de partículas de las plantas que se requerirán durante la etapa de Construcción del Proyecto.	Suelo / Estructura del suelo	PCC24	-	3	3	2	3	3	3	2	1	1	21	0.7	0.5	0.9	-0.4	-0.27	Adverso moderado

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización		
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto	
Construcción de Vías de acceso	<p>Durante el periodo de construcción, la Calzada Arbolada Oeste, Calzada Arbolada Central y Calzada Arbolada Este estarán niveladas y alineadas vertical y horizontalmente, y se utilizarán como ruta de acceso a la construcción hacia la Autopista Peñón-Texcoco. Está planeada para el futuro un área verde de 800 m de ancho en las Calzadas Arboladas del Oeste y Central, con una pendiente de aproximadamente 1 por ciento hacia las vías, y se utilizará para el almacenamiento de equipos y materiales de construcción.</p> <p>El tráfico de construcción se distribuirá a través de las vialidades en el Aeródromo, donde los cimientos de las vías se pueden construir con una trayectoria temporal para facilitar la carga del tráfico de construcción.</p> <p>A medida que el periodo de construcción coordine esta implementación del Proyecto, se proporcionará el acceso adicional hacia el campo norte en Circuito Exterior Mexiquense. Debido al uso de vías de acceso, se pueden ver afectados por la presencia de vehículos de carga, aumentado el tráfico.</p>	Población y trabajadores / Flujo vehicular	PCC25	-	3	1	2	2	2	1	2	2	1	1	15	0.3	0.5	0.9	-0.4	-0.13	Adverso muy moderado
Construcción de Terminal de pasajeros y estacionamiento, Instalaciones de apoyo (planta Central de Servicios)	<p>Durante esta actividad, el aire se verá ligeramente afectado por los polvos, los cuales pueden llegar a dañar las vías respiratorias de los trabajadores, además de que el polvo se asienta encima de las plantas y en algunos casos puede reducir la fotosíntesis y el crecimiento de la planta.</p>	Aire / Partículas suspendidas	PCC26	-	3	1	2	3	1	1	1	1	1	14	0.3	0.5	0.9	-0.4	-0.11	Adverso muy moderado	

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización	
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto
Construcción de Suministro de Agua a Servicios Sanitarios, Sistema de Abastecimiento de Combustible, Tanques de almacenamiento de residuos de combustible, Generador de emergencia, Subestación eléctrica, Sistema de Cogeneración, Sistema de Agua Potable	Durante la instalación de la tubería para suministro de agua en instalaciones sanitaria y para el desalajo de aguas sanitarias residuales, instalación de los tanques de almacenamiento y subestación eléctrica y Sistema de Cogeneración de energía eléctrica y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se utilizará soldadura para tubería de hierro fundido, por lo que se generarán residuos de soldadura (colillas o mechas), los cuales en caso de un manejo inadecuado se puede llegar contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	PCC27	-	3	3	2	3	3	2	2	1	1	20	0.6	0.5	0.9	-0.4	-0.24	Adverso moderado
Instalaciones de combustibles	Pemex suministrará el combustible, con un máximo de crecimiento total de 12 tanques de almacenamiento de 66,600 barriles (799,200 barriles) de turbosina. Y donde posiblemente se generen derrames al suministrar el combustible, pudiendo contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	PCC28	-	3	3	2	3	3	3	3	1	1	22	0.7	0.5	0.9	-0.4	-0.29	Adverso moderado
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	Se llevará a cabo el tratamiento de las aguas provenientes de los lavabos sanitarios internos, para riego por aspersión y el suministro compuesto de la torre de enfriamiento. Durante su construcción se generarán residuos de soldadura que pueden llegar a contaminar el suelo el suelo.	Hidrología superficial / calidad del agua	PCC29	-	3	3	2	2	3	2	2	1	1	19	0.6	0.5	0.9	-0.4	-0.22	Adverso moderado

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización		
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto	
Subestaciones eléctricas	El suministro eléctrico contendrá dos alimentadores de 20 MVA as 23 kV cada una de las dos subestaciones receptoras. Durante su construcción se generarán residuos de soldadura y de concreto, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	PCC30	-	3	3	2	3	3	3	3	3	1	1	22	0.7	0.5	0.9	-0.4	-0.29	Adverso moderado
Conexiones con vialidades externas	Se construirá un acceso proveniente de la autopista Peñón – Texcoco, así como un paso a desnivel proveniente del Circuito Exterior Mexiquense. Durante su construcción se generarán emisiones contaminantes y partículas suspendidas. polvos por excavaciones y tráfico vehicular.	Aire / Partículas suspendidas	PCC31	-	3	1	2	3	1	1	1	1	1	1	14	0.3	0.5	0.9	-0.4	-0.11	Adverso muy moderado
	Derivado de la construcción de la autopista Peñón-Texcoco, así como un paso a desnivel proveniente del Circuito Exterior Mexiquense se generara flujo vehicular.	Flujo vehicular	PCC32	-	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	12	0.2	0.5	0.9	-0.4	-0.07	Adverso muy moderado
Construcción de Red de Transporte Público.	Durante la construcción de la Red de Transporte público, se generarán residuos de concreto y de soldadura, pudiéndose contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	PCC33	-	3	3	2	3	3	2	2	1	1	20	0.6	0.5	0.9	-0.4	-0.24	Adverso moderado	
Construcción de Vialidades Internas	El proyecto contempla la construcción de vialidades internas, generándose residuos de concreto y de soldadura, pudiéndose contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	PCC34	-	3	3	2	3	3	2	2	1	1	20	0.6	0.5	0.9	-0.4	-0.24	Adverso moderado	
Uso de maquinaria y equipo	Durante las actividades de desmonte, despalme, nivelación y conformación del terreno, se utilizará maquinaria y equipo, la cual ocasionará una disminución de la calidad de aire, debido la generación de emisiones de gases contaminantes, producto de la combustión interna de sus motores.	Aire / Calidad del aire	PCC35	-	3	1	1	3	1	1	1	3	3	17	0.4	0.6	0.8	-0.2	-0.09	Adverso muy moderado	

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización		
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto	
	Durante las actividades de desmonte y despalme y debido al uso de equipo y maquinaria, se presentará un incremento en los niveles de ruido, los cuales pueden provocar daños en el sistema auditivo de los trabajadores.	Aire / Niveles de ruido	PCC36	-	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	13	0.2	0.5	0.9	-0.4	-0.09	Adverso muy moderado
Generación y Manejo de residuos sólidos y de manejo especial,	Durante esta etapa se generarán residuos sólidos derivados de la preparación del sitio, consistente principalmente en material vegetal y residuos domésticos de los trabajadores. Sin embargo, en caso de manejo inadecuado se puede presentar contaminación del suelo.	Suelo / Calidad del suelo	PCC37	-	3	3	2	3	1	2	2	1	1	18	0.5	0.5	0.9	-0.4	-0.20	Adverso muy moderado	
	Debido a la generación de residuos sólidos, se requerirá de servicios de recolección municipal.	Servicio e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	PCC38	+	3	1	2	3	3	2	2	1	1	18	0.5	0.85	0.8	0.05	0.03	Benéfico muy moderado	
Generación y Manejo de aguas residuales	En la etapa de preparación del sitio se generarán aguas residuales sanitarias, las cuales serán manejadas mediante sanitarios portátiles y colectadas por un prestador de servicios autorizado. Durante la etapa de preparación del sitio se generarán residuos líquidos, derivado de las necesidades sanitarias de los trabajadores. Por lo que en caso de defecación al aire libre, se presentarán problemas de salud por la generación de bacterias fecales.	Hidrología superficial / Calidad del agua	PCC39	-	3	3	2	3	3	3	2	1	1	21	0.7	0.6	0.9	-0.3	-0.20	Adverso muy moderado	
	Debido a la generación de residuos líquidos sanitarios, se requerirá del servicio de una empresa especializada para la recolección y tratamiento de éste tipo de residuos en letrinas portátiles.	Servicio e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	PCC40	+	3	1	1	3	1	1	1	1	1	13	0.2	0.8	0.6	0.2	0.04	Benéfico muy moderado	

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia									Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización	
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad			Periodicidad	Con Proyecto				Sin Proyecto
Generación y Manejo de residuos peligrosos,	Debido a la utilización de maquinaria se generarán residuos peligrosos, derivados del mantenimiento preventivo, consistentes en filtros usados, estopas impregnadas de hidrocarburos y envases con aceites y lubricantes residuales; asimismo se pueden presentar derrames accidentales durante el suministro de combustible a la maquinaria dentro del predio. Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	PCC41	-	3	3	2	3	3	3	2	1	1	21	0.7	0.5	0.9	-0.4	-0.27	Adverso moderado
	Debido a la generación de residuos peligrosos, se requerirá del servicio de talleres especializados en el mantenimiento electromecánico, lo que significa una demanda del servicio y una aportación en la economía de la zona, o en su caso, la contratación de una empresa especializada para el transporte y confinamiento de residuos peligrosos.	Servicio e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	PCC42	+	3	1	1	3	1	1	1	1	1	13	0.2	0.8	0.6	0.2	0.04	Benéfico muy moderado
Contratación de mano de obra y personal.	Se generarán empleos temporales durante la preparación del sitio y construcción. Se contratará personal de las localidades cercanas al Proyecto, sin ocasionar problemas de migratorios.	Población y trabajadores / Oferta de empleo	PCC43	+	3	1	2	2	1	2	1	3	1	16	0.4	0.8	0.6	0.2	0.08	Benéfico muy moderado
	Debido a la remuneración de los trabajos realizados en esta etapa por los trabajadores, se permitirá mejorar su economía.	Servicios e infraestructura / Economía local y regional	PCC44	+	3	1	2	2	1	2	1	3	1	16	0.4	0.9	0.6	0.3	0.12	Benéfico muy moderado

Tabla V.15 Evaluación de impactos ambientales en la etapa de Operación y mantenimiento.

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia										Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización		
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad			Con Proyecto	Sin Proyecto					
Mantenimiento de transporte automatizado de personas	Durante las actividades de mantenimiento y limpieza de vehículos del transporte automatizado de personas, se generarán residuos sólidos y residuos peligrosos, producto del mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos (estopas impregnadas de hidrocarburos, aceites y filtros gastados). Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC01	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27	1	0.5	0.9	-0.4	-0.4	Adverso moderado
Mantenimiento de Aeronaves	Durante las actividades de mantenimiento y limpieza de Aeronaves, se generarán residuos sólidos y residuos peligrosos, producto del mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos (estopas impregnadas de hidrocarburos, aceites y filtros gastados). Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC02	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27	1	0.5	0.9	-0.4	-0.4	Adverso moderado
Zona de Operaciones y Mantenimiento del Aeropuerto	Durante las actividades de mantenimiento de la Zona de Operaciones del Aeropuerto, se generarán residuos sólidos y residuos peligrosos, producto del mantenimiento de las instalaciones (talleres mecánicos, eléctricos, plomería, climatización, carpintería, soldadura y señalizaciones). Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC03	-	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	26	0.94	0.5	0.9	-0.4	-0.38	Adverso moderado



Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia										Total	Índice de Incidencia (ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del impacto	Jerarquización	
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad			Con Proyecto	Sin Proyecto				
Mantenimiento del Aeródromo	Durante las actividades de mantenimiento del Aeródromo (vehículos de transporte del personal y los camiones de transporte), se generarán residuos sólidos y residuos de manejo especial (residuos de pintura) de residuos peligrosos (residuos de solventes), producto del mantenimiento de las instalaciones (trituradores, cabinas de lavado, taller de hojalatería y pintura y cuartos de limpieza con chorro de arena y bahías de mantenimiento). Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC04	-	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	26	0.94	0.5	0.9	-0.4	-0.38	Adverso moderado
Mantenimiento de equipos de servicios en tierra	Durante las actividades de mantenimiento de equipos de servicios en tierra, se generarán residuos sólidos domésticos y residuos peligrosos, producto del mantenimiento, lavado y carga de combustible. Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC05	-	3	3	2	3	3	2	2	3	3	24	0.83	0.6	0.9	-0.3	-0.25	Adverso moderado	
Servicios de comida en vuelos	Durante los requerimientos de servicio de comidas en vuelos, se generarán residuos sólidos domésticos (restos de comida, aceites domésticos gastados, plásticos, papel y cartón), los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC06	-	3	3	2	3	3	2	2	3	3	24	0.83	0.5	0.9	-0.4	-0.33	Adverso moderado	
Sistema de Drenaje de aguas pluviales	El sistema de drenaje de las aguas pluviales considera la descarga pico del año de 1:50 de 34 m <sup>3</sup> /s desembocada en el túnel de la CONAGUA cuando el sitio esté en construcción completa.	Hidrología superficial / Calidad del agua	OPC07	-	3	1	1	3	1	1	1	1	1	13	0.22	0.2	0.7	-0.5	-0.11	Adverso muy moderado	

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia										Total	Índice de Incidencia (Ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del impacto	Jerarquización
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad			Con Proyecto	Sin Proyecto			
Operación del Aeródromo (aeronaves)	Las principales fuentes de emisiones a la atmósfera del aeródromo incluyen la combustión del escape de los aviones durante el aterrizaje y despegue de las aeronaves y vehículos de servicios.	Aire / Calidad del aire	OPC08	-	3	3	3	1	3	2	2	3	3	23	0.78	0.3	0.9	-0.6	-0.47	Adverso medio
	Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por la operación de la planta de emergencia.	Aire / Calidad del aire	OPC09	-	3	3	2	3	3	2	2	3	3	24	0.83	0.4	0.9	-0.5	-0.42	Adverso medio
	Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por la operación de la planta de generadores con gas.	Aire / Calidad del aire	OPC10	-	3	3	2	3	3	3	3	3	3	26	0.94	0.5	0.9	-0.4	-0.38	Adverso moderado
	Los niveles sonoros y vibraciones están ligados a las operaciones del Aeródromo, durante el despegue y aterrizaje de las aeronaves con origen-destino en el aeropuerto de la Ciudad de México.	Aire / Niveles de ruido	OPC11	-	3	3	3	3	3	2	2	3	3	25	0.89	0.3	1	-0.7	-0.62	Adverso importante
	Los efectos de la operación del Aeródromo sobre los grupos de fauna silvestre son principalmente visibles en las comunidades de aves. Sin embargo se considera que en esta etapa sea mínima la presencia de aves en las pistas de aterrizaje y despegue del Aeródromo.	Fauna / Abundancia y distribución de comunidades	OPC12	-	3	1	2	3	3	2	2	3	3	22	0.72	0.5	0.9	-0.4	-0.29	Adverso moderado
Servicios a usuarios y personal	Los factores sociales se verán favorecidos con la ejecución del proyecto, al incrementar la oferta del servicio de vuelos en la Ciudad de México.	Servicios e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	OPC13	+	3	1	2	1	3	3	1	3	3	20	0.61	0.8	0.6	0.2	0.12	Benéfico muy moderado
Operación de los Sistemas de Abastecimiento de Combustible	Posibles derrames de combustible durante el abastecimiento de combustible a las aeronaves, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC14	-	3	3	3	3	3	2	2	3	3	25	0.89	0.5	0.9	-0.4	-0.36	Adverso moderado

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia										Total	Índice de Incidencia (Ii)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad			Con Proyecto	Sin Proyecto			
	El manejo de Gas Natural que se utilizara en la Planta Central de Servicios podrá generar eventos de riesgo (radiación térmica o sobrepresión) a la población y trabajadores	Población y trabajadores/ Seguridad	OPC15	-	3	3	2	3	1	2	2	3	3	22	0.72	0.5	0.9	-0.4	-0.29	Adverso moderado
	Se podrán generar eventos de riesgo a la población y trabajadores derivado de que se requerirán tanques de almacenamiento de propano para suministrar Gas LP a las instalaciones de cocina en el aeropuerto. Los tanques se han dimensionado en 30 000 galones para la fase inicial y 60 000 galones hacia el final de la construcción.	Población y trabajadores/ Seguridad	OPC16	-	3	3	2	3	1	2	2	3	3	22	0.72	0.6	0.9	-0.3	-0.22	Adverso moderado
Operación de instalaciones de combustible (tanques de almacenamiento de turbosina).	Posibles derrames de combustible durante el abastecimiento de combustible a las aeronaves, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC17	-	3	3	3	3	3	2	2	3	3	25	0.89	0.5	0.9	-0.4	-0.36	Adverso moderado
	El manejo de la turbosina podrá generar eventos de riesgo a la población y trabajadores.	Población y trabajadores/ Seguridad	OPC18	-	3	3	2	3	1	2	2	3	3	22	0.72	0.6	0.9	-0.3	-0.22	Adverso moderado
Operación de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	Durante la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sanitarias, se generación de residuos peligrosos, producto de su mantenimiento, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Hidrología superficial / Calidad del agua	OPC19	-	3	1	2	3	1	1	1	1	1	14	0.28	0.3	0.8	-0.5	-0.14	Adverso muy moderado
Operación de subestaciones eléctricas	Durante la operación de las subestaciones se generarán aceites contaminantes de los transformadores y del mantenimiento en general, pudiendo contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC20	-	3	3	2	3	3	2	2	3	3	24	0.83	0.5	0.9	-0.4	-0.33	Adverso moderado

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia										Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad			Con Proyecto	Sin Proyecto			
Operación de Red de Transporte Público	Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por emisiones de gases contaminantes provenientes de vehículos.	Aire / Calidad del aire	OPC21	-	3	3	3	1	3	3	2	3	3	24	0.83	0.6	0.7	-0.1	-0.08	Adverso muy moderado
Operación de vialidades internas	Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por emisiones de gases contaminantes provenientes de vehículos.	Aire / Calidad del aire	OPC22	-	3	3	3	1	3	3	2	3	3	24	0.83	0.6	0.7	-0.1	-0.08	Adverso muy moderado
Generación y Manejo de Residuos sólidos y de manejo especial.	Durante la operación del Aeropuerto, se generarán residuos sólidos domésticos y de manejo especial, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC23	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27	1	0.5	0.9	-0.4	-0.40	Adverso moderado
	Debido a la generación de residuos sólidos, se requerirá de los servicios de recolección municipal.	Servicios e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	OPC24	+	3	1	2	1	3	3	1	3	3	20	0.61	0.8	0.6	0.2	0.12	Benéfico muy moderado
Generación y Manejo de aguas residuales	Durante la etapa de operación se generarán aguas residuales de servicios a trabajadores y usuarios, los cuales se deberán conducir a la planta de tratamiento.	Hidrología superficial / Calidad del agua	OPC25	-	3	1	1	3	1	1	1	1	1	13	0.22	0.2	0.7	-0.5	-0.11	Adverso muy moderado
Manejo de residuos peligrosos	Durante la etapa de operación, y debido a las actividades de mantenimiento en las diferentes instalaciones, equipo, vehículos y aeronaves, se generarán residuos peligrosos. Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.	Suelo / Calidad del suelo	OPC26	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27	1	0.5	0.9	-0.4	-0.40	Adverso moderado

Obra / Actividad	Descripción del impacto	Componente/ Factor Ambiental	Clave del impacto	Criterios de Incidencia										Total	Índice de Incidencia (II)	Calidad del Factor		Magnitud (M)	Valor del Impacto	Jerarquización
				Signo	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad			Con Proyecto	Sin Proyecto			
	Debido a la generación de residuos peligrosos, se requerirá del servicio de una empresa especializada para el transporte y confinamiento de residuos peligrosos.	Servicios e infraestructura / Demanda de insumos y servicios	OPC27	+	3	1	2	1	3	3	1	3	3	20	0.61	0.8	0.6	0.2	0.12	Benéfico muy moderado
Generación de empleos	Se generarán empleos permanentes durante la operación del Aeropuerto. Se contratará personal de las localidades cercanas sin ocasionar problemas de migratorios.	Población y trabajadores / Oferta de empleo	OPC28	+	3	3	3	1	3	3	2	1	3	22	0.72	0.8	0.5	0.3	0.22	Benéfico moderado
	Debido a la remuneración de los trabajos realizados en esta etapa por los trabajadores, se permitirá mejorar su economía local con algunos derrames en el contexto regional.	Servicios e infraestructura / Economía local y regional	OPC29	+	3	3	3	1	3	3	2	1	3	22	0.72	0.8	0.5	0.3	0.22	Benéfico moderado

V.3.7 Descripción de impactos ambientales

En este apartado, se describen los impactos identificados, tomando como base la información matricial anteriormente analizada.

V.3.7.1 Análisis de los impactos ambientales

A continuación se presenta el análisis de los impactos identificados, presentándose en una tabla resumen la evaluación global del proceso de cambio, generado por el Proyecto.

La identificación y evaluación de los impactos ambientales detectados en el presente estudio, pretenden dar una visión integral del Proyecto y de sus efectos sobre los factores y atributos que conforman el Medio Natural y Socioeconómico.

En la siguiente tabla, se proporciona el resumen del número de impactos identificados por etapa del proyecto, de acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la técnica de Matriz de Leopold y método de Evaluación Impacto Ambiental de Gómez Orea.

Figura V.5 Jerarquización de Impactos Ambientales del Proyecto.

Jerarquización	Preparación del sitio y Construcción	Operación y mantenimiento
Adverso Importante		1
Adverso Medio	4	2
Adverso Moderado	16	16
Adverso Muy Moderado	19	5
Benéfico Importante		
Benéfico Medio		
Benéfico Moderado		2
Benéfico Muy Moderado	5	3
<b>Subtotal</b>	<b>44</b>	<b>29</b>
<b>Total</b>	<b>73</b>	

La siguiente figura, presenta de forma esquemática el resumen de los impactos ambientales identificados para el Proyecto.

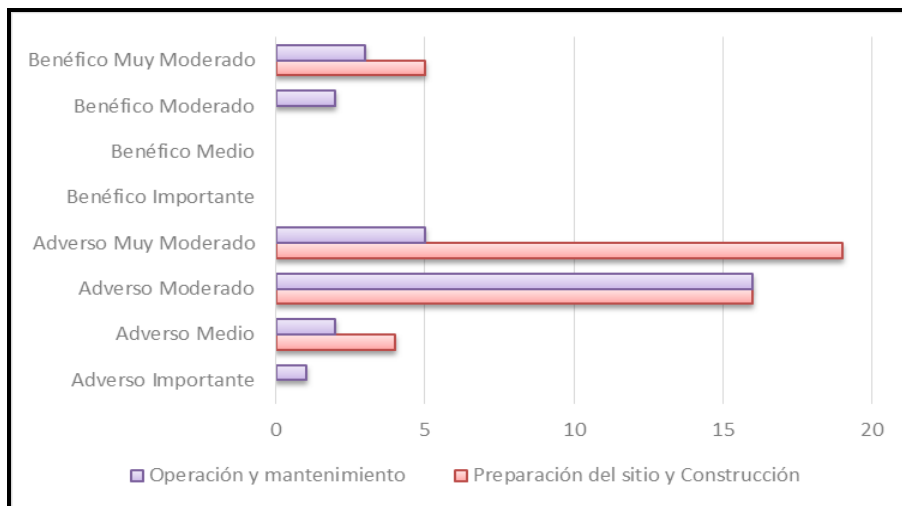


Figura V.6 Presentación de forma esquemática el resumen de los Impactos Ambientales identificados para el Proyecto.

De acuerdo con la identificación de impactos ambientales para el Proyecto, se demuestran 73 impactos ambientales: 44 impactos para las etapas de Preparación del sitio y Construcción (39 adversos y 5 benéficos), y 29 impactos para la etapa de Operación y mantenimiento (24 adversos y 5 benéficos).

### V.3.7.2 Aire

#### V.3.7.2.1 Niveles de ruido

En julio de 2012, ASA solicitó a la empresa MITRE la modelación de los conos de ruido que se generarán en la fase de operación y mantenimiento del proyecto bajo evaluación. El trazo resultante de la modelación de los conos de ruido durante la operación normal de las aeronaves en su despegue hacia el Norte, se observa en la siguiente imagen y el estudio en mención se encuentra en el Anexo VIII.4.4 Evaluación conos de ruido.



Figura V.7 Sobreposición de la Cuenca de México, la poligonal del Proyecto y los Conos de Ruido que se tendrán en la fase de Operación y Mantenimiento del Proyecto bajo evaluación.

Empleando esta proyección, se llevó a cabo el monitoreo del ruido en campo del 19 al 21 de Marzo de 2014, empleando la metodología establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.

Los resultados descritos en el Anexo VIII.4.5 Evaluación de ruido perimetral; se contrastaron con los límites máximos permisibles establecidos en al NOM-081-SEMARNAT-1994 y del Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicado en el DOF: 03/Dic/2013 y que establece el Límite Máximo Permitido de Emisión de ruido de 55 dBA diurno y 50 dBA nocturno.

De lo anterior se obtuvo lo siguiente:

- 1.- Al interior del predio del Proyecto no existen fuentes emisoras de ruido y por lo tanto no se emiten niveles sonoros.
- 2.- En ninguno de los puntos de medición se sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en al NOM-081-SEMARNAT-1994.

El Estudio de ruido perimetral y sus resultados, conforman la línea base de emisiones sonoras antes de la implantación del proyecto bajo evaluación.

Durante el proceso de Preparación del sitio y Construcción, en las actividades de Desmonte y despalme, Nivelación del sitio, operación de hasta 2 plantas de concreto y hasta 3 plantas de asfalto, Construcción de Terminal de pasajero y estacionamiento y en general por la operación de vehículos, equipo y maquinaria, se generarán niveles de ruido por arriba de los límites máximos permisibles para fuentes fijas (NOM-081-SEMARNAT-1994: 90 dB) y móviles (NOM-080-SEMARNAT-1994: 99 dB), por lo que el nivel de ruido perturba a la fauna silvestre, provocando su alejamiento, sin embargo el impacto será temporal y localizado en los

sitios donde opere el equipo, maquinaria pesada y vehículos y mientras duren las etapas de trabajo programadas, evaluando los impactos para estas actividades se tiene que son Adversos muy moderados. Por medio del programa de manejo ambiental, se vigilarán estos impactos, así como la eficacia de las medidas de mitigación propuestas.

Durante la etapa de Operación y mantenimiento, las fuentes de emisión de ruido son las aeronaves durante el despegue y aterrizaje de las aeronaves con origen-destino en el Aeropuerto de la Ciudad de México, evaluando el impacto para la actividad de operación del Aeródromo se tiene que es un impacto Adverso importante. Los niveles de ruido generados por las aeronaves cumplirán con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la legislación aplicable.

Los impactos por la generación de ruido durante la etapa de Construcción del Proyecto se consideran como No Significativo debido a la implementación de medidas de mitigación. Como las actividades de movimiento de desmonte y despalme y nivelación del sitio generarán la mayor cantidad de ruido dentro de la obra, estas actividades no se llevarán a cabo simultáneamente por lo que no habrá generación de ruido acumulativo. También, implementará medidas de mitigación, como los equipos de mayor emisión (vibradores, pistolas neumáticas, etc.) serán utilizados durante horarios de actividad normal de la población circundantes, la maquinaria, vehículos de carga y equipo contarán con un Programa de Mantenimiento Preventivo. Las medidas de mitigación resultarán en el cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.

#### V.3.7.2.2 Calidad del aire

En la etapa de Preparación del sitio y Construcción del Proyecto puede resultar en impactos adversos a la calidad del aire debido al incremento de emisiones resultantes del aumento de vehículos que llegarán o saldrán de cada frente de trabajo y de la maquinaria utilizada. Las emisiones por aumento de tráfico, operación de las plantas de concreto y asfalto y uso de maquinaria contendrán típicamente material particulado, hidrocarburos y compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y óxidos de carbono. Además se emitirá gas Nitrógeno derivado de las pruebas de rendimiento en la etapa de Preparación del sitio y Construcción. Es de relevancia mencionar que la calidad del aire se ha reportado como contaminante en la zona.

Es difícil realizar una estimación de la cantidad de contaminantes que serán emitidos por la maquinaria y los vehículos que transitarán al sitio, ya que dependerá del tamaño, condiciones de operación, tipo de combustible, motor, edad y mantenimiento de los mismos, es importante mencionar que la calidad del aire en la zona de referencia es catalogada como buena, por lo que el impacto a la calidad del aire es menor.

Este impacto es continuo durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción del Proyecto. Su concentración es de puntual a local y de acción directa. El incremento en los niveles de emisión puede llegar a afectar a la flora y fauna. Su efecto es reversible si se considera que el efecto finaliza casi inmediatamente después que cesa la actividad causante del impacto.

En las inmediaciones de la zona del Proyecto no existen áreas pobladas donde la gente note el incremento de material particulado y las emanaciones de gases producidas por el aumento de maquinaria y equipo usados durante la etapa de Construcción y por los vehículos que transitan, haciendo que la sensibilidad local hacia este impacto sea menor.

Las principales fuentes de emisiones a la atmósfera en la etapa de Operación y mantenimiento, se manifestarán en el Aeródromo que incluyen la combustión del escape de los aviones durante el aterrizaje y despegue de las aeronaves y vehículos de servicios; así como por la operación de plantas de emergencia con base en diesel y plantas generadoras de vapor con base en gas.

#### V.3.7.2.3 Partículas suspendidas

Durante las actividades de desmonte y despalme de vegetación, para las obras del Aeródromo, Terminal de pasajeros, Acceso a zona pública y estacionamiento, instalaciones de apoyo y Aerotrópolis, el aire se verá ligeramente afectado por los polvos generados durante el desmonte y despalme. La generación de polvo ocurrirá únicamente en el predio. Las partículas suspendidas disminuirán la calidad del aire, llegando a ocasionar daños en las vías respiratorias de los trabajadores, además de que el polvo se asienta encima de las plantas y en algunos casos puede reducir la fotosíntesis y el crecimiento de la vegetación.

Este impacto es Muy moderado durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción, cuando se generara principalmente material particulado por la operación de hasta 2 plantas de concreto y 3 de asfalto, sin embargo, es de esperarse que a largo plazo el Proyecto no sea una fuente de contaminación significativa de partículas suspendidas, debido al tránsito de vehículos y



personal; además, y aunque los impactos a la calidad del aire pueden expandirse más allá de los límites de la propiedad, las condiciones meteorológicas y cubierta vegetal disminuyen la concentración de contaminantes.

### V.3.7.3 Geología y Geomorfología

#### V.3.7.3.1 Relieve y microrelieve

Este impacto se presentará en la etapa de Preparación del sitio y Construcción debido a la nivelación del sitio que incluyen excavaciones, nivelaciones, compactaciones cortes y rellenos por lo que se verá afectada la superficie total requerida para el desarrollo del Proyecto de 4,431.1640 ha.

Las obras provisionales (campamentos, oficinas, bodegas y talleres) se instalarán únicamente para las etapas de Preparación del sitio y Construcción, las cuales se instalarán sobre superficies previamente desmontadas.

Se establecerá la nivelación tomando en cuenta la topografía existente con una elevación mínima de 2,226.90 m para proteger de inundaciones, estableciéndose una elevación mínima de las pistas en 0.5 m sobre este nivel. Dado lo anterior, se presentarán cambios en el relieve existente a fin de evitar inundaciones principalmente en las zonas de pistas. Obteniendo un impacto Adverso moderado.

No se espera transformar el relieve que caracteriza la región. La Construcción del NAICM, provocará modificaciones superficiales al suelo dentro del entorno expuesto durante las actividades de excavaciones, nivelaciones compactaciones cortes y rellenos. Es importante mencionar que la geomorfología del terreno es relativamente plana por lo que los efectos en el relieve se consideran como No Significativos.

### V.3.7.4 Suelo

#### V.3.7.4.1 Calidad del suelo

En cuanto a impactos a la calidad suelo se podrá presentar durante las dos etapas del Proyecto Preparación del sitio y Construcción y son esencialmente por contaminación del suelo por residuos sólidos, de manejo especial y/o peligrosos. Cabe mencionar, que se tiene contemplado un Plan de Manejo Integral de Residuos durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción con el fin de minimizar los impactos que se identificaron por el desarrollo del Proyecto. El impacto es considerado como Adverso Moderado.

Asimismo se tienen previstos impactos en la calidad del suelo en la etapa de Operación y mantenimiento, primero por la generación de residuos sólidos domésticos por los servicios de comida tanto a usuarios en tierra como en aeronaves; así como por la generación de residuos peligrosos, sobre todo por el mantenimiento preventivo de las aeronaves, si como posible derrame durante el abastecimiento de combustible a las aeronaves, evaluando el impacto como Adverso Moderado. Se ha reportado que el suelo está alterado por presentar altas concentraciones de sal y alcalinización.

#### V.3.7.4.2 Estructura del suelo

Durante las actividades de desmonte y despalle de vegetación para las áreas del Aeródromo, Terminal de pasajeros, Acceso a zona pública y estacionamiento, instalaciones de apoyo y Aerotrópolis, el suelo se quedará al descubierto con posibilidades de presentarse erosión eólica y/o hídrica, se desmontará el área para el predio en una superficie de 4,431.1640 ha. El impacto para estas actividades es Adverso Moderado.

Se contempla que se afectaran los perfiles del suelo en todo el predio por las actividades de Preparación de sitio y Construcción, en las actividades de excavaciones, nivelaciones compactaciones y rellenos, la capa de suelo que pudiera ser impactada se rescatará para emplearla como cubierta superior en áreas verdes, mitigando la superficie de impacto directo y brindando posibilidades de restitución de la vegetación.

#### V.3.7.4.3 Erosión

El Proyecto está diseñado para cubrir la totalidad del predio en donde se implantará, por lo que los factores que dan origen a la erosión eólica –si bien continuará existiendo en completa independencia del Proyecto- ya no tendrá sustrato sobre el cual actuar, toda vez que la unidad edafológica se encontrará cubierta en su totalidad por los componentes del proyecto.

En éste sentido, la implantación del Proyecto sobre el predio, continuará el objetivo que dio origen a la introducción de la vegetación en ésta área: evitar la erosión del suelo.

El Proyecto y su implantación tendrán como resultante que no exista el transporte de material particulado desde el suelo natural, ya que cubrirá la totalidad de la superficie del predio del Proyecto, por lo que la condición de ausencia de erosión se mantendrá sin cambio alguno y en independencia de los factores que la puedan originar.

Actualmente la erosión del suelo en el área del Proyecto se clasifica de Nula a Ligera, debido a las actividades de pastización realizadas por la CONAGUA. Con el desarrollo del Proyecto, después del desmonte y el despalme pudiera presentarse erosión (eólica), para lo que se tiene previsto como medida de mitigación el riego con agua tratada.

#### V.3.7.5 Hidrología Superficial

##### V.3.7.5.1 Hidrodinámica

Se considera que se modificará la hidrodinámica del cuerpo de agua en las áreas donde se pretenden desmontar y despaltar en la etapa de Preparación del sitio y Construcción. Derivado de lo anterior, el impacto puede catalogarse como Adverso moderado, ya que se causará la modificación hidrodinámica del cuerpo de agua, ocasionando una disminución de disponibilidad de agua en el hábitat acuático existente.

Para mitigar el impacto de la modificación de la hidrodinámica del cuerpo de agua causado por el desmonte y despalme del área del Proyecto, la medida que se implementara es el mejoramiento de la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia, mediante una serie de obras hidráulicas que CONAGUA está desarrollando las cuales son las siguientes:

##### ⊕ Obras Hidráulicas desarrolladas durante 2014

- Adecuación de la descarga de la P.B. Casa Colorada 40 m<sup>3</sup>/seg.
- Desazolve del Dren General del Valle
- Desazolve y ampliación de la laguna de Regulación Churubusco 7 Mm<sup>3</sup>
- Desazolve de la laguna de Regulación Horaria 3.85 Mm<sup>3</sup>
- Desazolve de los Brazos Derechos e Izquierdo del Río Churubusco
- Construcción del Túnel Chimalhuacán II
- Revestimiento del Dren Chimalhuacán I
- Desazolve y renivelación de bordos del canal perimetral, canal colector y clausura de los canales centrales y P.B.
- Limpieza y adecuación de las lagunas provisionales Xalapango y Texcoco Norte
- Construcción de estructuras de descarga del Lago Nabor Carrillo

##### ⊕ Obras Hidráulicas a desarrollar durante 2015-2018

- Construcción del Túnel Chimalhuacán II (construcción) y Colector Marginal
- Construcción de colectores marginales de los 9 ríos del oriente
- Construcción de PTAR's locales y regionales
- Rehabilitación y/o reubicación de las plantas de tratamiento ubicadas en el Lago de Texcoco
- Construcción del canal o conducto interceptor de 7 ríos del oriente
- Construcción del Túnel Dren General del Valle, desde el Dren Chimalhuacán II hasta la Lumbrera 5 del TEO
- Construcción del entubamiento del Dren General del Valle (10.6 Km)
- Construcción del entubamiento Canal del Peñón Texcoco
- Construcción de 6 Sistemas Lagunarios para Regulación de aguas pluviales y construcción de estructuras de control

- Construcción del Túnel Churubusco-Xochiaca (conclusión)
- Canal Perimetral
- Revestimiento del Dren Chimalhuacán I

En la siguiente figura se presentan las obras hidráulicas que CONAGUA estará desarrollando.

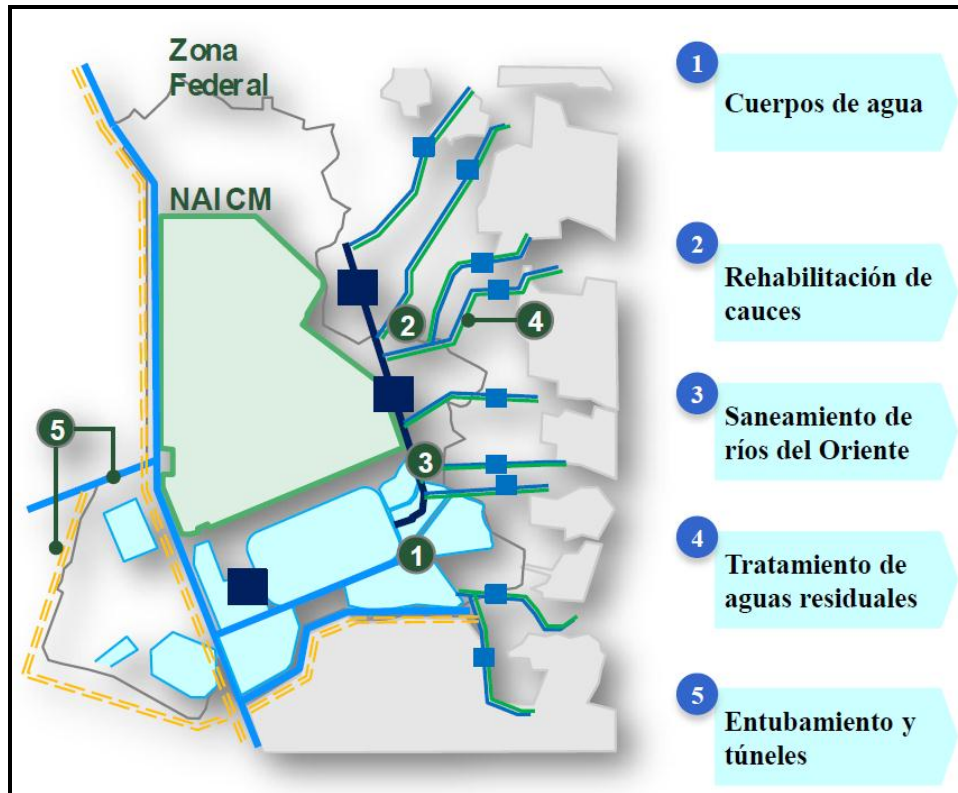


Figura V.8 Obras Hidráulicas.

1 Cuerpos de agua:

- ⊕ Se ampliarán y construirán 9 cuerpos de agua con el fin de incrementar la capacidad de regulación de agua pluvial
- ⊕ Se incrementará en 1,000 ha la superficie total para alcanzar 2,700 ha de espejo de agua

2 Rehabilitación de cauces:

- ⊕ Se rectificarán los ríos del Oriente para mejorar la conducción de los escurrimientos

3 Saneamiento de ríos del Oriente:

- ⊕ Se construirán 145 Km de colectores marginales para dirigir las aguas residuales a las plantas de tratamiento

4 Tratamiento de aguas residuales:

- ⊕ Se construirán 24 plantas de tratamiento de aguas residuales: 21 para los municipios vecinos al lado de Texcoco con una capacidad total de tratamiento de 500 lps y 3 plantas regionales con capacidad total de 1,365 lps para las aguas residuales de la Zona Oriente de la ciudad

5 Entubamiento y túneles:

- ⊕ Se entubarán 25 Km cauces y se construirán 39 Km de túneles para mejorar el sistema de drenaje

Se triplicará la capacidad de regulación de agua para proteger el área y Zona Metropolitana del Valle de México contra inundaciones como se muestra en la siguiente figura.

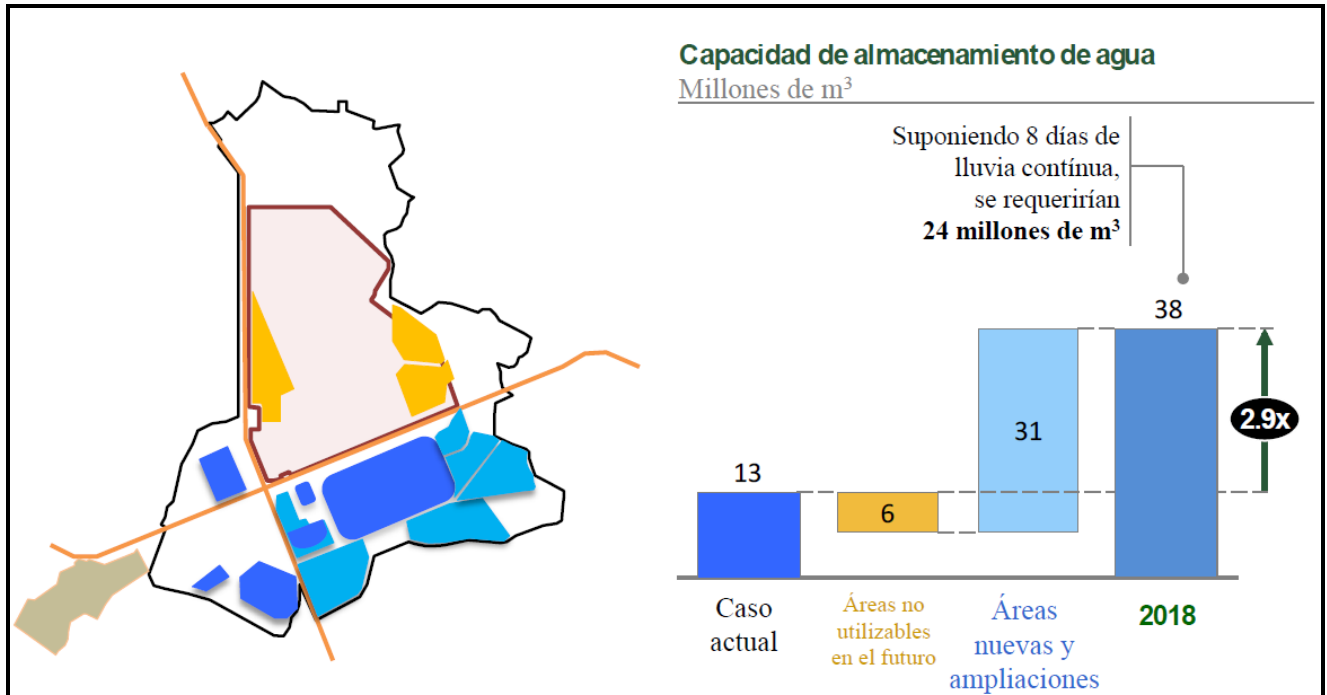


Figura V.9 Capacidad de almacenamiento de agua.

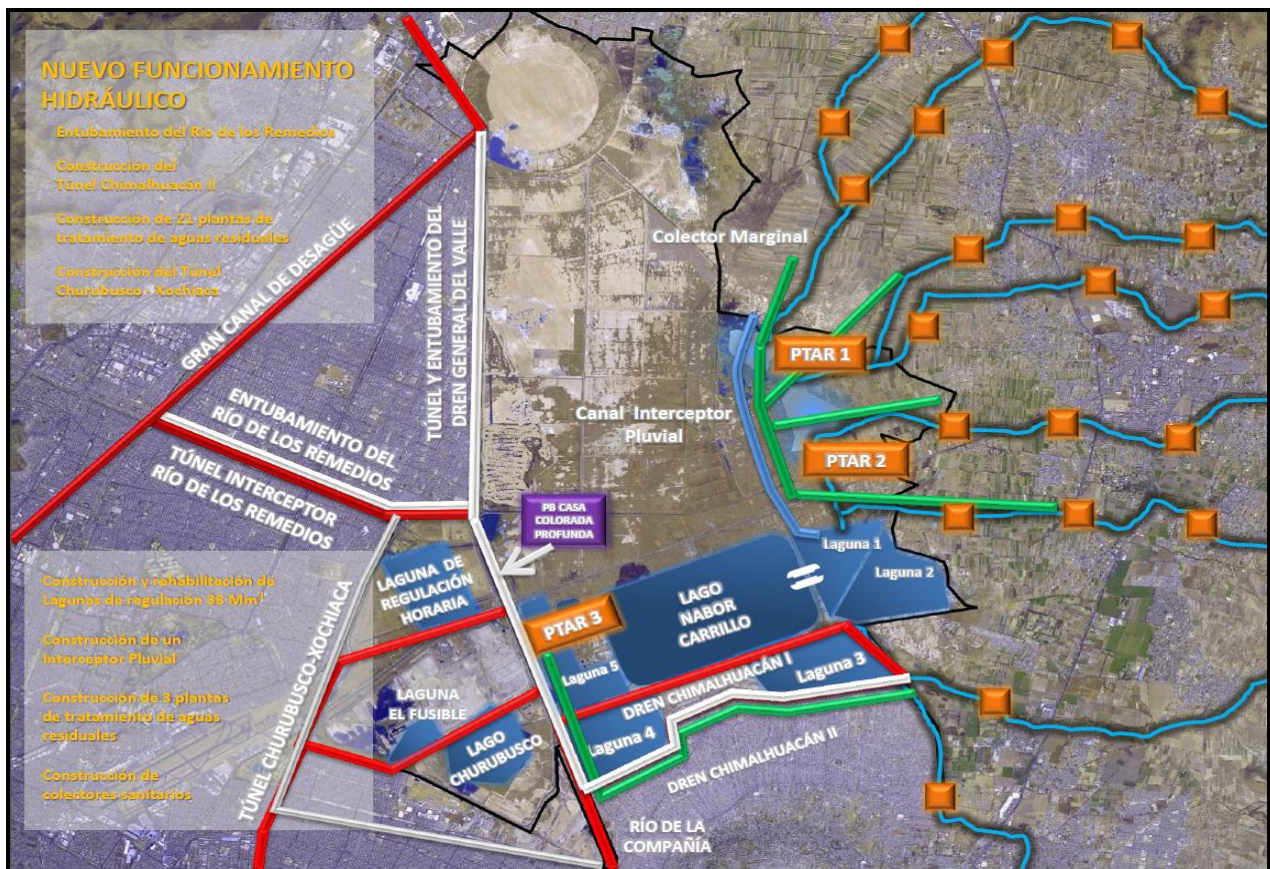


Figura V.10 Nuevo funcionamiento Hidráulico.

#### V.3.7.5.2 Calidad del agua

Para las etapas de Preparación del sitio y Construcción, durante las actividades de desmonte y despalle de vegetación se ocasionaran posibles modificaciones de las características fisicoquímicas por contaminación de cuerpos de agua cercanos, debido al inadecuado manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos generados por las actividades de la obra, durante la permanencia de los campamentos y oficinas en los diferentes frentes de trabajo, se generarán aguas residuales producto de las necesidades fisiológicas de los trabajadores y personal de confianza, evaluando los impactos se tiene una jerarquización de Adverso Medio.

Se contempla el impacto en la calidad del agua superficial debido a la contaminación del agua por el mal manejo de residuos sólidos y de manejo especial, de aguas residuales y/o residuos peligrosos en todas las etapas del Proyecto. La generación de aguas residuales durante las etapas de Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento puede generar riesgos de contaminación a cuerpos de agua cercanos y al suelo por un manejo inadecuado, evaluando el impacto se tiene una jerarquización de Adverso Moderado. Sin embargo este impacto será totalmente mitigado por la elaboración y ejecución de un Plan de Manejo Integral de Residuos, además de la contratación de empresas autorizadas para el manejo adecuado de los residuos.

Derrames de aceite, gasolina y/o diesel de los vehículos, maquinaria y equipo, y otros residuos sólidos y líquidos que se generan durante la etapa de Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento y se podría contaminar el suelo. Como se ha identificado en el Capítulo II, durante este tiempo, se aplicarán las medidas de mitigación necesarias para evitar derrames y minimizar la generación de los residuos y se identificarán los sitios de disposición final en sitios autorizados. Consecuentemente, se considera el impacto de los residuos en la calidad de agua como Medios.

#### V.3.7.6 Vegetación

##### V.3.7.6.1 Estructura y composición de las comunidades vegetales

La pérdida de cobertura vegetal es un impacto inherente a la etapa de Preparación del sitio y Construcción (desmonte y despalle total del área de trabajo). Se realizará el desmonte en una superficie de 2,507.95 ha que representa el 56.6% del total del predio, 51.16% son de pastizales inducidos y 5.43% de pastizal halófilo; y el despalle de la cobertura vegetal existente en una superficie de 4,431.15 ha. Dentro del predio se determinaron 24 especies de vegetación, representados por dos estratos producto de los programas de reforestación y pastización gubernamentales en conjunto con el desarrollo natural de esa misma vegetación: herbáceo con *Distichlis spicata* (pasto salado), *Sporobolus pyramidatus* (liendrilla o cola de zorro) y *Paspalum virgatum* (cebadilla) como las especies dominantes y en el estrato arbóreo y arbustivo estando principalmente conformada por *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla*. Debido a lo anterior, se alterará la dinámica ecológica por la eliminación de la vegetación, provocando la disminución de nichos ecológicos para otras especies.

Este impacto es moderado debido a la presencia de especies producto de reforestaciones y conservación de especies resistentes a la salinidad, sin presencia de especies protegidas y con una baja biodiversidad.

La diversidad, a nivel local no se verá afectada por el despalle, toda vez que el tipo de vegetación está bien representada en el área de influencia.

La diversidad a nivel de ecosistema no se deberá ver afectada, siendo este un impacto moderado, puntual, recuperable y mitigable.

#### V.3.7.7 Fauna

##### V.3.7.7.1 Abundancia y distribución de comunidades

Los despalles tienen efectos sobre las aves, reptiles y mamíferos. Se ahuyentarán especies típicas de los tipos de vegetación encontrados en la zona de obra del Proyecto. La alteración de la vida silvestre puede traducirse en tensión que ocasionada por el desplazamiento de una población, el abandono de nidos o zonas de reproducción.

La perturbación a especies particulares de fauna es un impacto negativo, que se presenta en toda la zona; el impacto es mitigable, pues las especies de fauna pueden ser ahuyentadas o trasladadas a sitios similares cercanos al sitio del proyecto.

Este impacto se considera moderado, aunque su presencia puede estar condicionada por el desarrollo de otros impactos tales como la destrucción del hábitat.

Es probable que exista una mortalidad directa o indirecta de la vida silvestre. La sola presencia humana y el uso de maquinaria en la zona, en sí, puede propiciar la mortandad de especies silvestres.

Durante las actividades de despalme y desmonte y por efecto de la actividad humana y de maquinaria, la mayoría de la fauna se desplazará a sitios adyacentes con el mismo tipo de vegetación. Sin embargo la fauna de lento desplazamiento y de hábitos subterráneos, se verán impactados.

En el predio se identificaron 7 especies de herpetofauna (4 anfibios y 3 reptiles) muy asociados al cuerpo del agua en el caso de los anfibios. Cabe destacar que el 100 % de la herpetofauna identificada en el predio está representada en la zona de influencia. Principalmente se verán afectados los anfibios, dado su hábito acuático y lento desplazamiento.

En el caso de los mamíferos, están representados por 5 especies dentro del predio, dos pequeños roedores: *Peromyscus maniculatus* (ratón de patas blancas) y *Microtus mexicanus* (meteorito mexicano), así como dos lepóridos reportados para el área: *Lepus californicus* (liebre cola negra) y *Sylvilagus floridanus* (conejo castellano). Sin excluir como quinta especie, *Canis domesticus* (perro doméstico) representado por al menos cinco manadas de perros ferales con seis a ocho individuos cada una. Las poblaciones están dominadas por pequeños roedores, conejos y liebres, que se concentran principalmente en los pastizales. Cabe destacar que estos mamíferos se desplazarán fácilmente por fuera del predio en el área de influencia, por lo que su afectación será mínima. Cabe destacar que estas especies están ampliamente representadas en la zona de influencia, ya que se realizaron registro de las mismas especies con una mayor abundancia.

Respecto a las aves, se registraron un total de 74 especies de aves, tanto acuáticas como terrestres. Las especies más abundantes fueron los patos *Anas clypeata* (pato cucharón) y *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate) y en general el grupo de los patos con más del 87% del total de los individuos encontrados junto con las aves playeras (5.4% del total). Las gallaretas (*Fulica americana*) son la tercera especie más abundante y representó casi el 4% del total de individuos contabilizados en el Lago de Texcoco. Un estimado del 11.9% se refiere a aves claramente residentes, pero que efectúan algunos movimientos locales y el resto realiza movimientos de migración de mayor distancia. Con los datos de abundancia y riqueza de especies resultado de los cinco conteos realizados en los once cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco. Los valores de los índices de diversidad se explican por la gran dominancia del grupo de los patos, más del 82% lo conforman sólo tres especies, que en orden de importancia son: *Anas clypeata* (pato cucharón), *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate) y *Fulica americana* (gallareta americana). Todas las especies de aves son de amplia distribución, y se encuentran ampliamente representadas en los demás cuerpos de agua cercanos, por lo que en el caso de desecar el cuerpo de agua, tanto las especies residentes como migratorias se distribuirían en cuerpos de agua cercanos como el Lago Nabor Carrillo, Laguna Recreativa, Laguna Churubusco, Xalapango y Laguna Facultativa entre otras.

#### V.3.7.7.2 Hábitat

El alejamiento y alteraciones ocasionadas por el desmonte y despalme podrán reflejarse en una alteración en la calidad de fauna, es decir, una transición del tipo de fauna actual a una con mayor tolerancia a la presencia humana (indicativa de zonas alteradas). El impacto podrá ser adverso moderado para la etapa de Preparación del sitio y Construcción del Proyecto.

La diversidad, a nivel local será afectada por los desmontes, maniobras, presencia humana (alejamiento, mortalidad, asimilación) a nivel local. Este impacto será moderado en la etapa de Preparación del sitio y Construcción.

El inicio del Proyecto, (desmonte y despalme), implica la pérdida de sitios de refugio, anidación, reproducción y alimentación (vegetación natural presente). Durante la etapa de Construcción se tendrá un efecto de alejamiento por el ruido, maniobras de maquinaria pesada y mayor presencia humana en el sitio.

Durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción del Proyecto disminuirá el hábitat de la fauna que se localiza en el área del Proyecto, para mitigar este impacto se aprovecharán los nuevos hábitats que se crearán con la nueva administración que llevará a cabo la CONAGUA

Se duplicará y mejorará la calidad ambiental de los humedales que sirven como hábitat y refugio de aves acuáticas, generando más de 1,449 ha de nuevos cuerpos de agua, más de 280 ha de nuevos humedales y más de 160 ha de

nuevos humedales fuera del polígono del Ex-vaso de Texcoco finalmente se restauraran 3,142 ha de hábitats acuático, en las siguientes figuras se muestran las ubicaciones de los nuevos hábitats.

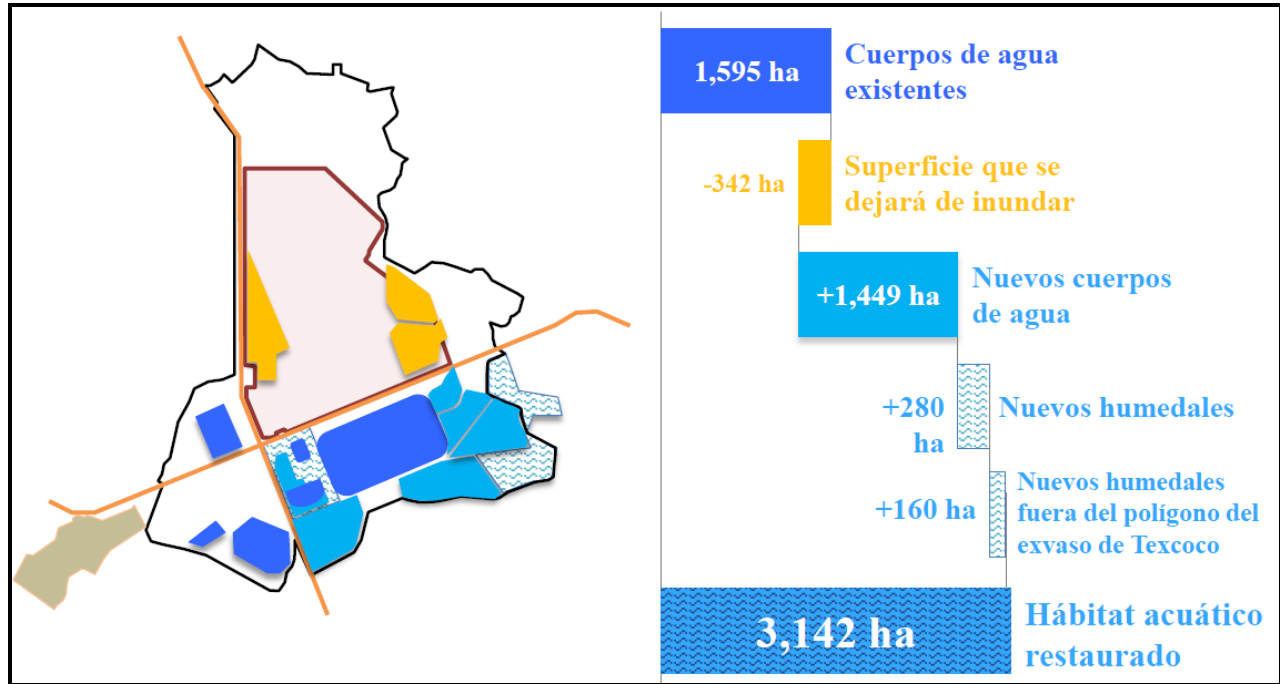


Figura V.11 Cuerpos de agua.

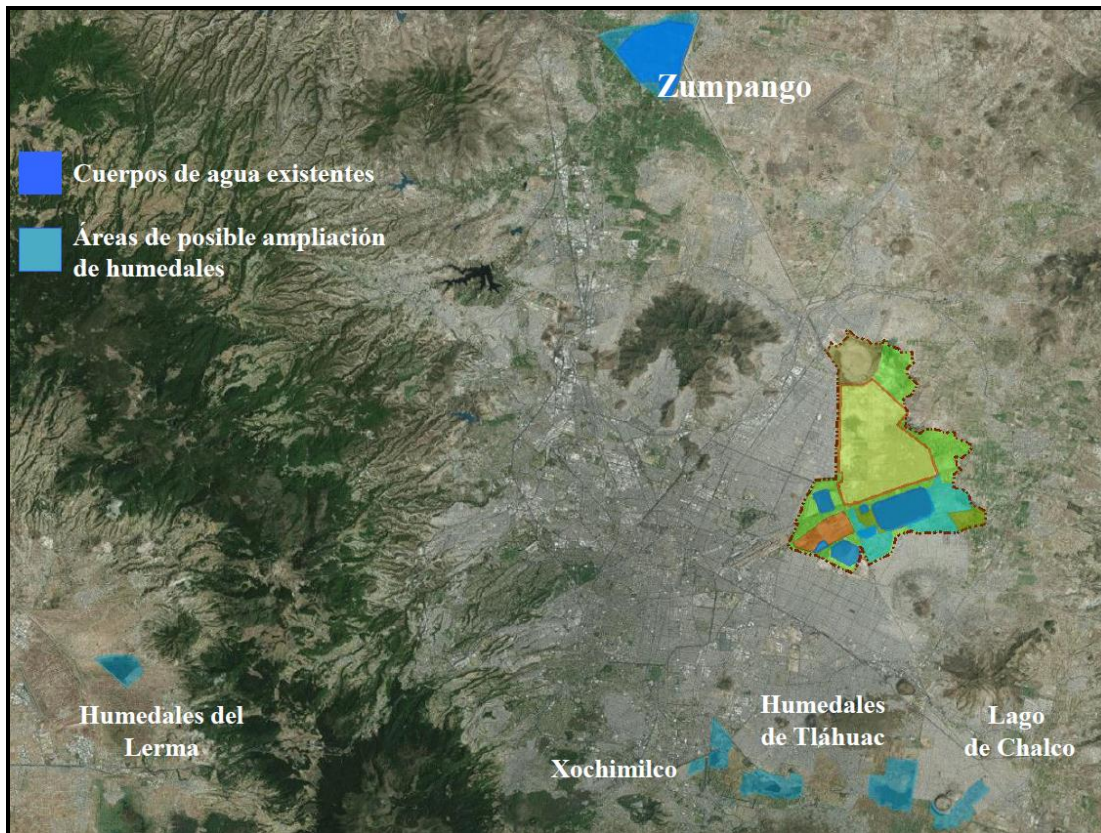


Figura V.12 Ubicación de los humedales.

V.3.7.7.3 Especies con estatus de conservación

Es importante resaltar que en el predio y área de influencia, se determinaron 4 especies bajo régimen de protección por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 13 están en alguna de las categorías de la IUCN, 4 se encuentran en el Apéndice II de CITES. En cuanto al período de migración, la llegada de las aves a la zona durante el primer período tiene lugar, en la mayoría de los casos, de septiembre a marzo. Los chichicuilotes son la excepción, pues arriban a principios de julio. La migración de primavera comprende el período de finales de marzo a principios de junio (CONAGUA, 2005). Sin embargo, todas las especies son de amplia distribución, no son endémicas y se encuentran ampliamente representadas en los cuerpos de agua cercanos. La jerarquización del impacto es Adverso Moderado.

En la siguiente tabla, se enlistan las especies sujetas a algún régimen de protección y su estatus.

Tabla V.16 Estatus de protección de la fauna registrada en el área sujeta a cambio de uso de suelo.

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES
<b>Herpetofauna</b>			
<i>Hyla eximia</i>		Preocupación menor	
<i>Lithobates montezumae</i>	Protección especial	Preocupación menor	
<i>Lithobates pipiens</i>		Preocupación menor	
<i>Pituophis deppei</i>	Amenazada		
<i>Sceloporus grammicus</i>	Protección especial	Preocupación menor	
<i>Sceloporus spinosus</i>		Preocupación menor	
<b>Ornitofauna</b>			
<i>Buteo jamaicensis</i>		Preocupación menor	Apéndice II
<i>Caracara cheriway</i>		Preocupación menor	Apéndice II
<i>Falco peregrinus</i>	Protección especial	Preocupación menor	Apéndice II
<i>Tyto alba</i>		Preocupación menor	Apéndice II
<b>Mastofauna</b>			
<i>Lepus californicus</i>		Preocupación menor	
<i>Microtus mexicanus</i>		Preocupación menor	
<i>Peromyscus melanotis</i>		Preocupación menor	
<i>Sylvilagus floridanus</i>		Preocupación menor	

V.3.7.8 Paisaje

V.4.6.7.1 Calidad escénica

La calidad visual tiene relación con el valor intrínseco que posee cierto paisaje. Se determina a través de la evaluación estética de los elementos que conforman el paisaje, y que en conjunto permiten definir las características y potencialidades que presenta el terreno.

El Proyecto modificará el paisaje de la zona. La pérdida de vegetación y el cambio de uso territorial provocarán la sensible percepción de que el paisaje original, y por lo tanto sus cualidades, han sido modificadas. Este impacto será adverso moderado. El efecto de este impacto en todas las etapas del Proyecto es puntual y directo.

V.3.7.9 Medio Socioeconómico

A nivel del SAR, el INEGI reconoce 3,336 localidades en las entidades federativas. Esta multitud de localidades difieren sustancialmente entre sí a nivel de población pues por un lado se tienen poblaciones sin habitantes registrados y por otro existen algunas de las localidades más grandes del país como Iztapalapa (Delegación del D.F.), Gustavo A. Madero (Delegación del D.F.) y Ecatepec de Morelos y Nezahualcóyotl en el Estado de México, cuya población es superior al millón de habitantes.

Se considera que el SAR no es el indicador óptimo de análisis para los aspectos socioeconómicos del Proyecto y que un criterio de más fácil y útil manejo es la división político-administrativa. Al respecto, se han definido dos áreas de influencia o estudio denominadas Área de Influencia Socioeconómica Directa (AID) y Área de Influencia Socioeconómica Indirecta (AII). El AID se constituye por los 5 municipios conurbados aledaños al predio del Proyecto mientras que el AII abarca toda la Zona



Metropolitana de la Ciudad de México puesto que una obra de la envergadura del Proyecto, tiene repercusiones a diferentes niveles en toda la ciudad.

Dada su ubicación, cercanía y vinculación con el área del Proyecto, los impactos sociales y económicos serán de carácter inmediato en el AID pues se generará ocupación de mano de obra, uso y/o adquisición de bienes y servicios locales, construcción de mejores vías de comunicación e infraestructura, es decir, impactos directos vinculados con la preparación del sitio y la construcción del Proyecto. Los principales impactos en el AII se verificarán principalmente en la operación del Proyecto mediante el impulso a los mercados locales, el comercio, turismo y servicios de apoyo necesarios para la operación aeronáutica.

En general, el impacto sobre el medio socioeconómico se considera como benéfico, aunque no se utiliza para fines de la presente evaluación de impacto ambiental.

Entre los principales impactos estimados para el Proyecto se estiman los siguientes impactos benéficos:

- ⊕ Contratación de mano de obra local
- ⊕ Incremento de la economía local y regional de manera temporal en la Preparación del sitio y Construcción y permanente durante su Operación y mantenimiento
- ⊕ Aumento de la demanda de servicios, sobre todo de empresas privadas, propiciando el aumento en sus finanzas

#### V.3.7.9.1 Seguridad

La evaluación de las actividades consideradas como altamente riesgosas se realiza con base en los listados 1 y 2 de la Secretaría de Gobernación, que determina las cantidades de reporte para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas. Las sustancias riesgosas que se manejarán en el NAICM, contenidas en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas consisten en la turbosina y el gas LP, por lo que se realizó el análisis de riesgo de tales sustancias.

A fin de dar cumplimiento con los lineamientos vigentes federales y estatales en materia de actividades consideradas como altamente riesgosas, así como las disposiciones marcadas en el Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se realizaron los siguientes estudios para el Proyecto:

- ⊕ Estudio de Riesgo Ambiental en su modalidad Análisis de Riesgo para los Tanques de almacenamiento de turbosina y Gas LP.
- ⊕ Estudio de Riesgo Ambiental en su modalidad Ductos Terrestres para la distribución de turbosina (ductos). Este estudio de riesgo ha sido realizado tomando en consideración la distribución de las instalaciones previstas para el año 2018, y está demarcado por dos aspectos: en primer término considera las características y condiciones de operación del ducto de Pemex proveniente de Tula, con destino hasta la granja de tanques de almacenamiento de combustible dentro del NAICM, y en segundo término, incluye como parte del análisis los ductos terrestres de turbosina ubicados dentro del perímetro (límite de baterías) de la instalación, es decir, no solamente la sección superficial del ducto de Pemex que llega al área de tanques de almacenamiento de turbosina, sino también los ductos de suministro de combustible del área de tanques de almacenamiento al sistema de hidrantes en plataforma.

Riesgo se define como la combinación de la frecuencia esperada y de las consecuencias de los accidentes que pueden ocurrir como resultado de una actividad determinada. Para evaluar los riesgos se deben contestar las siguientes preguntas básicas:

- ⊕ ¿Qué puede ocurrir?
- ⊕ ¿Cuál es la probabilidad de que ocurra?
- ⊕ ¿Qué impacto tendría?

La evaluación de riesgos consiste en identificar los accidentes de interés que puedan ocurrir, estimar la frecuencia de que ocurran y evaluar sus posibles consecuencias.

La identificación de los riesgos del NAICM se realizó utilizando el método denominado *What If?* (qué pasa si?), cuyo objetivo es identificar los problemas de riesgo asociados a los procesos de operación de la terminal que puedan causar un accidente.

La *evaluación cuantitativa de riesgo* consiste en evaluar los otros dos aspectos del riesgo, la frecuencia de ocurrencia y la consecuencia. Para efectuar una evaluación cuantitativa de riesgo se pueden usar diferentes técnicas de análisis dependiendo de cuáles sean los objetivos del estudio.

El enfoque técnico utilizado en los Estudios de Riesgo Ambiental (ERA) ha sido adaptado para satisfacer las necesidades actuales de la Promovente, para lo cual se utilizó la técnica Análisis de Capas (o barreras) de Protección, LOPA, del inglés *Layer of Protection Analysis*. Esta técnica constituye una poderosa herramienta analítica para evaluar la efectividad de las capas de protección empleadas para mitigar el riesgo de los procesos.

a) Tanques de Almacenamiento de Turbosina y Gas LP

A los eventos identificados mediante la técnica "What if?" se incluyeron los rangos de frecuencia obtenidos a partir de la aplicación de la metodología LOPA, así como las categorías de consecuencia correspondientes. A partir de estos valores se obtuvieron finalmente los niveles de riesgo, así como el índice de riesgo correspondiente a cada evento identificado. A partir de los criterios de evaluación establecidos, en la siguiente tabla se presenta la jerarquización de los riesgos identificados, en donde en primer término aparecen los eventos más riesgosos.

Tabla V.17 Jerarquización de los riesgos identificados mediante la Técnica *What If?* - Tanques de Almacenamiento de Turbosina y Gas LP.

Notas: C= Consecuencias, F= Frecuencia, TR= Tolerancia al Riesgo, IR= Índice de Riesgo El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia © por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo									
Fecha: Mayo 2014									
No. Evento	¿Qué pasa si ...	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	C	F	TR	IR	Recomendaciones
4	Hay una fuerte liberación de gas LP que se prende y explota, con subsecuente incendio?	Impacto violento en regulador o en tubería	BLEVE del tanque de almacenamiento de gas LP	Acceso restringido, acceso de emergencia bien diseñado, muros de delimitación y protección del recipiente, sistema grande de suministro de agua, uso efectivo de toberas	1	5	2	5	
5	Hay una fuga en la tubería del almacenamiento de gas LP y encuentra una fuente de ignición?	Falla en la tubería de conexión	Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP	Sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	1	6	1	6	Válvula interna automática de emergencia para aislamiento en los puertos de llenado y descarga del tanque
1	Se colapsa el tanque de almacenamiento de combustible, se derrama todo su contenido y se encuentra una fuente de ignición?	Falla catastrófica de la soldadura de placas inferiores	Incendio confinado en el dique de contención	Área de contención de diques con diques intermedios, procedimientos de emergencia, sistema contra incendio, plan de respuesta a emergencias	2	7	1	14	
3	Hay sobrellenado del tanque de combustible, se derrama producto y encuentra una fuente de ignición?	Error de logística durante el abastecimiento de combustible al tanque	Incendio de charco no confinado en el dique	Área de contención de diques con diques intermedios, Medición y control de nivel con cierre de válvulas, procedimientos de emergencia, detectores de flama, sistema contra incendio, plan de respuesta a emergencias	3	6	1	18	

Notas: C= Consecuencias, F= Frecuencia, TR= Tolerancia al Riesgo, IR= Índice de Riesgo El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia © por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo									
Fecha: Mayo 2014									
No. Evento	¿Qué pasa si ...	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	C	F	TR	IR	Recomendaciones
2	Cae un rayo en el tanque de almacenamiento?	Tormenta eléctrica	incendio confinado en la parte superior del tanque	Sistema de pararrayos, procedimientos de emergencia, detectores de flama, sistema contra incendio, Sistema sub-superficial de inyección de espuma, plan de respuesta a emergencias	4	7	1	28	

La jerarquización obtenida se corroboró con la aplicación de la matriz de riesgos, en donde cada uno de los eventos se sometió a las categorías de frecuencia y consecuencia aplicables, dando como resultado la determinación de la tolerancia del riesgo de cada uno de ellos, como se muestra en la Figura a continuación.

RIESGO		CATEGORÍA DE CONSECUENCIA				
		5	4	3	2	1
F R E C U E N C I A	1					
	2					
	3					
	4					
	5					E4 (5)
	6			E3 (18)		E5 (6)
	7		E2 (28)		E1 (14)	

<b>Tolerancia al Riesgo (TR):</b>	<b>Índice de riesgo (IR):</b>
<span style="background-color: green; color: white;">Nivel 1</span> Situación Normal	(1) Máximo riesgo
<span style="background-color: yellow; color: black;">Nivel 2</span> Región ALARP	(35) Mínimo riesgo
<span style="background-color: red; color: white;">Nivel 3</span> No aceptable	

Figura V.13 Matriz de evaluación y tolerancia de riesgos de los eventos - Tanques de Almacenamiento de Turbosina y Gas LP.

La situación que guarda el Proyecto en materia de riesgo ambiental en esta etapa, se puede considerar aceptable, ya que tal como se aprecia en la matriz de riesgos:

- ⊕ La mayoría de los eventos identificados y evaluados son razonablemente aceptables (situación normal).
- ⊕ Se tiene solo un evento identificado y evaluado en la región ALARP (BLEVE de un recipiente de gas LP).

Se procedió a realizar el análisis de consecuencias de los eventos riesgosos identificados en el NAICM, para determinar las distancias potenciales de afectación en caso de ocurrencia de alguno de ellos. Los resultados se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla V.18 Resultados de las simulaciones - Tanques de Almacenamiento de Turbosina y Gas LP.

No. Evento	Descripción	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
1	Incendio de tipo charco confinado en dique de contención de tanque de almacenamiento de turbosina	253.4	386.31
2	Incendio de tipo charco confinado sobre el techo de tanque de almacenamiento de turbosina	121.46	188.12

No. Evento	Descripción	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
3	Incendio de tipo charco no confinado por derrame dentro del dique de contención por sobrellenado de tanque de almacenamiento de turbosina	120.11	175.42
4	Expansión explosiva del vapor de líquido en ebullición (BLEVE) de tanque de almacenamiento de gas LP	515.37	973.97
5	Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP	497.13	822.89

De los riesgos identificados, se tiene que todos los escenarios simulados obtenidos del análisis de consecuencias indican que las principales afectaciones potenciales ocurrirían en el interior de las instalaciones del NAICM, por lo que no se prevén repercusiones importantes a la población o infraestructura ubicada fuera del límite de propiedad del NAICM. Las interacciones de riesgo que se presentan en las instalaciones se describen en la siguiente Tabla.

Tabla V.19 Interacciones de los eventos de riesgo - Tanques de Almacenamiento de Turbosina y Gas LP.

Evento de riesgo	Distancia de afectación o zona de alto riesgo (m)	Interacciones de riesgo	Efectos
BLEVE del tanque de almacenamiento de gas LP	515.37 (bola de fuego)	Potencial interacción con tanque de almacenamiento de diésel y tanques de gas LP aledaños en Planta Central de Servicios CUP)	Posible efecto dominó por cercanía con tanques aledaños de gas LP y diésel. Daños potenciales a los trabajadores de la CUP. Potencial afectación a infraestructura aeroportuaria: eléctrico, contra incendio (CUP). Posibles daños a quipo, tuberías, estructuras, áreas y servicios del NAICM. No hay población en el radio de afectación. No hay efectos a la población e instalaciones externas por efectos de radiación. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM. Posibilidad de que los cilindros involucrados se conviertan en proyectiles que impacten zonas fuera del aeropuerto.
Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP (ignición retardada)	497.13 (onda de sobrepresión)	Potencial interacción con tanques de almacenamiento de diésel y tanques de gas LP aledaños en Planta Central de Servicios (CUP).	Posible efecto dominó por cercanía con tanques aledaños de gas LP y diésel. Daños potenciales a los trabajadores de la CUP. Potencial afectación a infraestructura aeroportuaria: eléctrico, contra incendio (CUP). Posibles daños a equipos, tuberías, estructuras, áreas y servicios del NAICM. No hay población en el radio de afectación. No hay efectos a la población e instalaciones externas. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM.
Escenarios de incendio de charco en zona de diques	253.121 u 120 (incendio)	Potencial interacción con los tanques de almacenamiento de turbosina adyacentes	Posible efecto dominó por la falla de los tanques adyacentes debido a la intensidad de radiación térmica, en caso de falla por "causa común" de los sistemas de enfriamiento de las paredes de dichos tanques. Por la duración del incendio, la radiación debilita las paredes de los tanques más cercanos provocando la falla y derrame adicional de combustible en el dique correspondiente, con el potencial incendio de charco en toda la "granja" de tanques.

b) Distribución de turbosina (ductos)

A los eventos identificados mediante la técnica "What if?" se incluyeron los rangos de frecuencia obtenidos a partir de la aplicación de la metodología LOPA, así como las categorías de consecuencia correspondientes. A partir de estos valores se obtuvieron finalmente los niveles de riesgo, así como el índice de riesgo correspondiente a cada evento identificado. A partir de

los criterios de evaluación establecidos, en la siguiente tabla se presenta la jerarquización de los riesgos identificados, en donde en primer término aparecen los eventos más riesgosos.

Tabla V.20 Jerarquización de los riesgos identificados mediante la Técnica What If? – Distribución de Turbosina (Ductos).

Notas: C= Consecuencias, F= Frecuencia, TR= Tolerancia al Riesgo, IR= Índice de Riesgo El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia © por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo									
Fecha: Mayo 2014									
No. Evento	¿Qué pasa si ...	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	C	F	TR	IR	Recomendaciones
3	Se presenta un derrame en el área de hidrantes y encuentra una fuente de ignición?	Falla en el hidrante o en la manguera flexible de 6"	Incendio de charco en el área de plataforma de carga	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), Deadman's control (Control tipo hombre muerto), lanyard (cable de seguridad), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencia	1	5	2	5	
1	Se presenta un derrame a la salida de la casa de bombas hacia la red de hidrantes, y encuentra una fuente de ignición?	Falla de la tubería de 24" en plataforma de bombeo por ruptura total	Incendio de charco fuera del área de diques	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	2	7	1	14	
2	Se presenta un derrame a la salida de la casa de bombas hacia la red de hidrante, y encuentra una fuente de ignición?	Fuga de la tubería de 24" en plataforma de bombeo	Incendio de charco fuera del área de diques	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	
4	Se presenta un derrame en la zona de suministro de combustible a través del ducto de PEMEX y encuentra una fuente de ignición?	Falla de la tubería de PEMEX de 14" por ruptura total	Incendio de charco	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	
5	Se presenta un derrame en la zona de suministro de combustible a través del ducto de PEMEX y encuentra una fuente de ignición?	Fuga de la tubería de PEMEX de 14"	Incendio de charco	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	

La jerarquización obtenida se corroboró con la aplicación de la matriz de riesgos, en donde cada uno de los eventos se sometió a las categorías de frecuencia y consecuencia aplicables, dando como resultado la determinación de la tolerancia del riesgo de cada uno de ellos, como se muestra en la Figura a continuación.

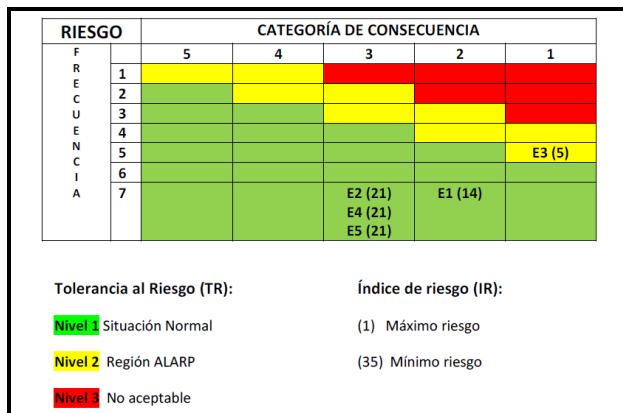


Figura V.14 Matriz de evaluación y tolerancia de riesgos de los eventos – Distribución de Turbosina (Ductos).

La situación que guarda el Proyecto en materia de riesgo ambiental en esta etapa, se puede considerar aceptable, ya que tal como se aprecia en la matriz de riesgos:

- ⊕ La mayoría de los eventos identificados y evaluados son razonablemente aceptables (situación normal).
- ⊕ Se tiene un evento identificado y evaluado en la región ALARP (derrame en área de hidrantes).

Se procedió a realizar el análisis de consecuencias de los eventos riesgosos identificados en el NAICM, para determinar las distancias potenciales de afectación en caso de ocurrencia de alguno de ellos. Los resultados se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla V.21 Resultados de las simulaciones – Distribución de Turbosina (Ductos).

No. Evento	Descripción	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
1	Incendio de tipo charco no confinado por ruptura total en ducto de suministro a red de hidrantes	247.83	344.17
2	Incendio de tipo charco no confinado por derrame por orificio equivalente al 20% de diámetro del ducto de suministro a red de hidrante	134.1	182.12
3	Incendio de tipo charco no confinado por derrame en hidrante en plataforma de carga	35.16	45.99
4	Incendio de tipo charco no confinado por ruptura total en ducto de suministro de PEMEX al NAICM	120.11	175.42
5	Incendio de tipo charco no confinado por derrame por orificio equivalente al 20% de diámetro del ducto de suministro de PEMEX al NAICM	103.5	153.68

De los riesgos identificados, se tiene que todos los escenarios simulados obtenidos del análisis de consecuencias indican que las principales afectaciones potenciales ocurrirían en el interior de las instalaciones del NAICM, por lo que no se prevén repercusiones importantes a la población o infraestructura ubicada fuera del límite de propiedad del NAICM. Las interacciones de riesgo que se presentan en las instalaciones se describen en la siguiente Tabla.

Tabla V.22 Interacción de los eventos de riesgo – Distribución de Turbosina (Ductos).

Evento de riesgo	Distancia de afectación o zona de alto riesgo (m)	Interacciones de riesgo	Efectos
Derrame de turbosina en hidrantes de alimentación en plataforma con ignición inmediata	35.16 (incendio)	Potencial interacción con alimentación de turbosina a otras aeronaves.	Posible efecto dominó por cercanía en las tomas de los hidrantes de aeronaves cercanas. Daños potenciales a los trabajadores, la población y las aeronaves. Aun cuando la distancia es pequeña en comparación con los otros eventos, las consecuencias potenciales (pérdida de vidas humanas) lo hace digno de establecer salvaguardas redundantes. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM.

#### V.3.7.9.2 Arqueología

En 2013 se efectuaron dos estudios de prospección arqueológica y salvamento en sobre el ex Lago de Texcoco. Estos estudios, comisionados por Aeropuertos y Servicios Auxiliares y ejecutados por la Dirección de Salvamento Arqueológico del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la Universidad Autónoma de Nuevo León.

La zona de estos estudios comprendió alrededor de 5,000 ha sobre el sitio donde se desplantarán las principales obras del NAICM. Consistente con otros estudios de la zona y los usos recientes conocidos, el INAH reconoce que el terreno presenta un historial de intervenciones gubernamentales que han tenido entre sus objetivos principales la forestación del área, la introducción de sistemas de riego para evitar tolvaneras así como para la explotación y experimentación de zonas de cultivo. El INAH hace referencia a que en la actualidad estos terrenos son no productivos y en ellos conviven diversas aves migratorias y residentes así como algunos mamíferos pequeños.

Los objetivos de ambos estudios fueron:

- Desde el punto de vista institucional, prevenir y evitar afectaciones al patrimonio arqueológico y;
- Desde la perspectiva académica, efectuar el registro prehispánico e histórico en el área, proponiendo nuevas aportaciones para definir los asentamientos y distribución espacial en el lugar, partiendo del Formativo al Clásico, Posclásico, Colonial y Contemporáneo.

Después de una investigación bibliográfica y una prospección preliminar en el primer estudio, en el segundo estudio se decidió realizar 4 pozos de sondeo en cada uno de los 28 sitios que se determinaron con mayor potencial arqueológico. En ellos, los hallazgos más importantes consistieron en cuatro ofrendas, consistentes en vasijas completas fragmentadas, algunas esculturas pequeñas en piedra verde, cuentas, artefactos líticos como puntas de flecha raspadores y navajillas prismáticas de obsidiana. Asimismo, se hallaron algunos otros objetos de carácter cerámico, lítico y óseo correspondientes a periodos prehispánicos.

Estos hallazgos, permitieron confirmar la tesis histórica de que los grupos que se establecieron en las cercanías y alrededor del Lago de Texcoco efectuaban diversas actividades como la caza, pesca y recolección de diferentes especies vegetales para diversos usos. Asimismo, asociado a estas actividades, en la zona se realizaban diversos ritos relacionados con el agua, las montañas circunvecinas, eventos astronómicos y ofrecimientos a deidades vinculadas con las labores de la zona.

Por último, el INAH plantea tener una tercera etapa de prospección y salvamento, la cual tendría que ver con la vigilancia durante el proceso de cimentación de las diferentes obras constructivas, especialmente en aquellas que requieran excavaciones profundas pues es posible que, además de otros vestigios prehispánicos, se puedan detectar restos óseos de animales de la época del Pleistoceno. Al respecto, esto está contemplado en la Ley de Salvaguarda Art. 18 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas Artísticas e Históricas, que dice lo siguiente: "El Gobierno Federal, los Organismos Descentralizados y el Gobierno del Distrito Federal, cuando realicen obras, estarán obligados, con cargo a las mismas, a utilizar los servicios de antropólogos titulados, que asesoren y dirijan los rescates de arqueología bajo la dirección del Instituto Nacional de Antropología e Historia y asimismo entreguen las piezas y estudios correspondientes a este Instituto".

– *Patrimonio arqueológico*

Durante el desarrollo de la etapa de Preparación del sitio y Construcción del Proyecto en las actividades de desmonte y despalle de vegetación y en la nivelación del sitio y conformación de pendientes del terreno podría tener un impacto en la afectación de material arqueológico tal como cerámica, lítica, concha y hueso entre otros elementos de temporalidad prehispánica, evaluando el impacto se tiene que es Adverso muy moderado, para mitigar este impacto se continuara con los estudios prospectivos que determine el INAH así como se implementarán las medidas y recomendaciones del INAH.

#### **V.4 Impactos residuales**

La identificación y valoración de este tipo de impactos ambientales es fundamental, ya que en última instancia representan el efecto inevitable y permanente del Proyecto sobre el ambiente, en consecuencia, el resultado de esta sección, aporta la definición y el análisis del "costo ambiental" del Proyecto, entendiendo por tal, la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el SAR. La identificación de dichos factores se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, por lo que aquellos impactos que no podrán volver a su estado original, aún con la aplicación de medidas son considerados como impactos residuales.

Derivado de lo anterior se tiene que el Proyecto generará los siguientes impactos residuales negativos:

- a) Pérdida de cobertura vegetal y uso del suelo.
- b) Pérdida de la estética del paisaje.
- c) Pérdida de suelos, excavación y nivelación modifican permanentemente el suelo.
- d) Probable contaminación de cuerpos de agua por residuos líquidos, sólidos y peligrosos.

De los impactos anteriores, y tomando como referencia la Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales, la pérdida de cobertura vegetal es el único impacto, sin embargo como ya se analizó previamente, no corresponde a un impacto relevante en términos de la superficie que se afectará.

En cuanto a la calidad del aire y la pérdida de suelos, son todos ellos asociados a la misma pérdida de vegetación y excavación, el cambio en el paisaje por la infraestructura que se pondrá, que en referencia al SAR, no representa una afectación a la integridad funcional de este último. Existe la posibilidad de contaminar el suelo por derrames accidentales de residuos sólidos, de manejo especial y peligroso, aunque cabe mencionar que existe medida para mitigar.

#### **V.5 Impactos acumulativos**

En la evaluación del impacto ambiental es requisito el identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, es por ello que se dedica la presente sección a su análisis. Es importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el Proyecto interactúa.

El análisis de los impactos ambientales debe basarse en la determinación de las desviaciones de la "línea base o cero" originada por efectos aditivos (siguiente figura). Para lo anterior, no es suficiente con evaluar los impactos ambientales del Proyecto como si éste fuera la única fuente de cambio en el SAR, es importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el Proyecto interactúa.



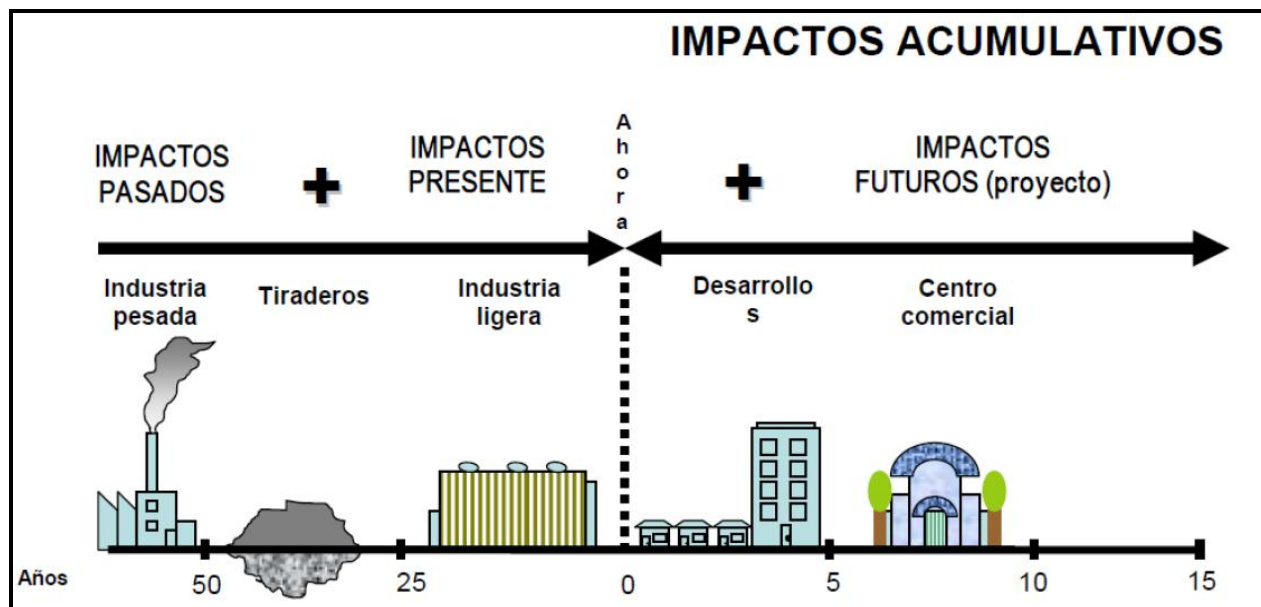


Figura V.15 Impactos Acumulativos.

Como se mencionó con anterioridad, considerando que las matrices de interacción y las listas de chequeo tienen como limitante principal la identificación y evaluación de impactos acumulativos, se debe destacar que éstos impactos fueron identificados por el juicio de expertos y la interpretación geográfica e incorporados como atributo a valorar para cada impacto en la matriz de Evaluación de Impactos Ambientales, tomando en cuenta la caracterización del SAR, de lo cual se identificaron los siguientes impactos acumulativos negativos, que fueron evaluados en la matriz de Evaluación de Impactos Ambientales y que serán retomados para su análisis dentro de la descripción de impactos presentada a continuación:

- ⊕ Pérdida de cobertura vegetal
- ⊕ Alteración de geoformas
- ⊕ Pérdida de suelos
- ⊕ Pérdida de biodiversidad a nivel de individuos
- ⊕ Reducción de Hábitats
- ⊕ Pérdida de organismos de especies animales
- ⊕ Desplazamiento de fauna silvestre fuera de las zonas del Proyecto

Para el Proyecto se tienen los siguientes impactos que presentan conectividad y que algunos son resultado de la presencia de otros.

Tabla V.23 Impactos identificados como acumulativos.

Impacto ambiental	Descripción
Pérdida de cobertura vegetal	La pérdida de la vegetación genera en secuencia efectos negativos en el sitio de obra, como son la pérdida de fauna, o su ahuyentamiento, si no se utiliza se promueven procesos de erosión en el sitio.
Alteración del relieve	Los cambios por las nivelaciones mediante excavaciones, compactaciones, cortes y rellenos del Proyecto son procesos que difícilmente se busca regresar a su condición inicial y son generalmente la base para obras específicas.
Pérdida de suelos	La pérdida del suelo generada durante las actividades de excavaciones, nivelaciones, compactaciones, cortes y rellenos del Proyecto.
Pérdida de biodiversidad a nivel de individuos	Como consecuencia en forma continua, la pérdida de vegetación, de hábitat para la fauna, obliga que ésta sea ahuyentada a otras zonas, provocando su expulsión o extinción en el sitio específico de obra.
Disminución de hábitats	Como un efecto producto de la pérdida de vegetación, excavación y ahuyentamiento de la fauna, se pierden los espacios ocupados por las especies, en un proceso ecosistémico, se pierden los elementos que conforman al hábitat.
Pérdida de organismos en especies animales	Asociado a los anteriores los organismos se pierden en el sitio del Proyecto.
Desplazamiento de fauna silvestre fuera de la zona de obra	

A partir de la matriz de identificación y evaluación de impactos, y a juicio de experto, la pérdida de cobertura vegetal es el único impacto negativo como ya se analizó previamente que genera una cadena de eventos tal, que promueve el deterioro del hábitat y del ecosistema.

#### V.5.1 Factores abióticos

Los efectos del aire, relieve, geomorfología, edafología, hidrología superficial y subterránea, vegetación y uso de suelo y paisaje, podrían acumularse en su magnitud, al sumarse a los ocasionados por las actividades y obras del Proyecto.

Se estima que los efectos acumulativos del Proyecto con respecto a la geomorfología de la región serán poco relevantes dada su localización.

#### V.5.2 Factores bióticos

La construcción del NAICM representará un incremento del efecto acumulativo sobre la pérdida de flora en el área de estudio. Sin embargo se estima que la magnitud de deforestación en el SAR no representará pérdida significativa de hábitat sensible que lleve al ecosistema a su límite de sustentabilidad.

#### V.5.3 Factores económicos

La creación de empleos así como los impuestos pagados por el proyecto, constituyen impactos benéficos que se acumulan a otros que propician el desarrollo de la zona. La integración del Proyecto a un marco nacional e internacional, representa un importante avance en la modernización de la infraestructura de servicios aeroportuarios.

### V.6 Conclusiones

Por todo lo descrito con anteriormente, es posible plantear, que el Proyecto se ajusta a lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA, en términos de que los posibles efectos de las actividades del mismo, no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas descritos en el predio y el SAR. De igual forma, se concluye que:

1. Se identificaron componentes y procesos que son relevantes por aspectos normativos, ambientales y de percepción social; sin embargo el Proyecto, no los afecta.
2. Los principales impactos ambientales del Proyecto serán producidos a la vegetación natural por su remoción para el desarrollo de la infraestructura planteada. Sin embargo el nivel de impacto esperado no es relevante, por lo que no se afecta la existencia de dicha vegetación, ni la integridad del ecosistema a nivel del SAR. De igual forma puede concluirse que las especies que serán removidas, no comprometen su existencia porque sus áreas de distribución son mayores que el área del Proyecto y el propio SAR.
3. Se reconocieron interacciones entre las distintas obras y actividades del Proyecto, con diversos componentes y procesos ambientales, en los cuales se identificaron potenciales impactos ambientales, de los cuales se evaluó su significancia en el presente capítulo, concluyendo que: ninguno sobrepasa los límites legales establecidos por los instrumentos de planeación y normatividad aplicable y ninguno generará desequilibrios ecológicos que comprometan la estructura y función de los ecosistemas presentes en el predio y el SAR. El impacto causado por el desmonte y despalme del Proyecto podrá ser recuperado y mitigado en gran medida a través de la aplicación de prácticas de restitución y reintegración de materia orgánica al suelo.
4. La fauna será el componente afectado en diferentes formas, a corto y mediano plazo. Primero, por el despalme y pérdida de hábitat, ahuyentamiento y presencia humana. Esto podrá ser recuperado y mitigable, especialmente en la medida de que las áreas afectadas sean restituidas.
5. La mayor parte de los efectos que puede ocasionar el Proyecto al ambiente se han identificado para las etapas de Preparación del sitio y Construcción; durante estas etapas los trabajos de desmonte, además de que se incrementará de manera temporal la emisión de contaminantes atmosféricos en el área y se tendrá una generación de residuos tanto sólidos como peligrosos atípica en la zona. Por su parte, durante la Operación y mantenimiento del Aeropuerto, se

incrementaran los niveles de ruido y emisiones a la atmósfera por efecto del funcionamiento de las aeronaves y vehículos de transporte terrestre, aunado la generación de residuos sólidos, líquidos sanitarios y peligrosos por actividades de mantenimiento o por posibles accidentes de derrames de combustibles. Sin embargo ninguno de estos impactos ha sido catalogado como relevante e irreparable, por lo que se aplicarán las medidas de mitigación propuestas para asegurar que no se provoque un desequilibrio ecológico en el área de estudio.

6. Las conclusiones del presente Capítulo permiten señalar que se respeta la integridad funcional de los ecosistemas, ya que como se identificó, los componentes ambientales que por sí mismos son relevantes, no serán afectados de forma significativa ya que en todos los casos las áreas de distribución de las mismas son mayores al área de influencia y en algunos casos como las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera en el propio SAR y de forma específica se afectarían a individuos a escala local, sin que ello represente efectos negativos a poblaciones y mucho menos a especies como tales, en la escala regional.
7. Consecuentemente, se aportan elementos que evidencian que la conservación de la biodiversidad regional, no sea afectada al ocasionar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o que si bien se afectará el hábitat de individuos de flora y fauna, no se afecta a la especie como tal, quedando fuera del supuesto establecido en el artículo 35, numeral III, inciso b) de la LGEEPA.

En el siguiente capítulo, la promovente presenta las medidas necesarias para prevenir, mitigar, restaurar, controlar o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en cada una de las etapas de implementación del Proyecto e integrarlas de manera precisa y coherente en el marco de un Sistema de Manejo Ambiental específico para el Proyecto, cuya ejecución permita que con la implementación del Proyecto, no se genere ningún impacto que por sus atributos y naturaleza pueda provocar desequilibrios ecológicos que se afecten la continuidad de los procesos naturales que actualmente se presentan en el SAR evaluado.

En resumen, el Proyecto, no generará impactos ambientales de magnitud tal que produzcan desequilibrios ecológicos que afecten: a) la existencia y desarrollo del hombre y demás seres vivos, b) la integridad y continuidad de los ecosistemas presentes en el predio y el SAR y c) los bienes y servicios ambientales que los ecosistemas prestan en el predio y el SAR.



## **CAPÍTULO VI**

### **ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL**

## INDICE

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL .....	VI-1
VI.1 Plan de Manejo Ambiental .....	VI-1
VI.1.1 Integración de impactos ambientales y medidas de mitigación .....	VI-2
VI.2 Estrategias de seguimiento y control del PMA .....	VI-22
VI.2.1 Etapas de Preparación del sitio y Construcción .....	VI-24
VI.2.2 Etapa de Operación y Mantenimiento .....	VI-40
VI.3 Información necesaria para la fijación de montos para instrumento de garantías .....	VI-50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VI.1 Agrupación de medidas de mitigación para el Proyecto .....	VI-2
Tabla VI.2 Agrupación de impactos ambientales y medidas que integran el PMA del Proyecto – Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-9
Tabla VI.3 Agrupación de impactos ambientales y medidas que integran el PMA del Proyecto – Operación y mantenimiento. ....	VI-18
Tabla VI.4 Ficha prototipo del Plan de Manejo Ambiental. ....	VI-23
Tabla VI.5 Listado de estrategias específicas que se proponen implementar en el PMA – Preparación del sitio y Construcción. .	VI-24
Tabla VI.6 Aire (Niveles de ruido) Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-25
Tabla VI.7 Aire (Calidad del aire): emisión de gases, Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-26
Tabla VI.8 Aire (Partículas suspendidas): emisión de partículas suspendidas, Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-27
Tabla VI.9 Geología y Geomorfología (Relieve y microrelieve): modificación de la pendiente natural del terreno, Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-28
Tabla VI.10 Suelo (Calidad del suelo), Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-29
Tabla VI.11 Suelo (Estructura del suelo y Erosión), Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-31
Tabla VI.12 Hidrología Superficial (Hidrodinámica y Calidad del agua), Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-32
Tabla VI.13 Vegetación (Estructura y composición de las comunidades vegetales), Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-33
Tabla VI.14 Fauna (Abundancia y distribución de comunidades, Especies con estatus de conservación y Hábitat), Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-34
Tabla VI.15 Paisaje (Calidad escénica), Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-36
Tabla VI.16 Socioeconómico (Flujo vehicular), Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-38
Tabla VI.17 Arqueología (Patrimonio arqueológico) Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-39
Tabla VI.18 Listado de estrategias específicas que se proponen implementar en el PMA – Operación y mantenimiento. ....	VI-40
Tabla VI.19 Aire (Niveles de ruido), Operación y mantenimiento. ....	VI-41
Tabla VI.20 Aire (Calidad del aire), Operación y mantenimiento. ....	VI-43
Tabla VI.21 Suelo (Calidad del suelo), Operación y mantenimiento. ....	VI-44
Tabla VI.22 Hidrología Superficial (Calidad del agua), Operación y Mantenimiento. ....	VI-46
Tabla VI.23 Fauna (Abundancia y diversidad de comunidades), Operación y mantenimiento. ....	VI-48
Tabla VI.24 Población y trabajadores (Seguridad), Operación y mantenimiento. ....	VI-49
Tabla VI.25 Estudio Técnico-Económico de Garantías – Etapas de Preparación del sitio y Construcción. ....	VI-51
Tabla VI.26 Estudio Técnico-Económico de Garantías – Etapas de Operación y mantenimiento. ....	VI-56

## VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Este Capítulo tiene como objetivo presentar el Plan de Manejo Ambiental (PMA), donde se engloban las medidas de mitigación de impactos ambientales que se proponen para el Proyecto para cada una de sus etapas (Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento).

### VI.1 Plan de Manejo Ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA), es el instrumento operativo que permite gestionar aquellas acciones y estrategias que tienen como finalidad reducir los impactos ocasionados al ambiente por la ejecución de un proyecto. Estas acciones serán realizadas en tiempo y forma durante las etapas de Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento del Proyecto.

El PMA se considera como un instrumento que permite vigilar permanentemente las condiciones ambientales de ecosistemas y recursos naturales involucrados en el predio y SAR, con la finalidad de evaluar y mejorar las medidas de mitigación propuestas para el manejo de impactos identificados en cada una de las etapas de implementación del Proyecto y para proponer medidas de mitigación de impactos no evaluados en la presente MIA-R y que pudieran ser generados con el desarrollo del mismo. El programa también propone la implementación continua de buenas prácticas ambientales voluntarias durante toda la vida útil del Proyecto. Los objetivos generales del PMA son los siguientes:

- ⊕ Vigilar la evolución de la calidad ambiental de la zona de influencia del Proyecto.
- ⊕ Evaluar la efectividad de las medidas de mitigación propuestas en la MIA-R.
- ⊕ Evaluar los impactos acumulativos y sinérgicos derivados con la construcción del Proyecto.
- ⊕ Identificar y evaluar impactos ambientales no previstos en la MIA-R, para las diferentes etapas de implementación del Proyecto.
- ⊕ Proporcionar al equipo de supervisión ambiental y al promovente, elementos e información técnica que les permita si es el caso: reorientar, definir intensidades de uso o proponer nuevas medidas de mitigación o medidas correctivas que atenúen el deterioro ambiental que pudiera presentarse en el predio del Proyecto.
- ⊕ Ser permanente e iniciarse antes de la implementación del Proyecto y continuarse.

Como objetivos particulares del PMA se indican los siguientes:

- ⊕ Construir y operar las bases del aeropuerto que asegure el cumplimiento de las diferentes disposiciones ambientales en pro de la conservación y uso sostenible de los ecosistemas, así como de los bienes y servicios ambientales involucrados.
- ⊕ Implementar un instrumento técnico-científico práctico e integral, que asegure la aplicación de las medidas de manejo de impactos ambientales identificados de manera que se reduzcan al mínimo los efectos negativos que el Proyecto pudiera tener sobre el ambiente.
- ⊕ Realizar un instrumento que integre y supervise el cumplimiento de todas y cada una de las medidas de manejo de impactos comprometidas en la presente MIA-R, a fin de que en cada una de las etapas de implementación del Proyecto se asegure su implementación y monitoreo.

- ⊕ Fomentar e implementar, en el marco de este instrumento de manejo y gestión, el uso de buenas prácticas ambientales que garanticen el menor impacto ambiental posible durante la preparación, construcción y operación del Proyecto, haciendo más eficiente el desarrollo empresarial y, por ende, su desempeño socioeconómico.
- ⊕ Integrar en este instrumento, mecanismos específicos y acciones programadas que permitan dar atención y estricto cumplimiento tanto a los criterios de manejos previstos en los instrumentos de ordenación, conservación, normas y leyes ambientales aplicables al Proyecto, como a los términos y condicionantes ambientales que la SEMARNAT imponga, mismo en el caso de que sea autorizado.
- ⊕ Posibilitar dentro de un marco operativo específico, la verificación del estricto cumplimiento de la legislación y la normatividad ambiental federal y estatal aplicable al Proyecto.

La estructura del PMA para el Proyecto, es el siguiente:

1. Agrupación de impactos ambientales y medidas de mitigación por etapa, componente y factor ambiental
2. Diseño de las Estrategias del PMA
3. Seguimiento de calidad ambiental

#### VI.1.1 Integración de impactos ambientales y medidas de mitigación

Se entiende por mitigación cualquier proceso, actividad o diseño para evitar, reducir o remediar cualquier impacto adverso al ambiente causado por el desarrollo de un proyecto. Asimismo, se entiende por estrategia como la técnica y conjunto de actividades destinadas a conseguir un objetivo.

En este sentido de acuerdo a la metodología aplicada para la evaluación de los impactos ambientales, éstos se agruparon por los factores ambientales en donde inciden, ver las siguientes tablas. El resultado de los análisis de impactos indica que los impactos relacionados con el desarrollo del Proyecto en su mayoría son temporales (Preparación del sitio y Construcción) y únicamente afectarán las áreas donde se lleven a cabo las actividades en forma directa.

De acuerdo a los impactos ambientales identificados y evaluados en el Capítulo V, se presenta la siguiente tabla con las medidas de mitigación mostrando componente ambiental y factor, así como la clave de la medida, posteriormente se presentan las agrupaciones de impactos ambientales y medidas que integran el PMS del Proyecto conforme a cada etapa.

Tabla VI.1 Agrupación de medidas de mitigación para el Proyecto.

Etapa	Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave
Preparación del sitio y Construcción	Aire	Partículas suspendidas	Se realizarán riegos con agua tratada durante las actividades de desmonte y despalme para evitar la generación de polvos.	MA-01
			Los vehículos se conducirán a velocidades mínimos por las vías de acceso para reducir la dispersión de material particulado.	MA-02
			Se realizarán actividades de riego con agua tratada en áreas de vialidades de terracería para evitar la generación de material particulado.	MA-03

Etapa	Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave	
Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento			Se contará con un sistema de captación de partículas para las plantas de asfalto y de concreto.	MA-04	
			Se reutilizarán los polvos del sistema de captación de partículas para las plantas de asfalto y de concreto.	MA-05	
			Se utilizarán piletas de sedimentación para separación de sólidos provenientes del sistema de captación de partículas durante la operación de las plantas de asfalto y de concreto.	MA-06	
		Calidad del aire	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-07	
			En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006, con excepción de la maquinaria y equipo utilizado para construcción.	MA-08	
			Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo se quede funcionando mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible.	MA-09	
			Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal.	MA-10	
			Se contará con un Programa de mantenimiento preventivo a aeronaves y vehículos manteniendo los registros actualizados.	MA-11	
			Se llevará a cabo mantenimiento preventivo a las plantas de asfalto y concreto durante la etapa de Construcción del Proyecto.	MA-12	
			Niveles de ruido	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-13
				En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con la emisión de ruido de vehículos automotores y serán evaluados conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994.	MA-14
				Los equipos de mayor emisión de ruido serán utilizados en horarios de actividad normal en las zonas pobladas cercanas a las áreas del Proyecto.	MA-15
				Los vehículos, maquinaria y equipo de obra utilizarán silenciadores de acuerdo a la capacidad del equipo.	MA-16



Etapa	Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave
			Se dará cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT3-2000, que establece dentro de la República Mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas, propulsadas por hélice, supersónicas y helicópteros, su método de medición, así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites.	MA-17
			Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal.	MA-18
			Se realizará un monitoreo perimetral de ruido, y se dará cumplimiento a los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición [De 6:00 a 22:00 68 dB(A) y de 22:00 a 6:00 65 dB(A)].	MA-19
			Se colocarán bardas perimetrales del Aeródromo, lo cual permitirá la disminución de ruido.	MA-20
			Se tendrá mantenimiento constante durante la operación de las plantas de asfalto y de concreto durante la etapa de Construcción del Proyecto.	MA-21
			Se llevará a cabo la restricción de aeronaves No Certificadas por Ruido	MA-22
			Se llevará a cabo el uso de procedimientos operacionales NAP (Procedimientos de Abatimiento de Ruido), STAR (Ruta Estándar de Llegada al terminal), SID (Salida Estándar por Instrumentos).	MA-23
			Se elaborará un Programa de conservación de la audición para trabajadores y funcionarios aeroportuarios.	MA-24
Preparación del sitio y Construcción	Población y trabajadores	Flujo vehicular	Durante la etapa de Preparación de sitio y Construcción se colocarán en las vías de acceso al Proyecto señalamientos y colocación de bandereros.	MV-01
Preparación del sitio y Construcción	Geología y Geomorfología	Relieve y Microrelieve	Se limitarán las nivelaciones y compactaciones únicamente a las zonas definidas en el Proyecto.	MG-01
			El material generado por los trabajos de excavación y cortes se trasladará a sitios de tiro autorizado, para su disposición final.	MG-02
Preparación del sitio y Construcción	Suelo	Estructura del suelo	Se delimitará el área del desmonte y despalle previo al inicio de actividades, con el objetivo de solo afectar los sitios destinados a la construcción y operación	MS-01
Preparación del sitio, Construcción y		Calidad del suelo	Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en	MS-02

Etapa	Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave
Operación y mantenimiento			cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	
			Para la etapa de Construcción se usarán fosas de concreto y de asfalto.	MS-03
			Se monitoreará la detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje.	MS-04
Preparación del sitio		Erosión	Se realizaran constantes riegos con agua tratada durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción, en el área del Proyecto.	MS-05
Preparación del sitio y Construcción		Hidrodinámica	Se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia	MH-01
Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento	Hidrología superficial	Calidad del agua	Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	MH-02
			Se utilizarán letrinas portátiles. Una por cada 20 trabajadores, durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción.	MH-03
			Se llevará a cabo el monitoreo de detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje.	MH-04
			Se desviarán y tratarán las aguas pluviales de alcantarilla en las zonas expuestas con mayor frecuencia al riesgo de fugas y vertidos de agentes químicos y carburantes mediante el uso de separadores aceite/agua o fosas API.	MH-05
			Se implementará el programa de operación y mantenimiento de la PTAR	MH-06
			Se llevará a cabo el adecuado manejo y tratamiento especial de las aguas azules provenientes de las aeronaves.	MH-07

Etapa	Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave
			Se recolectará y usará un porcentaje del agua de lluvia	MH-08
			Se utilizará energía solar para el calentamiento de agua.	MH-09
Preparación del sitio y Construcción	Vegetación	Estructura y composición	Se implementará el Programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación (ver Anexo VIII.4.16), de igual forma se implementará el Programa de compensación ambiental <sup>1</sup> (ver Anexo VIII.4.17).	MF-01
Preparación del sitio y Construcción	Fauna	Abundancia y distribución de comunidades (Herpetofauna)	Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.4.18), que incluye pero no se limita a: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalle, identificará nidos y madrigueras</li> <li>⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías</li> <li>⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada</li> <li>⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010</li> <li>⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes</li> </ul>	MU-01
		Abundancia y distribución de comunidades (mamíferos)		
	Abundancia y distribución de comunidades (aves)	Se continuará con el monitoreo de las poblaciones de aves en los cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia del Proyecto así como en aquellos que creará la CONAGUA al sur del sitio del Proyecto.		MU-02
Operación y mantenimiento			Se implementará el Plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto (Plan de Manejo para el Control de la Fauna <i>Wildlife Management Plan</i> ). Art. 46 de la Ley de Aeropuertos y su reglamento, así como la normatividad de aeronáutica internacional (Us Federal Aviation Administration).	MU-03

<sup>1</sup> El Programa de compensación ambiental forma parte del programa de restauración ecológica para crear un conjunto de áreas verdes y arboladas con una superficie estimada en 3,000 ha el cual se presenta en [http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre\\_2014.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/otros/naicm-presentacion-ambiental-5-de-septiembre_2014.pdf)

Etapa	Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave
Preparación del sitio y Construcción		Especies con estatus de conservación	Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.4.18), que incluye pero no se limita a: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará nidos y madrigueras</li> <li>⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías</li> <li>⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada</li> <li>⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010</li> <li>⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes</li> </ul>	MU-04
		Hábitat	Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.4.18), que incluye pero no se limita a: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará nidos y madrigueras</li> <li>⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías</li> <li>⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada</li> <li>⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010</li> <li>⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes</li> </ul>	MU-05
			Se evitará la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique.	MU-06
			Se eliminarán los hábitats atractivos para las aves que queden al menos a 3.2 Km de distancia de las pistas del NAICM y se aprovecharán los nuevos hábitats ubicados al sur del NAICM que se crearán con la nueva administración que llevará a cabo la CONAGUA	MU-07
			Se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia	MU-08

Etapa	Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave
Preparación del sitio y Construcción	Paisaje	Calidad escénica	Se evitará la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique.	MP-01
			Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial</li> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos</li> </ul>	MP-02
Operación y mantenimiento	Población y Trabajadores	Seguridad	Se elaborará e implementará el Plan de Prevención de Accidentes (PPA), con base a la guía establecida por la autoridad ambiental correspondiente.	MT-01
			Se elaborará e implementará un Programa de seguridad.	MT-02
			Se llevará a cabo la capacitación y pláticas de seguridad al personal.	MT-03
			Dentro de las instalaciones del Proyecto se instalará equipo de protección personal de emergencia y equipo e instalaciones contra fugas, derrames y de contención.	MT-04
Preparación del sitio y Construcción	Arqueología	Patrimonio arqueológico	Se continuará con los estudios prospectivos que determine el INAH.	MW-01
			Se implementarán las medidas y recomendaciones del INAH para el rescate de vestigios arqueológicos.	MW-02

Tabla VI.2 Agrupación de impactos ambientales y medidas que integran el PMA del Proyecto – Preparación del sitio y Construcción.

Componente ambiental	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
Aire	Calidad del aire	<p>Se generarán gases de combustión durante la operación de hasta 2 plantas de concreto y hasta 3 plantas de asfalto ya que estas plantas requerirán diésel para su operación modificando la calidad del aire.</p> <p>Durante las actividades de desmonte, despalme, nivelación y conformación del terreno, se utilizará maquinaria y equipo, la cual ocasionará una disminución de la calidad de aire, debido a la generación de emisiones de gases contaminantes, producto de la combustión interna de sus motores.</p>	PCC20 PCC35	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-07
				En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006, con excepción de la maquinaria y equipo utilizado para construcción.	MA-08
				Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo se quede funcionando mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible.	MA-09
				Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal.	MA-10
				Se llevará a cabo mantenimiento preventivo a las plantas de asfalto y concreto durante la etapa de Construcción del Proyecto.	MA-12
	Partículas suspendidas	<p>El aire se verá ligeramente afectado por los polvos generados durante el desmonte y despalme. La generación de polvo ocurrirá únicamente en el predio. Las partículas suspendidas disminuirán la calidad del aire, llegando a ocasionar dañar a las vías respiratorias de los trabajadores, además de que el polvo se asienta encima de las plantas y en algunos casos puede reducir la fotosíntesis y el crecimiento de la vegetación.</p> <p>Para la nivelación se tomó en cuenta la topografía existente, tratando de minimizar las operaciones de corte y relleno. Para la Fase I, se realizará el Movimiento de Tierras: 7,000,000 m<sup>3</sup> de corte, y 15,986,000 m<sup>3</sup> de relleno.</p> <p>Por la operación de hasta 2 plantas de concreto y 3 de asfalto durante la etapa de Construcción del Proyecto se generaran partículas suspendidas.</p> <p>Durante esta actividad, el aire se verá ligeramente afectado por los polvos, los cuales pueden llegar a dañar las vías respiratorias de los</p>	PCC01 PCC15 PCC21 PCC26 PCC31	Se realizarán riegos con agua tratada durante las actividades de desmonte y despalme para evitar la generación de polvos.	MA-01
				Los vehículos se conducirán a velocidades mínimos por las vías de acceso para reducir la dispersión de material particulado.	MA-02
				Se realizarán actividades de riego con agua tratada en áreas de vialidades de terracería para evitar la generación de material particulado.	MA-03
				Se contará con un sistema de captación de partículas para las plantas de asfalto y de concreto.	MA-04

Componente ambiental	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
		trabajadores, además de que el polvo se asienta encima de las plantas y en algunos casos puede reducir la fotosíntesis y el crecimiento de la planta.		Se reutilizarán los polvos del sistema de captación de partículas para las plantas de asfalto y de concreto.	MA-05
		Se construirá un acceso proveniente de la autopista Peñón – Texcoco, así como un paso a desnivel proveniente del Circuito Exterior mexiquense. Durante su construcción se generarán emisiones contaminantes, polvos por excavaciones y tráfico vehicular.		Se utilizarán piletas de sedimentación para separación de sólidos provenientes del sistema de captación de partículas durante la operación de las plantas de asfalto y de concreto.	MA-06
	Niveles de ruido	El uso de las 2 plantas de concreto y 3 de asfalto generara niveles de ruido que puedan afectar a los trabajadores y a los habitantes en las áreas pobladas, del área del Proyecto durante la etapa de Construcción.  Durante las actividades de desmonte y despalme y debido al uso de equipo y maquinaria, se presentará un incremento en los niveles de ruido, los cuales pueden provocar daños en el sistema auditivo de los trabajadores.	PCC22 PCC36	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-13
				En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con la emisión de ruido de vehículos automotores y serán evaluados conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994.	MA-14
				Los equipos de mayor emisión de ruido serán utilizados en horarios de actividad normal en las zonas pobladas cercanas a las áreas del Proyecto.	MA-15
				Los vehículos, maquinaria y equipo de obra utilizarán silenciadores de acuerdo a la capacidad del equipo.	MA-16
Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal	MA-18				
Se tendrá mantenimiento constante durante la operación de las plantas de asfalto y de concreto durante la etapa de Construcción del Proyecto.	MA-21				
Población y trabajadores	Flujo vehicular	Derivado de la construcción de la autopista Peñón- Texcoco, así como un paso a desnivel proveniente del Circuito Exterior Mexiquense se generara flujo vehicular.	PCC32	Durante la etapa de Preparación de sitio y Construcción se colocarán en las vías de acceso al Proyecto señalamientos y colocación de bandereros.	MV-01
Geología y Geomorfología	Relieve y Microrelieve	Se establecerá la nivelación tomando en cuenta la topografía existente para proteger de inundaciones. Dado lo anterior, se presentarán cambios en el relieve existente a fin de evitar inundaciones principalmente en las zonas de pistas.	PCC16	Se limitarán las nivelaciones y compactaciones únicamente a las zonas definidas en el Proyecto.	MG-01
				El material generado por los trabajos de excavación y cortes se trasladará a sitios de tiro autorizado, para su disposición final.	MG-02

Componente ambiental	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
Suelo	Calidad del suelo	<p>Durante esta etapa y por efecto de presencia de personal, uso de maquinaria y equipo, se puede presentar contaminación de suelo por residuos sólidos, líquidos y peligrosos.</p> <p>Debido a la operación de los campamentos, oficinas, bodegas y talleres provisionales en la zona del proyecto en los diferentes frentes de trabajo, se generarán residuos sólidos urbanos y peligrosos en el caso de los talleres, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.</p> <p>El suelo se podría contaminar debido al derrame de combustible que utilizaran las plantas de concreto y asfalto durante la etapa de Construcción del Proyecto en las actividades de construcción de pavimentación y cimentaciones.</p> <p>Durante la instalación de la tubería para suministro de agua en instalaciones sanitaria y para el desalojo de aguas sanitarias residuales, instalación de los tanques de almacenamiento y subestación eléctrica y Sistema de Cogeneración de energía eléctrica y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se utilizará soldadura para tubería de hierro fundido, por lo que se generarán residuos de soldadura (colillas o mechas), los cuales en caso de un manejo inadecuado se puede llegar contaminar el suelo.</p> <p>Pemex suministrará el combustible, con un máximo de crecimiento total de 12 tanques de almacenamiento de 66,600 barriles (799,200 barriles) de turbosina. Y donde posiblemente se generen derrames al suministrar el combustible, pudiendo contaminar el suelo.</p> <p>El suministro eléctrico contendrá dos alimentadores de 20 MVA as 23 kV cada una de las dos subestaciones receptoras. Durante su construcción se generarán residuos de soldadura y de concreto, los</p>	<p>PCC03                      PCC18                      PCC23                      PCC27                      PCC28                      PCC30                      PCC33                      PCC34                      PCC37                      PCC41</p>	<p>Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial</li> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos</li> </ul>	MS-02



Componente ambiental	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
		<p>cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.,</p> <p>Durante la construcción de la Red de Transporte público, se generarán residuos de concreto y de soldadura, pudiéndose contaminar el suelo.</p> <p>El proyecto contempla la construcción de vialidades internas, generándose residuos de concreto y de soldadura, pudiéndose contaminar el suelo.</p> <p>Durante esta etapa se generarán residuos sólidos derivados de la preparación del sitio, consistente principalmente en material vegetal y residuos domésticos de los trabajadores. Sin embargo, en caso de manejo inadecuado se puede presentar contaminación del suelo.</p> <p>Debido a la utilización de maquinaria se generarán residuos peligrosos, derivados del mantenimiento preventivo, consistentes en filtros usados, estopas impregnadas de hidrocarburos y envases con aceites y lubricantes residuales; asimismo se pueden presentar derrames accidentales durante el suministro de combustible a la maquinaria dentro del predio. Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.</p>		<p>Para la etapa de Construcción se usarán fosas de concreto y de asfalto.</p>	<p>MS-03</p>

Componente ambiental	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
	Estructura del suelo	Debido a la remoción de la vegetación el suelo quedará al descubierto con posibilidades de presentarse erosión eólica y/o hídrica. Se desmontará el área para el predio en una superficie de 4,431.1640 ha.  Se modificara la estructura del suelo derivado de las excavaciones de las piletas de sedimentación para separación de sólidos provenientes del sistema de captación de partículas de las plantas que se requerirán durante la etapa de Construcción del Proyecto.	PCC02 PCC24	Se delimitará el área del desmonte y despalme previo al inicio de actividades, con el objetivo de solo afectar los sitios destinados a la construcción y operación	MS-01
	Erosión	Debido a la remoción de la vegetación el suelo quedará al descubierto con posibilidades de presentarse erosión eólica. Se desmontará el área para el predio destinado para el proyecto en una superficie de (4,431.1640 ha).	PCC04	Se realizaran constantes riegos con agua tratada durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción, en el área del Proyecto.	MS-05
Hidrología Superficial	Hidrodinámica	El desmonte y despalme del terreno causará la modificación de hidrodinámica del cuerpo de agua, ocasionando una disminución de disponibilidad de agua en el hábitat acuático existente.	PCC05	Se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia	MH-01
	Calidad del agua	Possible modificación de las características fisicoquímicas por contaminación de cuerpos de agua cercanos, debido al inadecuado manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos generados por las actividades de la obra.  Durante la permanencia de los campamentos y oficinas en los diferentes frentes de trabajo, se generarán aguas residuales producto de las necesidades fisiológicas de los trabajadores y personal de confianza.  Se llevará a cabo el tratamiento de las aguas provenientes de los lavabos sanitarios internos, para riego por aspersión y el suministro compuesto de la torre de enfriamiento. Durante su construcción se generarán residuos de soldadura que pueden llegar a contaminar el suelo el suelo.  En la etapa de preparación del sitio se generarán aguas residuales sanitarias, las cuales serán manejadas mediante sanitarios portátiles y colectadas por un prestador de servicios autorizado. Durante la etapa de preparación del sitio se generarán residuos líquidos, derivado de las necesidades sanitarias de los trabajadores. Por lo que en caso de defecación al aire libre, se presentarán problemas de salud por la generación de bacterias fecales.	PCC06 PCC19 PCC29 PCC39	Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial</li> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos</li> </ul>	MH-02
				Se utilizarán letrinas portátiles. Una por cada 20 trabajadores, durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción.	MH-03
Vegetación	Estructura y composición de las	Se realizará el desmonte en una superficie de 2,507.95 que representa el 56.6% del total del predio con vegetación de pastizal halófilo y 5.43% de pastizal inducida; y el despalme de la cobertura	PCC07	Se implementará y ejecutará el Programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación (ver Anexo VIII.4.16), de igual forma se implementara y ejecutara	MF-01

Componente ambiental	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
	comunidades vegetales	vegetal existente en una superficie de 4,431.1640 ha. Dentro del predio se determinaron 24 especies de vegetación, representados por dos estratos producto de los programas de reforestación y pastización gubernamentales en conjunto con el desarrollo natural de esa misma vegetación. herbáceo con <i>Distichlis spicata</i> (pasto salado), <i>Sporobolus pyramidatus</i> (liendrilla o cola de zorro) y <i>Paspalum virgatum</i> (cebadilla) como las especies dominantes y en el estrato arbóreo y arbustivo estando principalmente conformada por <i>Tamarix chinensis</i> y <i>Tamarix aphylla</i> . Debido a lo anterior, se alterará la dinámica ecológica por la eliminación de la vegetación, provocando la disminución de nichos ecológicos para otras especies.		el Programa de compensación ambiental (ver Anexo VIII.4.17).	
Fauna	Abundancia y distribución de comunidades	<p>Durante las actividades de despalme y desmonte y por efecto de la actividad humana y de maquinaria, la mayoría de la fauna se desplazará a sitios adyacentes con el mismo tipo de vegetación. Sin embargo la fauna de lento desplazamiento y de hábitos subterráneos, se verán impactados. En el predio se identificaron 7 especies de herpetofauna (4 anfibios y 3 reptiles) muy asociados al cuerpo del agua en el caso de los anfibios. Cabe destacar que el 100 % de la herpetofauna identificada en el predio está representada en la zona de influencia. Principalmente se verán afectados los anfibios, dado sus hábitos acuáticos y lento desplazamiento.</p> <p>En el caso de los mamíferos, están representados por 5 especies dentro del predio, dos pequeños roedores: <i>Peromyscus maniculatus</i> (ratón de patas blancas) y <i>Microtus mexicanus</i> (meteorito mexicano), así como dos lepóridos reportados para el área: <i>Lepus californicus</i> (liebre cola negra) y <i>Sylvilagus floridanus</i> (conejo castellano). Sin excluir como quinta especie, <i>Canis familiaris</i> (perro doméstico) representado por al menos cinco manadas de perros ferales con seis a ocho individuos cada una. Las poblaciones están dominadas por pequeños roedores, conejos y liebres, que se concentran</p>	PCC08 PCC09 PCC10	<p>Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.4.18), que incluye pero no se limita a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará nidos y madrigueras</li> <li>⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías</li> <li>⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada</li> <li>⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010</li> <li>⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes</li> </ul>	MU-01

Componente ambiental	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
		<p>principalmente en los pastizales. Cabe destacar que estos mamíferos se desplazar fácilmente por fuera del predio en el área de influencia, por lo que su afectación será mínima. Cabe destacar que estas especies están ampliamente representadas en la zona de influencia, ya que se realizaron registro de las mismas especies con una mayor abundancia.</p> <p>Se registró un total de 74 especies de aves, tanto acuáticas como terrestres. Las especies más abundantes fueron los patos <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón) y <i>Oxyura jamaicensis</i> (pato tepalcate) y en general el grupo de los patos con más del 87% del total de los individuos encontrados junto con las aves playeras (5.4% del total). Las gallaretas (<i>Fulica americana</i>) son la tercera especie más abundante y representó casi el 4% del total de individuos contabilizados en el Lago de Texcoco. Un estimado del 11.9% se refiere a aves claramente residentes, pero que efectúan algunos movimientos locales y el resto realiza movimientos de migración de mayor distancia. Con los datos de abundancia y riqueza de especies resultado de los cinco conteos realizados en los once cuerpos de agua del Ex-Lago de Texcoco. Los valores de los índices de diversidad se explican por la gran dominancia del grupo de los patos, más del 82% lo conforman sólo tres especies, que en orden de importancia son: <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón), <i>Oxyura jamaicensis</i> (pato tepalcate) y <i>Fulica americana</i> (gallareta americana). Todas las especies de aves son de amplia distribución, y se encuentran ampliamente representadas en los demás cuerpos de agua cercanos, por lo que en el caso de desecar el cuerpo de agua, tanto las especies residentes como migratorias se distribuirían en cuerpos de agua cercanos como el Lago Nabor Carrillo, Laguna Recreativa, Laguna Churubusco, Xalapango y Laguna Facultativa.</p>		<p>Se continuará con el monitoreo de las poblaciones de aves en los cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia del Proyecto así como en aquellos que creará la CONAGUA al sur del sitio del Proyecto.</p>	<p>MU-02</p>
	<p>Especies con estatus de protección</p>	<p>En el predio y área de influencia, se determinaron 4 especies bajo régimen de protección por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 43 están en alguna de las categorías de la IUCN, 4 se encuentran en el Apéndice II de CITES. En cuanto al período de migración, la llegada de las aves a la zona durante el primer período tiene lugar, en la mayoría de los casos, de septiembre a marzo. Los chichicuilotos son la excepción, pues arriban a principios de julio. La migración de primavera comprende el período de finales de marzo a principios de junio (CONAGUA, 2005). Sin embargo, todas las especies son de amplia distribución, no son endémicas y se encuentran ampliamente representadas en los cuerpos de agua cercanos.</p>	<p>PCC11</p>	<p>Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.4.18), que incluye pero no se limita a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará nidos y madrigueras</li> <li>⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías</li> <li>⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada</li> <li>⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas</li> </ul>	<p>MU-04</p>

Componente ambiental	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
				incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 ⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes	
	Hábitat	En cuanto a las zonas de reproducción y de acuerdo con lo reportado en estudios previos en la zona, entre las especies residentes que cumplen sus ciclo vital, es decir que nacen, se reproducen y mueren, se encuentran: <i>Anas diazi</i> (pato mexicano), <i>Anas clypeata</i> (pato cucharón), <i>Anas cyanoptera</i> (cerceta de alas café), <i>Anas discors</i> (cerceta de alas azules) y <i>Oxyura jamaicensis</i> (pato tepalcate) (Conagua 2005). Estas especies utilizan como hábitat para reproducción y cría los cuerpos de agua Lago Nabor Carrillo, Laguna Recreativa, Laguna Churubusco, Xalapango y Laguna Facultativa. También se observan numerosas colonias anidantes en zonas cercanas a lagunas someras, dichas colonias están integradas por <i>Himantopus mexicanus</i> (candelerero), <i>Recurvirostra americana</i> (avoceta), <i>Charadrius vociferus</i> (chorlo tildio), <i>Calidris bairdi</i> (playero de Baird) <i>Calidris minutilla</i> y (chichicuilote), <i>Limnodromus scolopaceus</i> (costurero pico largo), <i>Phalaropus tricolor</i> (falaropo), <i>Tringa melanoleuca</i> (patamarilla mayor) y <i>Tringa flavipes</i> (patamarilla menor). Tanto <i>Gallinula chloropus</i> La (gallineta frente roja) como <i>Fulica americana</i> (gallareta) anidan en zonas de tulares, al tiempo que <i>Podiceps nigricollis</i> y <i>Podilymbus podiceps</i> anidan en la Laguna Recreativa y Lago Nabor Carrillo durante la primavera (CONAGUA, 2005). No obstante que durante el desmonte y despalme del terreno, se presentará la reducción de hábitat para aves, con base en los monitoreo de aves, se demostró que anidan y se reproducen en varios cuerpos de agua, todos ellos cercanos al sitio del proyecto.	PCC12	Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.4.18), que incluye pero no se limita a: ⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará nidos y madrigueras ⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías ⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada ⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 ⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes	MU-05
				Se evitara la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique	MU-06
				Se eliminarán los hábitats atractivos para las aves que queden al menos a 3.2 Km de distancia de las pistas del NAICM y se aprovecharán los nuevos hábitats ubicados al sur del NAICM que se crearán con la nueva administración que llevará a cabo la CONAGUA	MU-07
				Se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia	MU-08
Paisaje	Calidad escénica	Debido a la eliminación de la vegetación natural en una superficie de 4,431.1640 ha, se presentará un cambio de la estética del pasaje existente.	PCC13	Se evitará la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique Se implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la	MP-01 MP-02

Componente ambiental	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
				recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	
Arqueología	Patrimonio arqueológico	Afectación de material arqueológico tal como cerámica, lítica, concha y hueso entre otros elementos de temporalidad prehispánica durante las actividades de desmonte y despalle de vegetación. (Aeródromo, Terminal de pasajeros, Acceso a zona pública y estacionamiento, instalaciones de apoyo, y Aerotrópolis y por el desarrollo de las nivelaciones del sitio y conformación de pendientes del terreno.	PCC14	Se continuará con los estudios prospectivos que determine el INAH	MW-01
			PCC17	Se implementarán las medidas y recomendaciones del INAH para el rescate de vestigios arqueológicos.	MW-02

Tabla VI.3 Agrupación de impactos ambientales y medidas que integran el PMA del Proyecto – Operación y mantenimiento.

Componente	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
Aire	Calidad del aire	<p>Las principales fuentes de emisiones a la atmósfera del aeródromo incluyen la combustión del escape de los aviones durante el aterrizaje y despegue de las aeronaves y vehículos de servicios.</p> <p>Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por la operación de la planta de emergencia.</p> <p>Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por la operación de la planta de generadores con gas.</p> <p>Generación de emisiones contaminantes a la atmósfera por emisiones de gases contaminantes provenientes de vehículos.</p>	OPC08 OPC09 OPC10 OPC21 OPC22	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-07
				En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006, con excepción de la maquinaria y equipo utilizado para construcción.	MA-08
				Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal.	MA-10
				Se contará con un Programa de mantenimiento preventivo a aeronaves y vehículos manteniendo los registros actualizados.	MA-11
	Niveles de ruido	<p>Los niveles sonoros y vibraciones están ligados a las operaciones del Aeródromo, durante el despegue y aterrizaje de las aeronaves con origen -destino en el aeropuerto de la Ciudad de México.</p>	OPC11	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-13
				En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con la emisión de ruido de vehículos automotores y serán evaluados conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994.	MA-14
				Se dará cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT3-2000, que establece dentro de la República Mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas, propulsadas por hélice, supersónicas y helicópteros, su método de medición, así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites.	MA-17
				Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal	MA-18
				Se realizará un monitoreo perimetral de ruido, y de dará cumplimiento a los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición [De 6:00 a 22:00 68 dB(A) y de 22:00 a 6:00 65 dB(A)].	MA-19
				Se colocarán bardas perimetrales del Aeródromo, lo cual permitirá la disminución de ruido.	MA-20

Componente	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
				Se llevará a cabo la restricción de aeronaves NNC (No Certificadas por Ruido)	MA-22
				Se llevará a cabo el uso de procedimientos operacionales NAP (Procedimientos de Abatimiento de Ruido), STAR (Ruta Estándar de Llegada al terminal), SID (Salida Estándar por Instrumentos).	MA-23
				Se elaborará de un Programa de conservación de la audición para trabajadores y funcionarios aeroportuarios	MA-24
Suelo	Calidad del suelo	<p>Durante las actividades de mantenimiento y limpieza de vehículos del transporte automatizado de personas, mantenimiento de Aeronaves, zona de Operaciones y Mantenimiento del Aeropuerto, mantenimiento del Aeródromo, mantenimiento de equipos de servicios en tierra y servicios de comida en vuelos, se generarán residuos sólidos y residuos peligrosos, producto del mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos (estopas impregnadas de hidrocarburos, aceites y filtros gastados). Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden contaminar el suelo.</p> <p>Posibles derrames de combustible durante el abastecimiento de combustible a las aeronaves, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.</p> <p>Durante la operación de las subestaciones se generarán aceites contaminantes de los transformadores y del mantenimiento en general, pudiendo contaminar el suelo.</p> <p>Durante la operación del Aeropuerto, se generarán residuos sólidos domésticos y de manejo especial, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.</p> <p>Durante la etapa de operación, y debido a las actividades de mantenimiento en las diferentes instalaciones, equipo, vehículos y aeronaves, se generarán residuos peligrosos. Los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.</p>	OPC01 OPC02 OPC03 OPC04 OPC05 OPC06 OPC14 OPC17 OPC20 OPC23 OPC26	Se elaborara e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial</li> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos</li> </ul>	MS-02
		Se monitoreará la detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje.		MS-04	
Hidrología Superficial	Calidad del agua	El sistema de drenaje de las aguas pluviales considera la descarga pico del año de 1:50 de 34 m³/s desembocada en el túnel de la CONAGUA cuando el sitio esté en construcción completa.	OPC07 OPC19 OPC25	Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados.	MH-02



Componente	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
		Durante la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sanitarias, se generación de residuos peligrosos, producto de su mantenimiento, los cuales en caso de manejo inadecuado pueden llegar a contaminar el suelo.  Durante la etapa de operación se generarán aguas residuales de servicios a trabajadores y usuarios, los cuales se deberán conducir a la planta de tratamiento.		Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	
				Se llevará a cabo el monitoreo de detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje.	MH-04
				Se desviarán y tratarán las aguas pluviales de alcantarilla en las zonas expuestas con mayor frecuencia al riego e fugas y vertidos de agentes químicos y carburantes mediante el uso de separadores aceite/agua o fosas API.	MH-05
				Se implementará el programa de operación y mantenimiento de la PTAR	MH-06
				Se llevará a cabo el adecuado manejo y tratamiento especial de las aguas azules provenientes de las aeronaves.	MH-07
				Se recolectará y usará un porcentaje del agua de lluvia	MH-08
				Se utilizará energía solar para el calentamiento de agua	MH-09
Fauna	Abundancia y distribución de comunidades	Los efectos de la operación del Aeródromo sobre los grupos de fauna silvestre son principalmente visibles en las comunidades de aves. Sin embargo se considera que en esta etapa sea mínima la presencia de aves en las pistas de aterrizaje y despegue del Aeródromo.	OPC12	Se implementará del Plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto (Plan de Manejo para el Control de la Fauna <i>Wildlife Management Plan</i> ). Art. 46 de la Ley de Aeropuertos y su reglamento, así como la normatividad de aeronáutica internacional (Us Federal Aviation Administration).	MU-03
Población y Trabajadores	Seguridad	El manejo de Gas Natural que se utilizara en la Planta Central de Servicios podrá generar eventos de riesgo (radiación térmica o sobrepresión) a la población y trabajadores  Se podrán generar eventos de riesgo a la población y trabajadores derivado de que se requerirán tanques de almacenamiento de propano para suministrar Gas LP a las instalaciones de cocina en el aeropuerto. Los tanques se han dimensionado en 30 000 galones para la fase inicial y 60 000 galones hacia el final de la	OPC15 OPC16 OPC18	Se elaborará e implementará el Plan de Prevención de Accidentes (PPA), con base a la guía establecida por la autoridad ambiental correspondiente.	MT-01
				Se elaborará e implementará un Programa de seguridad.	MT-02
				Se llevará a cabo la capacitación y pláticas de seguridad al personal	MT-03

Componente	Factor	Descripción del Impacto	Clave del Impacto	Medidas	Clave de la Medida
		construcción.  El manejo de la turbosina podrá generar eventos de riesgo a la población y trabajadores.		Dentro de las instalaciones del Proyecto se instalará equipo de protección personal de emergencia y equipo e instalaciones contra fugas, derrames y de contención.	MT-04

## VI.2 Estrategias de seguimiento y control del PMA

Este inciso es el eje central del presente PMA, en el se presenta las líneas generales de accionar (estrategias) y las actividades directas (acciones) para el Seguimiento de la Calidad Ambiental del Proyecto.

El PMA se presenta en formato de "fichas técnicas", cada una de éstas aborda los impactos ambientales organizados por factor afectado y sus medidas de prevención y mitigación por etapa del Proyecto, los aspectos abordados en cada ficha son los siguientes:

- ⊕ Etapa de desarrollo del proyecto
- ⊕ Parámetro que representa el factor o aspecto a evaluar
- ⊕ Fuente que emite el contaminante o es susceptible de generar impacto
- ⊕ Actividades que generan el impacto ambiental
- ⊕ El objetivo para el cual se monitorea o evalúa
- ⊕ Descripción de los posibles impactos ambientales
- ⊕ Clave de los impactos ambientales
- ⊕ Procedimiento a seguir para que se lleve a cabo el objetivo
- ⊕ Persona responsable que supervisará o ejecutará el objetivo
- ⊕ Periodicidad con la que se efectuarán éstas acciones
- ⊕ Equipo necesario para la aplicación de la medida
- ⊕ Si se requiere de apoyo externo (por ejemplo, laboratorios)
- ⊕ Otros aspectos técnicos considerados
- ⊕ Documentación relevante que se debe de mantener en el sitio del proyecto
- ⊕ Medidas que se emplearán para prevenir, mitigar o compensar algún impacto
- ⊕ Indicador de realización
- ⊕ Indicador de efectos
- ⊕ Umbral de alerta
- ⊕ Umbral inadmisibles
- ⊕ Calendario de comprobación
- ⊕ Punto de comprobación
- ⊕ Medidas de urgente aplicación

Con la finalidad de cumplir con la implementación de medidas de prevención y mitigación ambiental se deberá aplicar una estrategia de planeación, programación, presupuesto y control para los servicios de consultorías, asesorías, cuando aplique.

Adicionalmente, la implementación de medidas de prevención y mitigación ambientales en este tipo de proyectos suelen ser variables y dependientes de varios componentes (aire, geología y geomorfología, suelo, hidrología superficial y subterránea, suelos, vegetación, fauna y socioeconómicos). Estos componentes contiene factores (calidad del aire, visibilidad, nivel sonoro, relieve, estratigrafía, calidad del suelo, patrón de drenaje, calidad del agua, uso del agua subterránea, estructura y composición de vegetación, especies comerciales, abundancia de fauna, cualidades escénicas, nivel de empleo, actividades comerciales, ingreso económico, activación de la economía, y bienestar y desarrollo), que son impactados por las actividades que se realizan en cada una de las etapas del Proyecto (Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento).

Con el propósito de cumplir con los requisitos de presentar costos aproximados durante la implementación del Programa de Monitoreo, se utiliza como base el Programa de Actividades para el Proyecto, donde se estima el monto económico que el promovente deberá destinar para aplicar las medidas de mitigación, incluyendo gastos operativos, insumos y aquellos gastos que pueden resultar por la implementación de las medidas de mitigación.

Tabla VI.4 Ficha prototipo del Plan de Manejo Ambiental.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM		FECHA: Fecha de validación	CÓDIGO: Clave asignada a la ficha
<b>ETAPA:</b> Etapa de desarrollo del proyecto		<b>COMPONENTE:</b> Factor y aspecto a monitorear	
<b>Fuente:</b> Fuente fija o móvil que emite el contaminante o es susceptible de generar impacto			
<b>Objetivo:</b> ¿Para qué se monitorea?			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Que afectaciones pueden ocurrir			
<b>Medidas de Mitigación:</b> Como se llevarán a cabo o los procedimientos para atenuar o disminuir los impactos			<b>Responsable:</b> Persona que supervisará que se cumpla el objetivo
<b>Periodicidad:</b> Cada cuando se realizará la medición cuando aplique la medida de mitigación.	<b>Equipo o material necesario:</b> Equipo técnico específico necesario para el monitoreo, sobre todo cuando el Promovente lo realice directamente.	Apoyo externo	
		SI	NO
			Otros aspectos técnicos: <b>Si aplica</b>
<b>Documentación relevante:</b> Documentación necesaria que sustente los monitoreos: Normatividad a cumplir; métodos de muestreo, etc.			
<b>Indicador de la realización:</b> Momento en el que se presenta el impacto			
<b>Indicador de efecto:</b> Resultado que se obtiene con la aplicación de la medida (eficiencia de la misma)			
<b>Umbral de alerta:</b> Punto de partida en el cual debe entrar en funcionamiento los sistemas de prevención y/o seguridad establecidos en el programa.			
<b>Umbral inadmisibles:</b> Es el punto en el cual ya no se puede aplicar la medida.			
<b>Punto de comprobación:</b> Donde se comprobará (lugar y específicamente sobre que componente ambiental)			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b> En caso de sobrepasar el umbral inadmisibles que se llevará a cabo.			
<b>Observaciones:</b> Aquello que sea preciso aclarar. En esta sección se hace la distinción de los parámetros que se deben medir, conforme medidas recomendadas y aquellos que son de cumplimiento regulatorio conforme a la normatividad ambiental vigente.			
<b>Calendario de comprobación:</b> Frecuencia con que se corrobora la buena aplicación de la medida.			

VI.2.1 Etapas de Preparación del sitio y Construcción

A continuación se presentan las fichas técnicas para la implementación del PMA para las etapas de Preparación del sitio y Construcción del Proyecto, en la siguiente tabla se listan los códigos y factores que son atendidos.

Tabla VI.5 Listado de estrategias específicas que se proponen implementar en el PMA – Preparación del sitio y Construcción.

Código	Factores y Componentes Ambientales a Evaluar
CÓDIGO: 001	Aire (Niveles de ruido): control de ruido
CÓDIGO: 002	Aire (Calidad del aire): emisión de gases
CÓDIGO: 003	Aire (Partículas suspendidas): emisión de partículas suspendidas
CÓDIGO: 004	Geología y Geomorfología (Relieve y microrelieve): modificación de la pendiente natural del terreno
CÓDIGO: 005	Suelo (Calidad del suelo): contaminación, generación y manejo de residuos
CÓDIGO: 006	Suelo (Estructura del suelo y Erosión): cambio en las características fisicoquímicas
CÓDIGO: 007	Hidrología Superficial (Hidrodinámica y Calidad del agua): Modificación en la hidrodinámica y cambio de las características fisicoquímicas
CÓDIGO: 008	Vegetación (Estructura y composición de las comunidades vegetales): modificación en la estructura y composición de comunidades
CÓDIGO: 009	Fauna (Abundancia y distribución de comunidades, Especies con estatus de conservación y Hábitat): disminución en la abundancia de organismos y distribución de comunidades
CÓDIGO: 010	Paisaje (Calidad escénica): modificación de las características escénicas
CÓDIGO: 011	Socioeconómico (Flujo vehicular): aumento del tráfico vehicular
CÓDIGO: 012	Socioeconómico (Patrimonio arqueológico): Afectación de material arqueológico

Tabla VI.6 Aire (Niveles de ruido) Preparación del sitio y Construcción.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 001	
<b>ETAPA:</b> Preparación del sitio y Construcción		<b>COMPONENTE:</b> Aire (Niveles de ruido): control de ruido	
<b>Fuente:</b> Vehículos, maquinaria y equipo utilizados			
<b>Objetivo:</b> Mantener las emisiones de ruido por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP's) establecidos en la normatividad aplicable vigente			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Afectación a los trabajadores, pobladores locales y a la fauna silvestre por la generación de ruido			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b> MA-13 -La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados. MA-14 -En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con la emisión de ruido de vehículos automotores y serán evaluados conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994. MA-15 -Los equipos de mayor emisión de ruido serán utilizados en horarios de actividad normal en las zonas pobladas cercanas al área del Proyecto. MA-16 -Los vehículos, maquinaria y equipo de obra utilizarán silenciadores de acuerdo a la capacidad del equipo. MA-18 -Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal. MA-21 -Se tendrá mantenimiento constante durante la operación de las plantas de asfalto y de concreto durante la etapa de Construcción del Proyecto.			<b>Responsable:</b> Contratista  <b>Clave del impacto:</b> PCC22 PCC36
<b>Periodicidad:</b> De acuerdo a los tiempos establecidos en el Programa de mantenimiento preventivo	<b>Equipo o material necesario:</b> Equipo de seguridad personal para los trabajadores Sonómetro para monitoreo	<b>Apoyo externo</b> Sí <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica
<b>Documentación relevante:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Bitácora de mantenimiento electromecánico periódico a vehículos, maquinaria y equipo</li> <li>⊕ Bitácora del uso del equipo de seguridad personal</li> </ul>			
<b>Indicador de la realización:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Presencia y movimiento continuo de maquinaria, equipo y vehículos dentro del área del Proyecto</li> </ul>			
<b>Indicador de efecto:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Reducción de los niveles de ruido</li> <li>⊕ Cumplimiento con los límites máximo permisibles establecidos para emisiones de ruido de la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994</li> </ul>			
<b>Umbral de alerta:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Vehículos, maquinaria y equipo que rebasen el nivel establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994</li> </ul>			
<b>Umbral inadmisibles:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Alteración de la salud de los trabajadores</li> <li>⊕ Que los vehículos, maquinaria y equipo se encuentren funcionando sin ser necesario</li> </ul>			
<b>Punto de comprobación:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Registro de mantenimiento preventivo a vehículos, maquinaria y equipo</li> <li>⊕ Bitácora del uso del equipo de seguridad personal</li> <li>⊕ Cumplimiento de los límites máximo permisibles establecidos para emisiones de ruido de la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994</li> </ul>			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Cuando por cualquier circunstancia los vehículos, maquinaria y equipo rebasen los límites establecidos se llevaran al taller para su reparación</li> <li>⊕ En caso de que el personal presente molestias auditivas, se les brindará atención médica inmediata</li> </ul>			
<b>Observaciones:</b>			
Ninguna			
Calendario de Comprobación			
Actividad	Frecuencia		
Revisión de programa de mantenimiento	Semestralmente		
Revisión de reportes de mantenimiento preventivo	Mensual		

Tabla VI.7 Aire (Calidad del aire): emisión de gases, Preparación del sitio y Construcción.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio2014		CÓDIGO: 002
<b>ETAPA:</b> Preparación del sitio y Construcción		<b>COMPONENTE:</b> Aire (Calidad del aire): emisión de gases	
<b>Fuente:</b> Emisiones a la atmósfera generadas por los vehículos, maquinaria y equipo			
<b>Objetivo:</b> Control de las emisiones de gases de combustión interna			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Contaminación del aire por la emisión de gases de combustión			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b>			<b>Responsable:</b>
MA-07	-La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.		Contratista
MA-08	-En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006, con excepción de la maquinaria y equipo utilizado para construcción.		<b>Clave del impacto:</b> PCC20 PCC35
MA-09	-Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo se quede funcionando mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible.		
MA-10	- Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal.		
MA-12	- Se llevará a cabo mantenimiento preventivo a las plantas de asfalto y concreto durante la etapa de Construcción del Proyecto.		
<b>Periodicidad:</b> De acuerdo a los tiempos establecidos en el Programa de mantenimiento preventivo.	<b>Equipo o material necesario:</b> No aplica	<b>Apoyo externo</b>	
		SÍ <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica			
<b>Documentación relevante:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Comprobantes de la verificación vehicular, cuando aplique</li> <li>⊕ Bitácoras del Programa de mantenimiento preventivo</li> </ul>			
<b>Indicador de la realización:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Presencia de maquinaria, equipo y vehículos de combustión en el área del Proyecto</li> </ul>			
<b>Indicador de efecto:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Reducción de emisiones contaminantes</li> </ul>			
<b>Umbral de alerta:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Humos visibles en el escape de los vehículos</li> </ul>			
<b>Umbral inadmisibles:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Falta de visibilidad en la zona de trabajo causada por los gases contaminantes</li> <li>⊕ Alteración de la salud de los trabajadores</li> <li>⊕ Que los vehículos, maquinaria y equipo se encuentren funcionando sin ser necesario</li> </ul>			
<b>Punto de comprobación:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Comprobantes de verificación vehicular</li> <li>⊕ Reporte de mantenimiento periódico de los vehículos, maquinaria y equipo</li> <li>⊕ Bitácora o memoria fotográfica del uso del equipo de seguridad personal</li> </ul>			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Negar el acceso a los vehículos y maquinaria que no cuenten con programa de mantenimiento, y en el caso de los vehículos su comprobante de verificación vehicular, cuando aplique</li> <li>⊕ En caso de accidente o enfermedad en los trabajadores se brindará atención médica inmediata</li> </ul>			
<b>Observaciones:</b> Ninguna			
Calendario de Comprobación			
Actividad	Frecuencia		
Solicitar Programa de mantenimiento vehicular	Inicio de actividades		
Verificar cumplimiento del Programa de mantenimiento preventivo	Seis meses		
Solicitar comprobante de cumplimiento con el Programa Estatal de verificación vehicular, en caso aplicable	Inicio de actividades		

Tabla VI.8 Aire (Partículas suspendidas): emisión de partículas suspendidas, Preparación del sitio y Construcción.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL				
NAICM	FECHA: Julio2014		CÓDIGO: 003	
<b>ETAPA:</b> Preparación del sitio y Construcción		<b>COMPONENTE:</b> Aire (Partículas suspendidas): emisión de material particulado		
<b>Fuente:</b> Emisiones a la atmósfera generadas por los vehículos, maquinaria y equipo				
<b>Objetivo:</b> Control del material particulado				
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Contaminación del aire por material particulado, posible afectación a los trabajadores por la generación de material particulado por el uso de vehículos y movimiento de tierras				
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b> MA-01 -Se realizarán riegos con agua tratada durante las actividades de desmonte y despalle para evitar la generación de polvos. MA-02 -Los vehículos se conducirán a velocidades mínimas por las vías de acceso para reducir la dispersión de material particulado. MA-03 -Se realizarán actividades de riego con agua tratada en áreas de vialidades de terracería para evitar la generación de material particulado. MA-04 - Se contará con un sistema de captación de partículas para las plantas de asfalto y de concreto. MA-05 -Se reutilizarán los polvos del sistema de captación de partículas para las plantas de asfalto y de concreto. MA-06 -Se utilizarán piletas de sedimentación para separación de sólidos provenientes del sistema de captación de partículas durante la operación de las plantas de asfalto y de concreto.			<b>Responsable:</b> Contratista  <b>Clave del impacto:</b> PCC01 PCC15 PCC21 PCC26 PCC31	
<b>Periodicidad:</b> De acuerdo a los tiempos establecidos en el Programa de mantenimiento preventivo.	<b>Equipo o material necesario:</b> No aplica	<b>Apoyo externo</b>		<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica
		SÍ <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
<b>Documentación relevante:</b> ⊕ Bitácoras del Programa de mantenimiento preventivo ⊕ Bitácora del uso del equipo de seguridad personal				
<b>Indicador de la realización:</b> ⊕ Presencia de maquinaria, equipo y vehículos de combustión en el área del Proyecto				
<b>Indicador de efecto:</b> ⊕ Reducción de material particulado				
<b>Umbral de alerta:</b> ⊕ Polvos generados en el área del Proyecto				
<b>Umbral inadmisibles:</b> ⊕ Falta de visibilidad en la zona de trabajo causada por los polvos generados ⊕ Alteración de la salud de los trabajadores				
<b>Punto de comprobación:</b> ⊕ Reporte de pipas de agua residual solicitadas ⊕ Bitácora o memoria fotográfica del uso de agua residual tratada ⊕ Informes de la capacitación al personal				
<b>Medidas de urgente aplicación:</b> ⊕ En caso de accidente o enfermedad en los trabajadores se brindará atención médica inmediata				
<b>Observaciones:</b> Ninguna				
Calendario de Comprobación				
Actividad	Frecuencia			
Solicitud de reportes de pipas de agua residual solicitadas	Semanal			
Programas de capacitación al personal	Inicio de actividades			



Tabla VI.9 Geología y Geomorfología (Relieve y microrelieve): modificación de la pendiente natural del terreno, Preparación del sitio y Construcción.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 004	
ETAPA: Preparación del sitio y Construcción	COMPONENTE: Geología Geomorfología (Relieve y microrelieve): modificación de la pendiente natural del terreno		
Fuente: Actividades de nivelación, excavaciones y cortes			
Objetivo: Evitar la afectación de la geomorfología de áreas diferentes a las requeridas por el Proyecto			
Descripción de posibles impactos: Modificación de la pendiente natural del terreno por las actividades de nivelación, excavación, cortes y rellenos			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b> MG-01 -Se limitarán las nivelaciones y compactaciones únicamente a las zonas definidas en el Proyecto.  MG-02 -El material generado por los trabajos de excavación y cortes se trasladará a sitios de tiro autorizado, para su disposición final.			<b>Responsable:</b> Contratista  <b>Clave del impacto:</b> PCC16
<b>Periodicidad:</b> Una vez que el área de construcción sea liberada	<b>Equipo o material necesario:</b> No aplica	<b>Apoyo externo</b> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica
<b>Documentación relevante:</b> ⊕ Bitácora de supervisión autorizando las áreas utilizadas			
<b>Indicador de la realización:</b> ⊕ Delimitación física de los sitios definidos por el desarrollo del Proyecto ⊕ Nivelaciones, excavaciones, cortes y rellenos			
<b>Indicador de efecto:</b> ⊕ Memoria fotográfica de la delimitación de zonas			
<b>Umbral de alerta:</b> ⊕ No se presenta la delimitación de los sitios definidos por el Proyecto previo al desarrollo de obras y actividades			
<b>Umbral inadmisibles:</b> ⊕ Ejecución de nivelaciones, excavaciones, compactaciones, cortes y rellenos fuera de los sitios destinados para el desarrollo del Proyecto			
<b>Punto de comprobación:</b> ⊕ Bitácora y memoria fotográfica de delimitación de los sitios para el desarrollo del Proyecto			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b> ⊕ Restauración de zonas ubicadas fuera de la delimitación de los sitios para el desarrollo del Proyecto			
<b>Observaciones:</b> Ninguna			
Calendario de Comprobación			
Actividad	Frecuencia		
Actividades de delimitación de los sitios para el desarrollo del Proyecto, en los cuales se llevarán a cabo las actividades de nivelación, excavaciones, compactaciones, cortes y rellenos	Previo a la construcción		

Tabla VI.10 Suelo (Calidad del suelo), Preparación del sitio y Construcción.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL							
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 005					
<b>ETAPA:</b> Preparación del sitio y Construcción		<b>COMPONENTE:</b> Suelo (Calidad del suelo): contaminación, generación y manejo de residuos					
<b>Fuente:</b> Residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos y derrames accidentales							
<b>Objetivo:</b> Minimizar, segregar, acopiar, almacenar, trasportar y disponer los residuos urbanos, manejo especial y peligrosos de acuerdo a la normatividad aplicable y evitar derrames							
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Contaminación del suelo por el manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos, generando fauna nociva y cambio en las características fisicoquímicas del suelo por derrames.							
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b>			<b>Responsable:</b> Contratista				
MS-02	-Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, para la etapa de Operación y mantenimiento se incluirá el manejo de residuos provenientes de las Aeronaves.</li> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos</li> </ul>						
MS-03	-Para la etapa de Construcción se usarán fosas de concreto y de asfalto.		<b>Clave del impacto:</b> PCC03 PCC18 PCC23 PCC27 PCC28 PCC30 PCC33 PCC34 PCC37 PCC41				
<b>Periodicidad:</b> Recolección diaria de residuos separados.	<b>Equipo o material necesario:</b> No aplica	<b>Apoyo externo</b>					
		<table border="1"> <tr> <td>SÍ</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SÍ	NO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica
SÍ	NO						
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
<b>Documentación relevante:</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Bitácora de generación diaria de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Memoria fotográfica del manejo de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Contrato con empresas autorizadas para almacenamiento, transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos</li> </ul>							
<b>Indicador de la realización:</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Generación de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos en los frentes de trabajo</li> </ul>							
<b>Indicador de Seguimiento de Calidad Ambiental:</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Recolección y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Reducción en la posibilidad de contaminación del suelo en el sitio del Proyecto por derrames</li> </ul>							
<b>Umbral de alerta:</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Fauna nociva en el sitio</li> <li>⊕ Malos olores en el área</li> <li>⊕ Derrames</li> </ul>							
<b>Umbral inadmisibile:</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Contenedores de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos en el área de trabajo al aire libre</li> </ul>							
<b>Punto de comprobación:</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Sitio de almacén temporal de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Sitios de almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Bitácora de Generación de Residuos</li> </ul>							
<b>Medidas de urgente aplicación:</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Mantener áreas de trabajo libres de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Evitar posibles derrames</li> </ul>							
<b>Observaciones:</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Establecer los sitios autorizados de disposición final de residuos</li> <li>⊕ Contratación de empresas especializadas y autorizadas para el manejo de residuos</li> </ul>							

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 005
Calendario de Comprobación		
Actividad	Frecuencia	
Capacitación manejo de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos	Antes de iniciar la Preparación del sitio. Cada vez que ingrese un trabajador nuevo, después repasar bimestralmente	
Verificar que los residuos se encuentren dentro de los recipientes adecuados	Diario	
Revisión del estado, identificación y ubicación de los recipientes de los residuos	Diario	
Revisión de la bitácora de generación de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos	Semanal	

Tabla VI.11 Suelo (Estructura del suelo y Erosión), Preparación del sitio y Construcción.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
NAICM		FECHA: Julio 2014		CÓDIGO: 006
ETAPA: Preparación del sitio y Construcción		COMPONENTE: Suelo (Estructura del suelo y Erosión): cambio en las características fisicoquímicas		
Fuente: Residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos y derrames accidentales				
Objetivo: Minimizar, segregar, acopiar, almacenar, trasportar y disponer los residuos urbanos, manejo especial y peligrosos de acuerdo a la normatividad aplicable y evitar derrames				
Descripción de posibles impactos: Contaminación del suelo por el manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos, generando fauna nociva y cambio en las características fisicoquímicas del suelo por derrames.				
Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:				Responsable: Contratista
MS-01	-Se delimitará al área del desmonte y despalme previo al inicio de actividades, con el objetivo de solo afectar los sitios destinados a la construcción y operación.			
MS-05	-Se realizaran constantes riegos con agua tratada durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción, en el área del Proyecto.			Clave del impacto: PCC02 PCC04 PCC022
Periodicidad: Recolección diaria de residuos separados.	Equipo o material necesario: No aplica	Apoyo externo		Otros aspectos técnicos: No aplica
		SÍ <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
Documentación relevante:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Bitácora de supervisión autorizando las áreas utilizadas</li> <li>⊕ Reporte de solicitud de pipas de agua tratada</li> </ul>				
Indicador de la realización:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Delimitación física de los sitios definidos por el desarrollo del Proyecto</li> </ul>				
Indicador de Seguimiento de Calidad Ambiental:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Disposición adecuada de los residuos generados en la etapa de Construcción en las fosas de concreto y asfalto.</li> </ul>				
Umbral de alerta:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ No presentar la delimitación de los sitios definidos por el Proyecto</li> <li>⊕ No utilizar adecuadamente las fosas de concreto y de asfalto</li> </ul>				
Umbral inadmisibile:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Delimitación de las áreas de desmonte y despalme</li> <li>⊕ Colocación de residuos de la etapa de Construcción en las fosas de concreto</li> </ul>				
Punto de comprobación:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Bitácora de solicitud de agua tratada</li> <li>⊕ Bitácora de supervisión de la autorización de las áreas del Proyecto</li> </ul>				
Medidas de urgente aplicación:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Restauración de zonas ubicadas fuera de la delimitación de los sitios para el desarrollo del Proyecto</li> </ul>				
Observaciones:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Ninguna</li> </ul>				
Calendario de Comprobación				
Actividad		Frecuencia		
Revisión de bitácoras de solicitud de agua tratada		semanal		
Revisión de bitácoras de supervisión autorizando las áreas utilizadas		Previo a la etapa de Preparación del sitio y Construcción		

Tabla VI.12 Hidrología Superficial (Hidrodinámica y Calidad del agua), Preparación del sitio y Construcción.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014		CÓDIGO: 007
ETAPA: Preparación del sitio y Construcción		COMPONENTE: Hidrología Superficial (Hidrodinámica y Calidad del agua): Modificación en la hidrodinámica y cambio de las características fisicoquímicas	
Fuente: Hidrodinámica: desmonte, despilme, excavaciones, nivelaciones, rellenos, compactaciones. Calidad del agua: generación y manejo de residuos, derrames accidentales, descarga de aguas residuales de servicios sanitarios			
Objetivo: Evitar la contaminación de las aguas superficiales			
Descripción de posibles impactos: Modificación en las características fisicoquímicas del agua por mal manejo de residuos y derrames accidentales, así como descarga de aguas residuales de servicios sanitarios de los trabajadores			
Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:			Responsable: Contratista
MH-01	-Se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia		Clave de Impactos  PCC05 PCC06 PCC19 PCC29 PCC39
MH-02	-Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos		
MH-03	-Se utilizarán letrinas portátiles. Una por cada 20 trabajadores, durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción.		
Periodicidad: Para el manejo de residuos y mantenimiento de letrinas portátiles diariamente.	Equipo o material necesario: No aplica	Apoyo externo	
		SÍ <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Otros aspectos técnicos: N/A			
Documentación relevante: ⊕ Memoria fotográfica de los trabajos que permitan el drenaje natural y manejo de residuos y aguas residuales adecuado. ⊕ Bitácora de manejo de residuos ⊕ Bitácora de mantenimiento y disposición de aguas residuales de servicios sanitarios			
Indicador de la realización: ⊕ El flujo del drenaje natural no es interrumpido ⊕ No hay contaminación del agua por mal manejo de residuos ⊕ Facturas y contrato de renta y mantenimiento de equipo de sanitarios portátiles, así como de disposición de aguas residuales de servicios sanitarios			
Indicador de Seguimiento de Calidad Ambiental: ⊕ Evitar la acumulación de agua pluvial o inundaciones en los frentes de trabajo ⊕ Evitar la contaminación en el sitio de trabajo reduciendo la posibilidad de olores e infecciones entre el personal por un mal manejo de residuos			
Umbral de alerta: ⊕ Inundación en los frentes de trabajo ⊕ Presencia de malos olores y fauna nociva por un mal manejo de los residuos sólidos urbanos			
Umbral inadmisibles: ⊕ Contaminación e inundación en los frentes de trabajo o áreas aledañas a éste ⊕ Descarga de aguas residuales sin cumplir los LMP's establecidos por la CONAGUA			
Punto de comprobación: ⊕ Bitácora y memoria fotográfica del manejo de residuos y aguas residuales ⊕ Contratos de empresas autorizadas para la disposición de las aguas residuales de los sanitarios móviles			
Medidas de urgente aplicación: ⊕ La persona que sea sorprendida realizando un mal manejo de residuos o aguas residuales será sancionada			
Observaciones: Ninguna			
Calendario de Comprobación			
Actividad	Frecuencia		
Capacitar al personal para el manejo de residuos	Cada semana		
Presentar bitácora de manejo de residuos	Cada mes		
Presentar memoria fotográfica de los trabajos evidenciando que no se obstruye el drenaje natural de ningún cuerpo de agua	Cada mes		

Tabla VI.13 Vegetación (Estructura y composición de las comunidades vegetales), Preparación del sitio y Construcción.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 008	
ETAPA: Preparación del sitio y Construcción		COMPONENTE: Vegetación (Estructura y composición de las comunidades vegetales): modificación en la estructura y composición de comunidades	
Fuente: Retiro de vegetación por las actividades de desmonte			
Objetivo: Identificar, rescatar y reubicar especies de flora,			
Descripción de posibles impactos: Retiro de la cobertura vegetal. Pérdida de refugios y de zonas de alimentación para fauna silvestre			
Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento: MF-01 Se implementará y ejecutará el Programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación (ver Anexo VIII.4.16), de igual forma se implementara y ejecutara el Programa de compensación ambiental (ver Anexo VIII.4.17).			Responsable: Contratista
			Clave del impacto: PCC07
Periodicidad: Al inicio y durante el desarrollo de la obra.	Equipo o material necesario: Libreta de campo, cámara fotográfica, plano del área de trabajo, guía taxonómica de campo a nivel familia.	Apoyo externo SÍ <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Otros aspectos técnicos: No aplica.
Documentación relevante: ⊕ Bitácora de vegetación retirada durante el desmonte y despalme			
Indicador de la realización: ⊕ El material sobrante del desmonte será cortado y/o triturado y acumulado para ser utilizado en las áreas verdes ⊕ Actividades de revegetación			
Indicador de Seguimiento de Calidad Ambiental: ⊕ Superficie de cobertura vegetal (ha) ⊕ La preservación de vegetación colindante durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción			
Umbral de alerta: ⊕ Se rebasen los límites del predio durante las actividades de desmonte y despalme ⊕ Compra de herbicidas, insecticidas o agroquímicos			
Umbral inadmisibles: ⊕ Quema de vegetación durante el desmonte ⊕ Uso de herbicidas insecticidas, agroquímicos			
Punto de comprobación: ⊕ Sitio del Proyecto			
Medidas de urgente aplicación: ⊕ La persona que sea sorprendida realizando el despalme y desmonte fuera de las áreas destinadas será sancionada administrativamente			
Observaciones: Ninguna			
Calendario de Comprobación			
Actividad	Frecuencia		
Capacitación a trabajadores	Inicio de actividades		
Supervisión durante actividades de desmonte y despalme, trasporte, mantenimiento, relocalización	Continua		

Tabla VI.14 Fauna (Abundancia y distribución de comunidades, Especies con estatus de conservación y Hábitat), Preparación del sitio y Construcción.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 009	
<b>ETAPA:</b> Preparación del sitio y Construcción		<b>COMPONENTE:</b> Fauna (Abundancia y distribución de comunidades, Especies con estatus de protección y Hábitat): disminución en la abundancia de organismos y distribución de comunidades	
<b>Fuente:</b> Eliminación de la cobertura vegetal, zonas de alimentación, micro hábitat, madrigueras y otros refugios. Ahuyentamiento por el uso de los vehículos, maquinaria y equipo			
<b>Objetivo:</b> Reducir la cantidad de ejemplares de fauna afectada por los trabajos de desmonte y despalme.			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Disminución en abundancia de organismos, distribución de comunidades, disminución de hábitat y recursos alimenticios			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b>			<b>Responsable:</b>
MU-01	-Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.4.18), que incluye pero no se limita a: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará nidos y madrigueras</li> <li>⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías</li> <li>⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada</li> <li>⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010</li> <li>⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes</li> </ul>		Contratista
MU-02	-Se continuará con el monitoreo de las poblaciones de aves en los cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia del Proyecto así como en aquellos que creará la CONAGUA al sur del sitio del Proyecto.		PCC08
MU-06	-Se evitará la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique		PCC09
MU-07	-Se eliminarán los hábitats atractivos para las aves que queden al menos a 3.2 Km de distancia de las pistas del NAICM y aprovechar los nuevos hábitats ubicados al sur del NAICM que se crearán con la nueva administración que llevará a cabo la CONAGUA		PCC10
MU08	-Se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia.		PCC11
			PCC12
<b>Periodicidad:</b>	<b>Equipo o material necesario:</b>	<b>Apoyo externo</b>	
Fase de trampeo: cinco días antes del inicio del desmonte. Fase de acompañamiento: Durante todo el tiempo que tarde el desmonte y despalme	Libreta de campo, cámara fotográfica, plano del área, equipo especializado para captura y manejo de fauna silvestres (trampas Sherman, Tomahawk y ganchos y pinzas herpetológicas)	SÍ <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica			
<b>Documentación relevante:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Programa de rescate de fauna silvestre.</li> <li>⊕ Bitácora de avistamiento de Fauna</li> <li>⊕ Registro de especies de fauna reubicados</li> <li>⊕ Bitácora de trabajo</li> <li>⊕ Memoria fotográfica de las actividades y ejemplares rescatados y liberados</li> </ul>			
<b>Indicador de la realización:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, se identificarán nidos y madrigueras</li> <li>⊕ En las actividades de desmonte y despalme del sitio se eliminará la cobertura vegetal del sitio desplazando la fauna hacia los alrededores</li> <li>⊕ Las actividades de desmonte se llevarán a cabo en zonas de menor a mayor densidad de vegetación con el fin de permitir el desplazamiento de fauna</li> </ul>			
<b>Indicador de Seguimiento de Calidad Ambiental:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ La preservación de fauna durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción</li> </ul>			
<b>Umbral de alerta:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Daño o afectación a alguna especie de fauna en el sitio</li> </ul>			
<b>Umbral inadmisibles:</b>			

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 009
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Caza, captura o comercialización de especies en el sitio</li> <li>⊕ Marcaje de la fauna rescatada</li> <li>⊕ No se dará un manejo a los residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos</li> </ul>		
<b>Punto de comprobación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Ejecución de un Programa de rescate de fauna silvestre.</li> <li>⊕ Reporte de avistamiento de fauna</li> <li>⊕ Reporte operativo de actividades de rescate de fauna</li> <li>⊕ Bitácora de registro de especies de fauna rescatados del sitio.</li> <li>⊕ Documento de entrega al personal responsable del sitio de reubicación</li> </ul>		
<b>Medidas de urgente aplicación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ En caso de que se lastime un organismo de fauna silvestre con estatus de protección durante las actividades se procederá a brindarle atención médica de inmediato, y permanecerá en cautiverio hasta que la evaluación de personal especializado determine la reintroducción al medio ambiente.</li> <li>⊕ La persona que sea sorprendida cazando, capturando o comercializando especies, será consignada a las autoridades</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Debido a la ubicación del Proyecto será necesario mantener personal capacitado por si se llega a observar fauna silvestre durante la construcción</li> </ul>		
Calendario de Comprobación		
Actividad	Frecuencia	
Instrumentación del Programa	Iniciar trampeo al menos cinco días antes de iniciar la Preparación del sitio	
Recorridos en el sitio	Continuamente durante las actividades de Preparación del sitio	
Revisión de registros	Semanalmente	



Tabla VI.15 Paisaje (Calidad escénica), Preparación del sitio y Construcción.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014		CÓDIGO: 0010
<b>ETAPA:</b> Preparación del sitio y Construcción		<b>COMPONENTE:</b> Paisaje (Calidad escénica): modificación de las características escénicas	
<b>Fuente:</b> Maquinaria, equipo, vehículos, presencia de personal y construcción de instalaciones permanentes			
<b>Objetivo:</b> Reducir los efectos visuales por la presencia de maquinaria, equipo, vehículos, presencia de personal y construcción de instalaciones permanentes			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Las cualidades escénicas se verán afectadas por la presencia de maquinaria, equipo, vehículos, presencia de personal y construcción de instalaciones permanentes			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b>			<b>Responsable:</b> Contratista
MP-01	-Se evitará la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique		<b>Clave del impacto:</b> PCC13
MP-02	-Se implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: -Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, para la etapa de Operación y mantenimiento se incluirá el manejo de residuos provenientes de las Aeronaves. -Programa de Manejo de Residuos Peligrosos		
<b>Periodicidad:</b> Una vez que el área de construcción sea liberada Recolección de residuos separados diariamente	<b>Equipo o material necesario:</b> No aplica	<b>Apoyo externo</b>	
		SÍ <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica			
<b>Documentación relevante:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Programa general de obra</li> <li>⊕ Bitácora de generación diaria de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Memoria fotográfica del manejo de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Contrato con empresas autorizadas para almacenamiento, transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos</li> </ul>			
<b>Indicador de la realización:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Delimitación física de los sitios definidos por el desarrollo del Proyecto</li> <li>⊕ No hay contaminación del agua por mal manejo de residuos</li> <li>⊕ Facturas y contrato de renta y mantenimiento de equipo de sanitarios portátiles, así como de disposición de aguas residuales de servicios sanitarios</li> </ul>			
<b>Indicador de efecto:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Recolección y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Manejo adecuado de las aguas residuales</li> </ul>			
<b>Umbral de alerta:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ No se presenta la delimitación de los sitios definidos por el Proyecto previo al desarrollo de obras y actividades.</li> <li>⊕ Permanencia de maquinaria, equipo,</li> <li>⊕ Malos olores</li> </ul>			
<b>Umbral inadmisibile:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Presencia de maquinaria, equipo, fuera de los sitios destinados para el desarrollo del Proyecto</li> <li>⊕ Permanencia de maquinaria, equipo, en los sitios donde se desarrollaron las obras y actividades, fuera de los tiempos establecidos en el Programa general de trabajo</li> <li>⊕ Contenedores de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos en el área de trabajo al aire libre</li> </ul>			
<b>Punto de comprobación:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Bitácora y memoria fotográfica de delimitación de los sitios para el desarrollo del Proyecto</li> <li>⊕ Memoria fotográfica del retiro de maquinaria, equipo</li> <li>⊕ Sitio de almacén temporal de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Bitácora de Generación de Residuos</li> </ul>			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Retiro de maquinaria, equipo de las áreas de trabajo del Proyecto</li> </ul>			

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL		
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 0010
⊕ Mantener áreas de trabajo libres de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos		
<b>Observaciones:</b>		
⊕ Establecer los sitios autorizados de disposición final de residuos		
⊕ Contratación de empresas especializadas y autorizadas para el manejo de residuos		
Calendario de Comprobación		
Actividad	Frecuencia	
Actividades de delimitación de los sitios para el desarrollo del Proyecto	Previo a la construcción	
Memoria fotográfica del retiro de maquinaria y equipo	Al finalizar la construcción	
Capacitación manejo de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos	Antes de iniciar la Preparación del sitio y Construcción del Proyecto. Cada vez que ingrese un trabajador nuevo	
Verificar que los residuos se encuentren dentro de los recipientes adecuados	Diario	
Revisión del estado, identificación y ubicación de los recipientes de los residuos	Diario	
Revisión de la bitácora de generación de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos	Semanal	

Tabla VI.16 Socioeconómico (Flujo vehicular), Preparación del sitio y Construcción.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 011	
ETAPA: Preparación del sitio y Construcción		COMPONENTE: Socioeconómico (Flujo vehicular): aumento del tráfico vehicular	
Fuente: Tráfico vehicular			
Objetivo: Reducir el tráfico vehicular			
Descripción de posibles impactos: Aumento del tráfico vehicular en el área de las vías de acceso del Proyecto			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b> MV-01 - Durante la etapa de Preparación de sitio y Construcción se colocarán en las vías de acceso al Proyecto señalamientos y colocación de bandereros.			Responsable: Contratista
			Clave del impacto: PCC23
<b>Periodicidad:</b> Durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción	<b>Equipo o material necesario:</b> Señalamientos y colocación de bandereros	<b>Apoyo externo</b> SÍ <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica
<b>Documentación relevante:</b> ⊕ Bitácora de los señalamiento y colocación de bandereros ⊕ Memoria fotográfica de las vías de acceso			
<b>Indicador de la realización:</b> ⊕ Colocación de los señalamientos			
<b>Indicador de efecto:</b> ⊕ Control del tráfico vehicular			
<b>Umbral de alerta:</b> ⊕ Aumento del tráfico vehicular			
<b>Umbral inadmisibile:</b> ⊕ Tráfico vehicular sin control			
<b>Punto de comprobación:</b> ⊕ Señalamientos ⊕ Supervisión a los bandereros			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b> ⊕ Colocación de señalamientos y control de bandereros			
<b>Observaciones:</b> ⊕ No aplica			
Calendario de Comprobación			
Actividad	Frecuencia		
Bitácora de señalamiento y colocación de bandereros	Previo a las etapas de Preparación del sitio y Construcción		

Tabla VI.17 Arqueología (Patrimonio arqueológico) Preparación del sitio y Construcción.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL				
NAICM		FECHA: Julio 2014		CÓDIGO: 012
ETAPA: Preparación del sitio y Construcción		COMPONENTE: Socioeconómico (Patrimonio arqueológico): Afectación de material arqueológico		
Fuente: Arqueología				
Objetivo: No afectación en materiales arqueológicos				
Descripción de posibles impactos: Afectación de material arqueológico tal como cerámica, lítica, concha y hueso entre otros elementos de temporalidad prehispánica				
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b> MW-01 - Se continuará con los estudios prospectivos que determine el INAH  MW-02 - Se implementarán las medidas y recomendaciones del INAH para el rescate de vestigios arqueológicos.				<b>Responsable:</b> Contratista  <b>Clave del impacto:</b> PCC14 PCC17
<b>Periodicidad:</b> Durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción	<b>Equipo o material necesario:</b> Señalamientos	<b>Apoyo externo</b> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica
<b>Documentación relevante:</b> ⊕ Bitácora de ubicación de señalamiento Bitácora de trabajo durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción ⊕ Resultados de estudios prospectivos que determine el INAH				
<b>Indicador de la realización:</b> ⊕ Resultados de los estudios prospectivos que determine el INAH				
<b>Indicador de efecto:</b> ⊕ Evitar la afectación en materiales arqueológicos				
<b>Umbral de alerta:</b> ⊕ Presencia de piezas arqueológicas en el área de desarrollo del Proyecto				
<b>Umbral inadmisibles:</b> ⊕ No dar a conocer del hallazgo de piezas arqueológicas en el área de desarrollo del Proyecto				
<b>Punto de comprobación:</b> ⊕ Señalamientos ⊕ Revisar áreas de trabajo durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción durante el desarrollo del Proyecto				
<b>Medidas de urgente aplicación:</b> ⊕ Implementación de medidas y recomendaciones del INAH				
<b>Observaciones:</b> ⊕ No aplica				
Calendario de Comprobación				
Actividad			Frecuencia	
Bitácora de trabajo del Proyecto			Previo a las etapas de Preparación del sitio y Construcción	

VI.2.2 Etapa de Operación y Mantenimiento.

A continuación se presentan las fichas técnicas para la implementación del PMA en las etapas de Preparación del sitio y Construcción del Proyecto y en la siguiente tabla se listan los códigos y factores que son atendidos.

Tabla VI.18 Listado de estrategias específicas que se proponen implementar en el PMA – Operación y mantenimiento.

Código	Factores y Componentes Ambientales a Evaluar
CÓDIGO: 013	Aire (Niveles de ruido): control de ruido
CÓDIGO: 014	Aire (Calidad del Aire): emisión de gases
CÓDIGO: 015	Suelo (Calidad del suelo): contaminación, generación y manejo de residuos, cambio en las características fisicoquímicas
CÓDIGO: 016	Hidrología Superficial (Calidad del agua): cambio de las características fisicoquímicas
CÓDIGO: 017	Fauna (Abundancia y diversidad de comunidades): disminución en la abundancia de organismos y distribución de comunidades
CÓDIGO: 018	Población y trabajadores (Seguridad

Tabla VI.19 Aire (Niveles de ruido), Operación y mantenimiento.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio2014	CÓDIGO: 013	
<b>ETAPA:</b> Operación y mantenimiento		<b>COMPONENTE:</b> Aire (Niveles de ruido): control de ruido	
<b>Fuente:</b> Operaciones del Aeródromo, durante el despegue y aterrizaje de las aeronaves con origen-destino en el NAICM			
<b>Objetivo:</b> Mantener las emisiones de ruido por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP's) establecidos en la normatividad aplicable vigente			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Afectación a los trabajadores, pasajeros y pobladores locales por la generación de ruido			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b> MA-13 - La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados. MA-14 - En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con la emisión de ruido de vehículos automotores y serán evaluados conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994. MA-17 - Se dará cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT3-2000, que establece dentro de la República Mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas, propulsadas por hélice, supersónicas y helicópteros, su método de medición, así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites. MA-18 - Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal MA-19 - Se realizará un monitoreo perimetral de ruido, y se dará cumplimiento a los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-081- SEMARNAT-1994. Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición [De 6:00 a 22:00 68 dB(A) y de 22:00 a 6:00 65 dB(A)]. MA-20 - Se colocarán bardas perimetrales del Aeródromo, lo cual permitirá la disminución de ruido. MA-22 - Se llevará a cabo la restricción de aeronaves NNC (No Certificadas por Ruido) MA-23 - Se llevará a cabo el uso de procedimientos operacionales NAP (Procedimientos de Abatimiento de Ruido), STAR (Ruta Estándar de Llegada al terminal), SID (Salida Estándar por Instrumentos). MA-24 - Se elaborará de un Programa de conservación de la audición para trabajadores y funcionarios aeroportuarios			<b>Responsable:</b> Contratista  <b>Clave del impacto:</b> OPC11
<b>Periodicidad:</b> De acuerdo a los tiempos establecidos en el Programa de mantenimiento preventivo	<b>Equipo o material necesario:</b> Equipo de seguridad personal para los trabajadores Sonómetro para monitoreo	<b>Apoyo externo</b> Sí <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
			<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica
<b>Documentación relevante:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Bitácora de mantenimiento electromecánico periódico a vehículos y aeronaves</li> <li>⊕ Bitácora del uso del equipo de seguridad personal</li> </ul>			
<b>Indicador de la realización:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Despegue y aterrizaje de las aeronaves</li> <li>⊕ Presencia y movimiento continuo de vehículos dentro del área del Proyecto</li> </ul>			
<b>Indicador de efecto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Reducción de los niveles de ruido</li> <li>⊕ Cumplimiento con los límites máximo permisibles establecidos de emisión de ruido de la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT3-2000</li> <li>⊕ Cumplimiento con los límites máximo permisibles establecidos de emisión de ruido de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994</li> <li>⊕ Cumplimiento con los límites máximo permisibles establecidos para emisiones de ruido de la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994</li> </ul>			
<b>Umbral de alerta:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Vehículos y aeronaves que rebasen el nivel establecido por las Normas Oficiales Mexicanas Mexicana NOM-036-SCT3-2000, NOM-081-SEMARNAT-1994 y NOM-080-SEMARNAT-1994</li> </ul>			
<b>Umbral inadmisibile:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Alteración de la salud de los trabajadores, pasajeros y pobladores locales</li> </ul>			
<b>Punto de comprobación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Registro de mantenimiento preventivo a vehículos y aeronaves</li> <li>⊕ Bitácora del uso del equipo de seguridad personal</li> <li>⊕ Cumplimiento de los límites máximo permisibles establecidos para emisiones de ruido de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-</li> </ul>			

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL		
NAICM	FECHA: Julio2014	CÓDIGO: 013
036-SCT3-2000, NOM-081-SEMARNAT-1994 y NOM-080-SEMARNAT-1994		
<b>Medidas de urgente aplicación:</b>		
⊕ Cuando por cualquier circunstancia los vehículos y aeronaves rebasen los límites establecidos se llevaran al taller para su reparación		
⊕ En caso de que el personal presente molestias auditivas, se les brindará atención médica inmediata		
<b>Observaciones:</b>		
Ninguna		
Calendario de Comprobación		
Actividad	Frecuencia	
Revisión de programa de mantenimiento	Semestralmente	
Revisión de reportes de mantenimiento preventivo	Mensual	

Tabla VI.20 Aire (Calidad del aire), Operación y mantenimiento.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 014	
<b>ETAPA:</b> Operación y mantenimiento		<b>COMPONENTE:</b> Aire (Calidad del aire): emisión de gases	
<b>Fuente:</b> Emisiones a la atmósfera generadas por los vehículos de servicio y la combustión del escape de los aviones durante el aterrizaje y despegue de las aeronaves, así como por la operación de las plantas de emergencia y de generación con gas			
<b>Objetivo:</b> Control de las emisiones de gases de combustión y emisiones a la atmósfera			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Contaminación del aire por la emisión de gases de combustión y operación de las plantas de emergencia y de generación con gas			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b> MA-07 -La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados. MA-08 - En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006, con excepción de la maquinaria y equipo utilizado para construcción. MA-10 - Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal. MA-11 - Se contará con un Programa de mantenimiento preventivo a aeronaves y vehículos manteniendo los registros actualizados.			<b>Responsable:</b> Contratista  <b>Clave del impacto:</b> OPC08 OPC09 OPC10 OPC21 OPC22
<b>Periodicidad:</b> De acuerdo a los tiempos establecidos en el Programa de mantenimiento preventivo.	<b>Equipo o material necesario:</b> No aplica	<b>Apoyo externo</b> SÍ <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica
<b>Documentación relevante:</b> ⊕ Comprobantes de la verificación vehicular, cuando aplique ⊕ Bitácoras del Programa de mantenimiento preventivo			
<b>Indicador de la realización:</b> ⊕ Presencia de vehículos y aeronaves en el área del Proyecto			
<b>Indicador de efecto:</b> ⊕ Reducción de emisiones contaminantes			
<b>Umbral de alerta:</b> ⊕ Humos visibles en el escape de los vehículos y aviones			
<b>Umbral inadmisibles:</b> ⊕ Falta de visibilidad en la zona de trabajo causada por los gases contaminantes ⊕ Que los vehículos se encuentren funcionando sin ser necesario			
<b>Punto de comprobación:</b> ⊕ Reporte de mantenimiento periódico de los vehículos y aeronaves ⊕ Registro de operación de las plantas de emergencia y de generación con gas ⊕ Cumplimiento con el Programa de Verificación Vehicular, así como las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b> ⊕ Cuando por cualquier circunstancia los vehículos y aeronaves rebasen los límites establecidos se llevarán al taller para su reparación			
<b>Observaciones:</b> Ninguna			
Calendario de Comprobación			
Actividad	Frecuencia		
Revisión de reportes de mantenimiento preventivo	Mensual		



Tabla VI.21 Suelo (Calidad del suelo), Operación y mantenimiento.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: O15	
<b>ETAPA:</b> Operación y mantenimiento		<b>COMPONENTE:</b> Suelo (Calidad del suelo): contaminación, generación de residuos, cambio en las características fisicoquímicas	
<b>Fuente:</b> Actividades de mantenimiento y limpieza, residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos y derrames accidentales			
<b>Objetivo:</b> manejo adecuado de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos de acuerdo a la normatividad aplicable y evitar derrames			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Contaminación del suelo por el manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos generando cambio en las características fisicoquímicas del suelo por derrames			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b>			<b>Responsable:</b>
MS-02	- Se elaborara e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial</li> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos</li> </ul>		Contratista
MS-04	- Se monitoreará la detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje.		
			<b>Clave de Impactos</b>
			OPC01 OPC02 OPC03 OPC04 OPC05 OPC06 OPC14 OPC17 OPC20 OPC23 OPC26
<b>Periodicidad:</b>	<b>Equipo o material necesario:</b>	<b>Apoyo externo</b>	
Recolección diaria de residuos separados.	No aplica	SÍ <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica			
<b>Documentación relevante:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Bitácora de generación diaria de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Memoria fotográfica del manejo de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Contrato con empresas autorizadas para almacenamiento, transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos</li> </ul>			
<b>Indicador de la realización:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Generación de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos durante las actividades de mantenimiento y limpieza de vehículos, aeronaves, zona de operaciones, Aeródromo, servicios en tierra, servicio de comida en vuelos, derrames de abastecimiento de combustible de aeronaves</li> </ul>			
<b>Indicador de Seguimiento de Calidad Ambiental:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Cambio en las características fisicoquímicas del suelo</li> <li>⊕ Cumplimiento con el Plan de Manejo Integral de Residuos</li> <li>⊕ Recolección y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Reducción en la posibilidad de contaminación del suelo en el sitio del Proyecto por derrames</li> </ul>			
<b>Umbral de alerta:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Malos olores</li> <li>⊕ Derrames</li> </ul>			
<b>Umbral inadmisibles:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Incumplimiento del Plan de Manejo Integral de Residuos</li> </ul>			
<b>Punto de comprobación:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Sitio de almacén temporal de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Sitios de almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ Bitácora de Generación de Residuos</li> </ul>			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Mantener áreas de trabajo libres de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos</li> <li>⊕ En caso de que exista un derrame o fuga, se procederá conforme a lo previsto en la LGPGIR. En caso de liberaciones menores a 1m<sup>3</sup>,</li> </ul>			

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: O15
se procederá a recoger el material derramado con pala, se colocará en tambos, se tatará e identificará, y se llevará al almacén temporal de residuos peligrosos ⊕ Evitar posibles derrames		
<b>Observaciones:</b> ⊕ Establecer los sitios autorizados de disposición final de residuos ⊕ Contratación de empresas especializadas y autorizadas para el manejo de residuos		
Calendario de Comprobación		
Actividad	Frecuencia	
Capacitación del Plan de Manejo Integral de Residuos	Antes de iniciar la Operación y mantenimiento del Proyecto y cada vez que ingrese un trabajador nuevo.	
Verificar que los residuos se encuentren dentro de los recipientes adecuados	Diario	
Revisión del estado, identificación y ubicación de los recipientes de los residuos	Diario	
Revisión de la bitácora de generación de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos	Semanal	

Tabla VI.22 Hidrología Superficial (Calidad del agua), Operación y Mantenimiento.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 016	
<b>ETAPA:</b> Operación y mantenimiento		<b>COMPONENTE:</b> Hidrología Superficial (Calidad del agua): cambio de las características fisicoquímicas	
<b>Fuente:</b> Generación y manejo de residuos, derrames accidentales, generación de aguas azules			
<b>Objetivo:</b> Evitar la contaminación de las aguas superficiales			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Modificación en las características fisicoquímicas del agua por mal manejo de residuos y derrames accidentales			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b>			<b>Responsable:</b>
MH-02 - Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos MH-04 - Se llevará a cabo el monitoreo de detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje. MH-05 - Se desviará y tratarán las aguas pluviales de alcantarilla en las zonas expuestas con mayor frecuencia al riego e fugas y vertidos de agentes químicos y carburantes mediante el uso de separadores aceite/agua o fosas API. MH-06 - Se implementará el programa de operación y mantenimiento de la PTAR MH-07 - Se llevará a cabo el adecuado manejo y tratamiento especial de las aguas azules provenientes de las aeronaves. MH-08 - Se recolectará y usará un porcentaje del agua de lluvia MH-09 - Se utilizará energía solar para el calentamiento de agua			Contratista  <b>Clave de Impactos</b>  OPC07 OPC19 OPC25
<b>Periodicidad:</b>	<b>Equipo o material necesario:</b>	<b>Apoyo externo</b>	
Recolección diaria de residuos separados y tratamiento de aguas residuales.	No aplica	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica.			
<b>Documentación relevante:</b>			
⊕ Bitácora de generación diaria de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos ⊕ Memoria fotográfica del manejo de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos ⊕ Contrato con empresas autorizadas para almacenamiento, transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos ⊕ Bitácora de operación y mantenimiento de la PTAR			
<b>Indicador de la realización:</b>			
⊕ Generación de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos ⊕ Generación de las aguas sanitarias ⊕ Generación de las aguas azules en las aeronaves			
<b>Indicador de efecto:</b>			
⊕ Cambio en las características fisicoquímicas del suelo ⊕ Recolección y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos ⊕ Reducción en la posibilidad de contaminación del suelo en el sitio del Proyecto por derrames ⊕ Manejo y tratamiento adecuado de las aguas residuales			
<b>Umbral de alerta:</b>			
⊕ Malos olores en el área ⊕ Derrames			
<b>Umbral inadmisibles:</b>			
⊕ Incumplimiento del Plan de Manejo Integral de Residuos ⊕ Manejo y tratamiento inadecuado de las aguas azules provenientes de las aeronaves			
<b>Punto de comprobación:</b>			
⊕ Sitio de almacén temporal de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos ⊕ Bitácora de Generación de Residuos ⊕ Bitácora de operación y mantenimiento de la PTAR			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b>			
⊕ En caso de que exista un derrame o fuga, se procederá conforme a lo previsto en la LGPGIR. En caso de liberaciones menores a 1m <sup>3</sup> , se procederá a recoger el material derramado con pala, se colocará en tambos, se tatará e identificará, y se llevará al almacén temporal de residuos peligrosos ⊕ Evitar posibles derrames			
<b>Observaciones:</b>			
⊕ Establecer los sitios autorizados de disposición final de residuos			

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
NAICM	FECHA: Julio 2014	CÓDIGO: 016
⊕ Contratación de empresas especializadas y autorizadas para el manejo de residuos		
Calendario de Comprobación		
Actividad	Frecuencia	
Capacitación manejo de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos	Antes de iniciar la Operación y mantenimiento del Proyecto. Cada vez que ingrese un trabajador nuevo.	
Verificar que los residuos se encuentren dentro de los recipientes adecuados	Diario	
Revisión del estado, identificación y ubicación de los recipientes de los residuos	Diario	
Revisión de la bitácora de generación de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos	Semanal	
Revisión de la bitácora de operación y mantenimiento de la PTAR	Semanal	

Tabla VI.23 Fauna (Abundancia y diversidad de comunidades), Operación y mantenimiento.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM	FECHA: Julio 2014		CÓDIGO: 017
<b>ETAPA:</b> Operación y mantenimiento		<b>COMPONENTE:</b> Fauna (Abundancia y diversidad de comunidades): disminución en la abundancia de organismos y distribución de comunidades	
<b>Fuente:</b> Operación del Aeródromo			
<b>Objetivo:</b> Mitigación y control de aves, roedores y fauna nociva en el área operacional del NAICM			
<b>Descripción de posibles impactos:</b> Disminución de fauna silvestre			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b> MU-03 - Se implementará del Plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto (Plan de Manejo para el Control de la Fauna <i>Wildlife Management Plan</i> ). Art. 46 de la Ley de Aeropuertos y su reglamento, así como la normatividad de aeronáutica internacional (Us Federal Aviation Administration).			<b>Responsable:</b> Contratista
			<b>Clave del impacto:</b> OPC12
<b>Periodicidad:</b> Diario	<b>Equipo o material necesario:</b> Equipo señalado en el plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto	<b>Apoyo externo</b>	
		SÍ <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<b>Otros aspectos técnicos:</b> No aplica			
<b>Documentación relevante:</b> ⊕ Plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto			
<b>Indicador de la realización:</b> ⊕ Fauna silvestre en el NAICM			
<b>Indicador de efecto:</b> ⊕ Cumplimiento con los objetivos del Plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto			
<b>Umbral de alerta:</b> ⊕ Daño o afectación a alguna especie de fauna en el sitio			
<b>Umbral inadmisibile:</b> ⊕ Caza, captura o comercialización de especies en el sitio			
<b>Punto de comprobación:</b> ⊕ Reporte de avistamiento de fauna ⊕ Reporte operativo del Plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b> ⊕ La persona que sea sorprendida cazando, capturando o comercializando especies, será consignada a las autoridades			
<b>Observaciones:</b> ⊕ Debido a la ubicación del Proyecto será necesario mantener personal capacitado por si se llega a observar fauna silvestre			
Calendario de Comprobación			
Actividad	Frecuencia		
Capacitación del Plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto	Antes de iniciar la Operación y mantenimiento del Proyecto y cada vez que ingrese un trabajador nuevo.		
Recorridos en el sitio	Continuamente durante las actividades de Operación del NAICM		
Revisión de registros	Semanalmente		

Tabla VI.24 Población y trabajadores (Seguridad), Operación y mantenimiento.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL			
NAICM		FECHA Julio 2014	
		CODIGO:018	
ETAPA: Operación y mantenimiento.		COMPONENTE: Población y trabajadores (Seguridad)	
Fuente: Prevención, control y atención a accidentes			
Objetivo: Seguimiento al Estudio de Riesgo Ambiental			
Descripción de posibles impactos: Daños al personal, instalación y población circundante al área del Proyecto			
<b>Medidas de Mitigación / Acciones de Cumplimiento:</b> MT-01 -Se elaborará e implementará el Plan de Prevención de Accidentes (PPA), con base a la guía establecida por la autoridad ambiental correspondiente. MT-02 - Se elaborará e implementará un Programa de seguridad. MT-03 - Se llevará a cabo la capacitación y pláticas de seguridad al personal MT-04 - Dentro de las instalaciones del Proyecto se instalará equipo de protección personal de emergencia y equipo e instalaciones contra fugas, derrames y de contención.			Responsable: Contratista  Clave de impacto: OPC15 OPC16 OPC18
Periodicidad: Continuo	Equipo necesario: No Aplica	Apoyo externo: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
Otros aspectos técnicos: No Aplica			
<b>Documentación relevante:</b> ⊕ Reporte de las Auditorias de Seguridad aplicadas ⊕ Registro de Accidentes e Incidentes ⊕ Bitácora de Mantenimiento			
<b>Indicador de realización:</b> ⊕ Previo al inicio de operaciones del Proyecto ⊕ Estudio de Riesgo Ambiental			
<b>Indicador de efecto:</b> ⊕ Evitar que durante la puesta en marcha y operación del Proyecto ocurran accidentes o incidentes			
<b>Umbral de alerta:</b> ⊕ Incidentes al inicio de operaciones ⊕ Falta de seguimiento al Estudio de Riesgo Ambiental			
<b>Umbral inadmisibles:</b> ⊕ Accidentes al inicio, durante la operación del Proyecto ⊕ No ejecutar el Estudio de Riesgo			
<b>Punto de comprobación:</b> ⊕ Verificación de Seguridad ⊕ Auditoria de Seguridad ⊕ Reportes de accidentes ⊕ Plan Prevención de Accidentes			
<b>Medidas de urgente aplicación:</b> ⊕ Plan de contingencia			
<b>Observaciones:</b> Ninguna			
Calendario de Comprobación			
Actividad		Frecuencia	
Capacitación permanente del personal.		Antes de iniciar la Preparación del sitio. Cada vez que ingrese un trabajador nuevo.	
Presentar evidencias del cumplimiento del Estudio de Riesgo Ambiental		Mensual	

### VI.3 Información necesaria para la fijación de montos para instrumento de garantías

En caso de que la Secretaría así lo determine, Aeropuertos y Servicios Auxiliares presentará una propuesta de adquisición y/o contratación de **seguro o fianza** para garantizar el debido cumplimiento de las condicionantes establecidas en la autorización de impacto ambiental, incluyendo las medidas de mitigación enunciadas en este documento, lo cual podría hacerse a través de la contratación de seguros o fianzas.

Objetivo de la garantía:

Asegurar que si llegara a existir incumplimiento de las condicionantes establecidas en la autorización de impacto ambiental (incluyendo las medidas de mitigación ambiental aquí propuestas) los daños sean compensados/reparados por el promovente del Proyecto.

Monto:

De conformidad con el Art. 52 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), es la propia Secretaría quien fija el monto de las garantías, como a continuación se indica:

***“Artículo 52.- La Secretaría fijará el monto de los seguros y garantías atendiendo al valor de la reparación de los daños que pudieran ocasionarse por el incumplimiento de las condicionantes impuestas en las autorizaciones.”***

De acuerdo con el Estudio Técnico – Económico de Garantías presentado en las siguiente tablas, se requiere aproximadamente \$48,450,000 pesos para las etapas de Preparación del sitio y Construcción y un monto anual de \$257,150,000 pesos para la etapa de Operación y mantenimiento para el cumplimiento de todas las Condicionantes y medidas de mitigación. .

Requerimientos:

A continuación se presenta el Estudio Técnico Económico de los programas descritos en esta MIA-R, especificando el costo económico aproximado que tendrán los programas ambientales del PMA en las etapas de Preparación del sitio y Construcción, y por otra parte, el costo económico anual aproximado para la etapa de Operación y mantenimiento. No se consideran los pagos por revisión y gestión de permisos (cambios de proyecto, solicitud de prórroga, avisos de desistir actividades, etc.) y otros gastos imprevistos por contingencias o imprevistos. El costo estimado es de \$48,450,000 pesos para las etapas de Preparación del sitio y Construcción y para la etapa de Operación y mantenimiento se estima un monto anual de \$257,150,000.pesos.

Tabla VI.25 Estudio Técnico-Económico de Garantías – Etapas de Preparación del sitio y Construcción.

Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave	Costo Estimado Preliminar	Observaciones
Aire	Partículas suspendidas	Se realizarán riegos con agua tratada durante las actividades de desmonte y despalle para evitar la generación de polvos.	MA-01	1,200,000	Incluye pipas de agua tratada, chofer, mano de obra
		Los vehículos se conducirán a velocidades mínimas por las vías de acceso para reducir la dispersión de material particulado.	MA-02	--	El costo se incluye en la Medida MA-07
		Se realizarán actividades de riego con agua tratada en áreas de vialidades de terracería para evitar la generación de material particulado.	MA-03	--	El costo se incluye en la Medida MA-01
		Se contará con un sistema de captación de partículas para las plantas de asfalto y de concreto.	MA-04	--	Costo considerado en los costos de la obra
		Se reutilizarán los polvos del sistema de captación de partículas para las plantas de asfalto y de concreto.	MA-05	--	Costo considerado en los costos de la obra
		Se utilizarán piletas de sedimentación para separación de sólidos provenientes del sistema de captación de partículas durante la operación de las plantas de asfalto y de concreto.	MA-06	--	Costo considerado en los costos de la obra
	Calidad del aire	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-07	150,000	Incluye el Desarrollo del Programa de Mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria y mantenimiento de registros. (No su ejecución)
		En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006, con excepción de la maquinaria y equipo utilizado para construcción.	MA-08	--	El costo se incluye en la Medida MA-07
		Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo se quede funcionando mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible.	MA-09	--	El costo se incluye en la Medida MA-07
		Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal.	MA-10	2,500,000	Incluye 100 cursos de capacitación.
		Se llevará a cabo mantenimiento preventivo a las plantas de asfalto y concreto durante la etapa de Construcción del Proyecto.	MA-12	--	Costo considerado en los costos de la obra
		Niveles de ruido	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-13	--
	En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con la emisión de ruido de vehículos automotores y serán evaluados conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994.		MA-14	--	El costo se incluye en la Medida MA-07
	Los equipos de mayor emisión de ruido serán utilizados en horarios de actividad normal en las zonas pobladas cercanas		MA-15	--	No implica un costo directo aunque se tendrá que considerar que la Supervisión Ambiental



Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave	Costo Estimado Preliminar	Observaciones
		a las áreas del Proyecto.			realizará monitoreos constantes para asegurar esta medida
		Los vehículos, maquinaria y equipo de obra utilizarán silenciadores de acuerdo a la capacidad del equipo.	MA-16	--	El costo se incluye en la Medida MA-07
		Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal	MA-18	--	El costo se incluye en la Medida MA-10
		Se tendrá mantenimiento constante durante la operación de las plantas de asfalto y de concreto durante la etapa de Construcción del Proyecto.	MA-21	--	Costo considerado en los costos de la obra
Población y trabajadores	Flujo vehicular	Durante la etapa de Preparación de sitio y Construcción se colocarán en las vías de acceso al Proyecto señalamientos y colocación de bandereros.	MV-01	3,660,000	Incluye 10 bandereros por 48 meses y señalizaciones.
Geología y Geomorfología	Relieve y Microrelieve	Se limitarán las nivelaciones y compactaciones únicamente a las zonas definidas en el Proyecto.	MG-01	--	Se incluye en la MS-01
		El material generado por los trabajos de excavación y cortes se trasladará a sitios de tiro autorizado, para su disposición final.	MG-02	--	El costo se incluye en la Medida MS-02
Suelo	Estructura del suelo	Se delimitará el área del desmonte y despalme previo al inicio de actividades, con el objetivo de solo afectar los sitios destinados a la construcción y operación	MS-01	650,000	Incluye mano de obra, polines, marcadores para delimitar con cuerdas (no es barda perimetral)
	Calidad del suelo	Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	MS-02	300,000	Incluye Desarrollo del Plan de Manejo Integral de Residuos (no su ejecución)
		Para la etapa de Construcción se usarán fosas de concreto y de asfalto.	MS-03	3,500,000	Preparación y operación de hasta 35 fosas de concreto y asfalto. Ver también H8 (Plan de Manejo Integral de Residuos)
	Erosión	Se realizaran constantes riegos con agua tratada durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción, en el área del Proyecto.	MS-05	--	El costo se incluye en la Medida MA-01
Hidrología superficial	Hidrodinámica	Se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia	MH-01	--	No es costo directo para el Proyecto. No obstante, el Proyecto de CONAGUA de saneamiento de los Ríos de Oriente tiene una inversión inicial de \$12,039 millones de pesos
	Calidad del agua	Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la	MH-02	--	El costo se incluye en la Medida MS-02

Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave	Costo Estimado Preliminar	Observaciones
		recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos			
		Utilización de letrinas portátiles. Una por cada 20 trabajadores, durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción.	MH-03	14,400,000	Incluye la renta de 2,400 letrinas por 48 meses. El promedio de trabajadores durante la preparación del sitio y construcción es de 48,000.
Vegetación	Estructura y composición de las comunidades vegetales	Se implementará y ejecutará el Programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación (ver Anexo VIII.4.16), de igual forma se implementará y ejecutará el Programa de compensación ambiental (ver Anexo VIII.4.17).	MF-01	400,000	Incluye Desarrollo del Programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación y el Programa de compensación ambiental (no su ejecución)
Fauna	Abundancia y distribución de comunidades	Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.18), que incluye pero no se limita a: ⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará nidos y madrigueras ⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías ⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada ⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 ⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes	MU-01	350,000	Incluye el Desarrollo del Programa de Rescate de Fauna Silvestre (no su ejecución)
		Se continuará con el monitoreo de las poblaciones de aves en los cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia del Proyecto así como en aquellos que creará la CONAGUA al sur del sitio del Proyecto.	MU-02	13,210,000	
	Especies con estatus de conservación	Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.4.18), que incluye pero no se limita a: ⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará nidos y madrigueras ⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías ⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada	MU-04	--	El costo se incluye en la Medida MU-01

Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave	Costo Estimado Preliminar	Observaciones
		<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010</li> <li>⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes</li> </ul>			
	Hábitat	Se evitara el Programa de rescate de fauna silvestre (ver Anexo VIII.4.18), que incluye pero no se limita a: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará nidos y madrigueras</li> <li>⊕ En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías</li> <li>⊕ No se anticipa el marcaje de la fauna rescatada</li> <li>⊕ Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010</li> <li>⊕ Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes</li> </ul>	MU-05	--	El costo se incluye en la Medida MU-01
		Evitar la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique	MU-06	--	El costo se incluye en la Medida MU-01
		Eliminar los hábitats atractivos para las aves que queden al menos a 3.2 Km de distancia de las pistas del NAICM y aprovechar los nuevos hábitats ubicados al sur del NAICM que se crearán con la nueva administración que llevará a cabo la CONAGUA	MU-07	--	El costo se incluye en la Medida MU-01
		Se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia	MU-08	--	No es costo directo para el Proyecto. No obstante, el Proyecto de CONAGUA de saneamiento de los Ríos de Oriente tiene una inversión inicial de \$12,039 millones de pesos
Paisaje	Calidad escénica	Se evitará la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique	MP-01	--	El costo se incluye en la Medida MU-01
		Se implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos</li> </ul>	MP-02	--	El costo se incluye en la Medida MS-02

Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave	Costo Estimado Preliminar	Observaciones
		y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos			
Arqueología	Patrimonio arqueológico	Se continuará con los estudios prospectivos arqueológicos que determine el INAH	MW-01	8,130,000	El costo considera las dos primeras etapas de los estudios prospectivos arqueológicos así como la tercera etapa. En caso de que el INAH requiera una mayor cantidad de estudios se estimara el consto de estos.
		Se implementarán las medidas y recomendaciones del INAH para el rescate de vestigios arqueológicos.	MW-02	--	El costo se estimará una vez que se reciban las medidas y recomendaciones del INAH.
<b>Total de la etapa de Preparación del sitio y Construcción</b>				<b>48,450,000</b>	

Tabla VI.26 Estudio Técnico-Económico de Garantías – Etapas de Operación y mantenimiento.

Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave	Costo Estimado Preliminar	Observaciones	
Aire	Calidad del aire	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-07	750,000	Desarrollo de Programa de Mantenimiento Preventivo de Equipos con Fuentes Fijas de Emisión. (No incluye ejecución)	
		En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006, con excepción de la maquinaria y equipo utilizado para construcción.	MA-08	--	No implica costo directo al Proyecto. Cada operador deberá remitir y evidencia de cumplimiento a la administración del aeropuerto.	
		Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal.	MA-10	12,900,000	Incluye la impartición de un curso mensual para personal de nuevo ingreso entre 2019 y 2063	
		Se contará con un Programa de mantenimiento preventivo a aeronaves y vehículos manteniendo los registros actualizados.	MA-11	--	No implica costo directo al Proyecto. Cada operador deberá remitir su Programa (y evidencia de cumplimiento) a la administración del aeropuerto.	
	Niveles de ruido		La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.	MA-13	--	No implica costo directo al Proyecto. Cada operador deberá remitir su Programa (y evidencia de cumplimiento) a la administración del aeropuerto.
			En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con la emisión de ruido de vehículos automotores y serán evaluados conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994.	MA-14	--	No implica costo directo al Proyecto. Cada operador deberá remitir su Programa (y evidencia de cumplimiento) a la administración del aeropuerto.
			Se dará cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT3-2000, que establece dentro de la República Mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas, propulsadas por hélice, supersónicas y helicópteros, su método de medición, así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites.	MA-17	--	No es costo directo al Proyecto. Cada operador deberá asegurarse de cumplir con esta NOM.
			Se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal	MA-18	--	El costo se incluye en la Medida MA-10
			Se realizará un monitoreo perimetral de ruido, y se dará cumplimiento a los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-081- SEMARNAT-1994. Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición [De 6:00 a 22:00 68 dB(A) y de 22:00 a 6:00 65 dB(A)].	MA-19	36,120,000	Incluye un estudio de monitoreo mensual por un laboratorio acreditado por la EMA entre 2019 y 2062.
			Se colocarán bardas perimetrales del Aeródromo, lo cual permitirá la disminución de ruido.	MA-20	120,000,000	Incluye la construcción de barda o muro perimetral a lo largo de un perímetro de 30,000 m con un volumen de construcción estimado de 60,000 m <sup>3</sup>

Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave	Costo Estimado Preliminar	Observaciones
		Se llevará a cabo la restricción de aeronaves NNC (No Certificadas por Ruido)	MA-22	--	No implica un costo directo aunque se tendrá que considerar que la Suspensión Ambiental realizará monitoreos constantes para asegurar esta medida
		Se llevará a cabo el uso de procedimientos operacionales NAP (Procedimientos de Abatimiento de Ruido), STAR (Ruta Estándar de Llegada al terminal), SID (Salida Estándar por Instrumentos).	MA-23		No implica un costo directo aunque se tendrá que considerar que la Suspensión Ambiental realizará monitoreos constantes para asegurar esta medida
		Se elaborará de un Programa de conservación de la audición para trabajadores y funcionarios aeroportuarios	MA-25	750,000	
Suelo	Calidad del suelo	Se elaborara e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	MS-02	750,000	Desarrollo de un Plan de Manejo Integral de Residuos para la operación del Proyecto. No incluye su ejecución.
		Se monitoreará la detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje.	MS-04	64,500,000	Incluye un estudio de caracterización de suelos anualmente entre 2019 y 2062
Hidrología superficial	Calidad del agua	Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas que incluirá el Plan son los siguientes: ⊕ Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial ⊕ Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	MH-02	--	El costo se incluye en la Medida MS-02
		Se llevará a cabo el monitoreo de detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje.	MH-04	--	El costo se incluye en la Medida MS-04
		Se desviarán y tratarán las aguas pluviales de alcantarilla en las zonas expuestas con mayor frecuencia al riego e fugas y vertidos de agentes químicos y carburantes mediante el uso de separadores aceite/agua o fosas API.	MH-05	--	No implica costo adicional pues esta medida se encuentra incluida dentro del Plan Maestro y el Proyecto del NAICM
		Se implementará el programa de operación y mantenimiento de la PTAR	MH-06	350,000	Incluye el desarrollo del Programa de Operación y Mantenimiento de la PTAR. No incluye la ejecución del mismo.

Componente ambiental	Factor	Medidas de mitigación	Clave	Costo Estimado Preliminar	Observaciones
		Se llevará a cabo el adecuado manejo y tratamiento especial de las aguas azules provenientes de las aeronaves.	MH-07	--	No implica costo adicional pues esta medida se encuentra incluida dentro del Plan Maestro y el Proyecto del NAICM
		Se recolectará y usará un porcentaje del agua de lluvia	MH-08	--	Costo considerado en los costos de la obra
		Se utilizará energía solar para el calentamiento de agua	MH-09	--	Costo considerado en los costos de la obra
Fauna	Abundancia y diversidad de comunidades	Implementación del Plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto (Plan de Manejo para el Control de la Fauna <i>Wildlife Management Plan</i> ). Art. 46 de la Ley de Aeropuertos y su reglamento, así como la normatividad de aeronáutica internacional (Us Federal Aviation Administration).	MU-03	600,000	Incluye el desarrollo del Plan de Servicios de Mitigación y Control de Riesgo Aviario..., de acuerdo al Art. 46 de la Ley de Aeropuertos. No incluye su ejecución diaria.
Población y Trabajadores	Seguridad	Se elaborará e implementará el Plan de Prevención de Accidentes (PPA), con base a la guía establecida por la autoridad ambiental correspondiente.	MT-01	750,000	Elaboración e impartición del PPA
		Se elaborará e implementará un Programa de seguridad.	MT-02	980,000	Elaboración e impartición del Programa de seguridad, incluye simulacros
		Se llevará a cabo la capacitación y pláticas de seguridad al personal	MT-03	12,900,000	Incluye la impartición de un curso mensual para personal de nuevo ingreso entre 2019 y 2063
		Dentro de las instalaciones del Proyecto se instalará equipo de protección personal de emergencia y equipo e instalaciones contra fugas, derrames y de contención.	MT-04	5,800,000	
<b>Total de la etapa de Operación y mantenimiento</b>				<b>257,150,000</b>	

A continuación se presenta la Propuesta de la Fianza que describe las especificaciones de la misma, en el entendido que cada año se emitirá una nueva fianza por el monto arriba indicado, durante la vida útil del Proyecto.

ANTE LA SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EMITIDA PARA GARANTIZAR POR GRUPO AEROPORTUARIO DE LA CIUDAD DE MÉXICO, S.A. DE C.V. CON R.F.C.:.....CON DOMICILIO EN ..... COL. .... DEL. .... C.P. ....; HASTA POR LA SUMA DE \$ .....

.....), EL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES ADQUIRIDAS A TRAVÉS DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y DERIVADAS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN, ESTABLECIDAS EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO "NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO", UBICADO EN LOS MUNICIPIOS DE ATENCO Y TEXCOCO DEL ESTADO DE MÉXICO; ASÍ COMO DE LOS TÉRMINOS Y CONDICIONANTES QUE REQUIEREN DE UNA CONTRATACIÓN ESPECÍFICA PARA SU DISEÑO O EJECUCIÓN, MISMOS QUE SE ENCUENTRAN ENUNCIADOS EN EL OFICIO RESOLUTIVO.....DE FECHA ..... MEDIANTE EL CUAL, LA SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT) A TRAVÉS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE IMPACTO Y RIESGO AMBIENTAL DE LA SUBSECRETARIA DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL, AUTORIZÓ A GRUPO AEROPORTUARIO DE LA CIUDAD DE MÉXICO, S.A. DE C.V. EL DESARROLLO DEL PROYECTO EN COMENTO, CON FECHA ..... QUE CELEBRAN POR UNA PARTE LA SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES Y GRUPO AEROPORTUARIO DE LA CIUDAD DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

LA FIANZA ESTARÁ VIGENTE DEL DÍA \*\*\*\*\* Y HASTA EL DÍA ..... DEBIENDO RENOVARSE A PETICIÓN DEL FIADO, EN FORMA ANUAL A SU VENCIMIENTO MEDIANTE EL ENDOSO CORRESPONDIENTE. SI A LOS INTERESES DE LA AFIANZADORA CONVIENE, EN CASO CONTRARIO, LA PRESENTE FIANZA SE CANCELARÁ AUTOMÁTICAMENTE EL DÍA ..... LA NO RENOVACIÓN DE LA FIANZA, NO SERÁ CAUSAL DE INCUMPLIMIENTO Y EFECTIVIDAD DE ESTA PÓLIZA DE FIANZA.

ESTA INSTITUCIÓN AFIANZADORA ACERTA SOMETERSE AL PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN ESTABLECIDO EN LOS ARTÍCULOS 93, 93 BIS Y 94 DE LA LEY FEDERAL DE INSTITUCIONES DE FIANZAS EN VIGOR Y RENUNCIA EXPRESAMENTE A LOS BENEFICIOS DE ORDEN Y EXCUSIÓN. PARA TODO LO RELATIVO AL CUMPLIMIENTO, INTERPRETACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA FIANZA, LAS PARTES SE SOMETEN EXPRESAMENTE A LA APLICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN DE LA MATERIA, ASÍ COMO A LA JURISDICCIÓN Y COMPETENCIA DE LOS TRIBUNALES FEDERALES DE LA CIUDAD DE MÉXICO, DISTRITO FEDERAL, RENUNCIANDO EN CONSECUENCIA A CUALESQUIERA OTRO FUERO A QUE PUDIERAN TENER DERECHO, POR RAZONES DE DOMICILIO U OTRAS CAUSAS.





## CAPÍTULO VII

### PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

## INDICE

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	VII-1
VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto, con proyecto y considerando las medidas de mitigación .....	VII-1
VII.2 Pronóstico Ambiental .....	VII-19
VII.3 Evaluación de Alternativas .....	VII-19

## ÍNDICE DE TABLAS

**No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.**

## ÍNDICE DE TABLAS

Figura VII.1 Escenario Actual del SAR y Poligonal del Proyecto .....	VII-8
Figura VII.2 Escenario con Proyecto del SAR y Poligonal del Proyecto .....	VII-13
Figura VII.3 Escenario del SAR y Poligonal del Proyecto con la aplicación de Medidas de Mitigación .....	VII-18

## VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este Capítulo se realiza un análisis integral para visualizar los posibles escenarios futuros de la región donde se pretende desarrollar el Proyecto, considerando en primer término el escenario ambiental sin proyecto, seguido un escenario con proyecto sin medidas de mitigación y finalmente, se incluirá el escenario del proyecto con las medidas de mitigación presentadas en el Capítulo VI de esta MIA-R.

Un ecosistema es un sistema biológico formado por dos elementos indisolubles, el biotopo (conjunto de componentes abióticos por ejemplo clima, geología, geomorfología, hidrología superficial y subterránea, edafología, corrientes, batimetría, etc.) y la biocenosis (conjunto de componentes bióticos: vegetación y fauna) que interactúan entre sí, constituyendo una unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente terrestre existente en un espacio y tiempo determinados.

Las funciones de un ecosistema se refieren al flujo de energía y al ciclo de materiales que circulan a través de los componentes estructurales del ecosistema (biotopo y biocenosis) y poseen una interdependencia natural. Su integridad funcional depende de la conservación de las complejas y dinámicas relaciones entre sus componentes. La capacidad de carga de un ecosistema es el límite o nivel umbral que tiene para soportar el desarrollo de una o varias actividades (uso del espacio o aprovechamiento de recursos) y garantizar la integridad funcional de un ecosistema.

A continuación se hace la descripción de los escenarios ambientales por elemento ambiental (componente ambiental) partiendo de la información vertida en los capítulos IV, V y VI de la presente MIA-R mostrando las condiciones del sitio de estudio en tres tiempos distintos: descripción y análisis del escenario sin el Proyecto, descripción y análisis del escenario con proyecto y descripción y análisis del escenario con proyecto y medidas de mitigación.

### VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto, con proyecto y considerando las medidas de mitigación

Para el desarrollo del inciso se procederá a la descripción de las condiciones actuales del Sistema Ambiental Regional, el área del Proyecto una vez implantado éste y del área del Proyecto con medidas de mitigación; la descripción se realizará siguiendo los factores ambientales evaluados en el Capítulo IV y se integran los impactos del Proyecto y sus Medidas. Esto con la finalidad de darle continuidad discursiva y metodología a la MIA-R, pero sin dejar de correlacionar y sintetizar la información generada para cada uno de los escenarios previstos.

#### Escenario sin Proyecto

##### ❖ Clima y calidad del aire

Existen tres: semiáridos, templados y semifrío. El clima semiárido tiene las variantes BS1kw - semiárido, templado; BS1Kw(w)(1') -semiseco con verano fresco y es bajo el que se encuentra el predio del Proyecto. El clima templado con su variante C(w1) -templado, subhúmedo. Clima semifrío con sus variantes Cb'(w1)- semifrío, subhúmedo y Cb'(w2) -semifrío, subhúmedo. El clima está determinado por los sistemas atmosféricos tropicales y extra-tropicales, distinguiéndose dos estaciones bien definidas, el semestre de seco concentrado en invierno (de noviembre a abril) y la estación lluviosa, que se presenta de mayo a octubre.

Además de las variaciones originados por el cambio climático global (las cuales son motivo de estudio científico) la Zona Metropolitana del Valle de México y las ciudades que integran la Cuenca Atmosférica de la ZMVM, continuará su influencia sobre el clima mientras la quema de hidrocarburos fósiles sea la principal fuente de energía y se continúe la emisión de gases de efecto invernadero.

Los contaminantes presentes en la Cuenca Atmosférica de la ZMVM, generadas por las fuentes de área (fijas) son las principales generadoras, seguidas de las puntuales y finalmente las móviles: PM10 (Partículas menores a 10 micras); PM2.5 (Partículas menores a 2.5 micras) SO2 (Dióxido de azufre), CO (Monóxido de carbono), COT (Compuestos orgánicos totales), COV (Compuestos orgánicos volátiles), N2H, NH3 (Amoniaco), Óxidos de nitrógeno (NOx).

La Cuenca Atmosférica de la ZMVM, tiene sus propias fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera (de tipo fijo y móvil) además de un número no cuantificado de fuentes móviles externas; las fuentes de generación originan un amplio espectro de contaminantes que por la conformación fisiográfica y las características climáticas del Valle de México, propician su dispersión

en un área superior a la misma Cuenca hidrológica de México. Esta dispersión de contaminantes cubre o engloba completamente al SAR, el AIP y el predio del Proyecto.

Se espera que al interior de la Cuenca Atmosférica de la ZMVM se mantengan los tipos de contaminantes, con niveles menores debido a la aplicación de mejoras tecnológicas y normatividad con niveles máximos permisibles de emisión cada vez mas bajos.

#### ❖ Emisiones a la atmósfera

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México da origen a la Cuenca Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y por las características fisiográficas y climatológicas, se extiende hasta abarcar la zona metropolitana de la ciudad de Pachuca, de Toluca y Cuernavaca.

La Cuenca Atmosférica de la ZMVM, tiene sus propias fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera (de tipo fijo y móvil) además de un número no cuantificado de fuentes móviles externas; las fuentes de generación originan un amplio espectro de contaminantes que por la conformación fisiográfica y las características climáticas del Valle de México, propician su dispersión en un área superior a la misma Cuenca de México. Esta dispersión de contaminantes origina que la Cuenca Atmosférica englobe completamente al SAR, el AIP y el área del Proyecto.

A través de los datos monitoreados por la Red de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la ZMVM se cuenta una línea base de los contaminantes, concentraciones, variaciones diarias, mensuales y estacionales, previas a la presencia del Proyecto y en particular las generadas en las estaciones Los Laureles (LLA), San Agustín (SAG) y Montecillo (MON).

Las emisiones a la atmósfera continuarán su dinámica debido a la expansión continua y sostenida de la ZMVM, junto con la infraestructura urbana e industrial que la población requiere, existiendo como los principales mecanismos de abatimientos: los desarrollos tecnológicos anti-contaminantes, la planeación regional y urbana y la aplicación de la legislación ambiental junto con la disminución de los límites máximos permisibles de emisión por tipo de contaminante.

#### ❖ Ruido

Los resultados de las mediciones de ruido perimetral y al interior del polígono del Proyecto, indican que se encuentran por debajo de la límites máximos permisibles establecidos en el NOM-081-SEMARNAT-1994 y del Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicado en el DOF: 03/Dic/2013.

#### ❖ Fisiografía

La fisiografía presente en el SAR, el AIP corresponde a topofomas de llanura, lomerío, valle, meseta y sierra, las cuales son propias del Eje Neovolcánico y de la Provincia fisiográfica de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, así como una parte de las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. Por lo que corresponde al predio del Proyecto, es una llanura con un vaso lacustre salino (3,765.43 ha), con ligero lomerío (18-94 ha) y una parte del vaso es inundable (646.79 ha).

Es de esperar que éstas condiciones evolucionen y se modifiquen a futuro, en escalas de tiempo geológico y en completa independencia de la acción humana (hasta donde la ciencia actual lo indica) ya que son los procesos de inducción y surgencia de las placas continentales las que lo conforman.

#### ❖ Geología

El SAR, el AIP y el Proyecto forman parte del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), por lo tanto, su evolución geológica está ligada al origen de este. Esta región, se caracteriza por sus grandes planicies azolvadas con sedimentos volcano-sedimentarios, inter-estratificadas con derrames de lava de composición química diversa.

Las unidades geológicas del SAR y el AIP son: Ígnea extrusiva acida, Ígnea extrusiva básica, Suelo, Ígnea extrusiva acida, Ígnea extrusiva intermedia, Ígnea extrusiva básica y Volcanoclástico, en concordancia con su origen fisiográfico. Existen procesos de hundimientos diferenciado originado por el abatimiento en el nivel freático por la acción humana y es de esperarse su continuación hasta que los acuíferos tengan una tasa de recarga mayor a la de extracción.

Las características geológicas del la zona continuarán su evolución y se modificarán a futuro en dos escalas: tiempo geológico y en completa independencia de la acción humana (hasta donde la ciencia actual lo indica) ya que son los procesos de inducción y surgencia de las placas continentales las que lo conforman. A corto y mediano plazo por el abatimiento del acuífero a fin de proveer de agua a la ZMVM y los núcleo urbanos de la Cuenca de México.

❖ Pendiente y curva de nivel

La pendiente del SAR y el AIP tiene todos los rangos desde 0 a 90, sin embargo el predio del Proyecto se ubica en el rango de 0-5% y específicamente en 2%.

Las Curvas de nivel del SAR y el AIP van desde los 5,200 msnm en el volcán Iztaccíhuatl, hasta el Valle de México con una cota promedio de 2,200 msnm, por lo que respecta al predio del Proyecto se encuentra en su totalidad en la cota 2200 msnm.

Es de esperar que la pendiente y la curva de nivel pueden resultar con modificaciones puntuales aisladas, como parte de una necesidad específica derivada de la expansión urbana de la ZMVM y su infraestructura.

❖ Sismicidad, fallas y fracturas, inundación y hundimientos

El SAR y el AIP han sido afectados por sismos de diversos tipos e intensidades, desde temblores locales ( $M \leq 5.5$ ), originados dentro o cerca de la cuenca; temblores tipo Acambay ( $M \leq 7.0$ ), que se originan en el resto de la placa de Norteamérica, temblores de profundidad intermedia de falla normal, causados por rompimientos de la placa de Cocos ya subducida, pudiendo llegar hasta  $M=6.5$  debajo del Valle de México, donde se encuentra el Proyecto y temblores de subducción ( $M \leq 8.2$ ).

Existen Fallas y Fracturas (reales o inferidas) en el SAR, el AIP y sólo una Fractura inferida en el predio del Proyecto, la cual no ha tenido ninguna manifestación medible, sin embargo es factible su presencia teórica y por ello se consigna.

El SAR, el AIP y el predio del Proyecto se ubican en una cuenca endorreica (cerrada) y existe el riesgo de inundación por agua pluvial y saturación del sistema de drenaje que la canaliza fuera del Valle de México. Las obras del Drenaje Profundo son la opción tecnológica para resolver de manera permanente éste problema.

También existen diversos grados de hundimiento en el SAR, el AIP y el predio del Proyecto, cuyo origen es una extracción del agua de los acuíferos, superior a la capacidad de recarga. Esta tendencia se sostendrá conforme el aumento poblacional en la zona y las necesidades la industria y la agricultura.

Esta tendencia se ha intentado disminuir al traer agua de otras cuencas a través del Sistema Cutzamala y los sistemas implantados para la optimización de su uso y acciones complementarias de captación de agua de lluvia así como el reuso y reciclaje.

❖ Suelo

El SAR y el AIP presentan una gran diversidad de suelos (Andosol húmico, Andosol mólico, Andosol ótrico, Cambisol cálcico (calcárico), Cambisol crómico, Cambisol éutrico, Cambisol húmico, Feozem calcárico, Feozem háplico, Feozem lúvico, Fluvisol dístrico, Fluvisol éutrico, Gleysol mólico, Histosol éutrico, Litosol, Luvisol crómico, Luvisol órfico, Luvisol vértico, Planosol mólico, Regosol calcárico, Regosol dístrico, Regosol éutrico, Solonchak gleyico, Solonchak mólico, Solonchak órtico, Vertisol crómico y Vertisol pélico) producto de la formación fisiográfica, geológica y geomorfológica.

Estos tipos de suelo sustentan una gran diversidad de ecosistemas y asociaciones vegetales, que difícilmente son comparables unas con otras o bien con el tipo de suelo existente en el predio del Proyecto y el sistema de pastizales que sostiene.

Como unidades edafológicas continuarán sus transformaciones conforme la influencia de la presencia o ausencia de una cobertura vegetal; el uso de suelo a que este sujeto y los factores de erosión y degradación a que se encuentren sometidos. Un factor que ralentiza o detiene la transformación de una o varias unidades edafológicas es que sea cubierta (en su totalidad o parcialmente) por la implantación y desarrollo de un núcleo poblacional y su infraestructura, así como otro tipo de infraestructura (industrial, comercial, comunicaciones, etc.).

La unidad edafológica del predio del Proyecto es el suelo tipo Solonchak gleyico, el cual tienen alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Éstos suelos están confinados a zonas climáticas áridas y semiáridas y regiones costeras en todos los tipos climáticos del mundo. En el predio del Proyecto se caracteriza por su alto contenido de salitre y, en algunas muestras tomadas en los puntos de verificación, se registraron valores de pH de entre 10.5 y 11; adicional a lo anterior presenta una capa impermeable en donde se estanca el agua (cualquiera que sea su origen). La textura de este suelo es fina por lo que presenta problemas en la labor agrícola y en su drenaje debido a que inunda.

Este tipo de suelo no es apto para la agricultura ni la ganadería y sólo pueden establecerse algunos tipos de pastos resistentes a las sales carbonatadas, pH de 9 a 11 y bajo condiciones de inundación semipermanente. También que son suelos fácilmente erosionables por la acción eólica.

Estas características originaron que el tipo de suelo del predio del Proyecto y bajo la acción del viento, se convirtiera en la fuente del material particulado que saturó periódicamente la atmósfera del Valle de México antes de los años 70 (las denominadas tolvaneras), por lo que el gobierno federal decidió establecer la infraestructura necesaria para inducir y mantener una plantación con especies resistentes a la salinidad que disminuyera la erosión y dispersión del material particulado.

La cobertura vegetal del predio del Proyecto puede sostenerse de manera indefinida ya que se trata de la aplicación de técnicas agrícolas con infraestructura y medidas fitosanitarias cuya finalidad es evitar la erosión del suelo.

#### ❖ Erosión del suelo

En el SAR y el AIP, se presenta la erosión del suelo de tipo eólico e hídrico por las condiciones fisiográficas y meteorología de la Cuenca de México. Éste fenómeno se da en distintos grados e intensidad y se encuentra regulado por el tipo de suelo de cada zona y la cobertura vegetal con que cuenta. Es de esperar que los factores eólico e hídrico que lo originen varíen bajo la influencia del cambio climático global, sin embargo no se cuenta con suficiente información como para predecir su comportamiento a futuro.

Por otra parte, el Ex-Lago de Texcoco (desde su desecación) presentó problemas de erosión eólica que afectaron la calidad del aire en el Valle de México, ya que el material particulado era transportado por el viento hacia la ciudad de México, siendo ésta área el origen del 80% del total del material particulado hasta los años 70.

Los efectos de la erosión del suelo sobre el lecho desecado del Ex-Lago de Texcoco, fue el objeto de la implantación del Plan Texcoco en la década del año 1970 a fin de mantener libre de erosión su superficie a través de las plantaciones que se iniciaron en ese año por medio de especies vegetales resistentes a la salinidad y el uso de sistemas de riego, reposición de individuos, acciones fitosanitarias, etc., dándole las características normales de un cultivo.

Mientras se mantenga la cobertura vegetal en el predio del Proyecto, se mantendrá sin erosión su suelo.

#### ❖ Degradación del suelo

En el SAR y el AIP se encuentran tres tipos de degradación del suelo: física por compactación; pérdida de la función productiva; química por declinación de la fertilidad.

En el predio del Proyecto existe un área de 28.30 ha en donde se registra la Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, sin embargo su origen fueron obras de mantenimiento del vaso denominado Laguna Xalapando y la acumulación del material de desazolve llevado a cabo en los años 2000. En el resto de su área no cuenta con suelo que pueda degradarse ya que es del tipo Solonchak gleyico

Los tipos de degradación del suelo continuarán y es de esperarse su irradiación hacia áreas aledañas debido a su origen es la expansión de la urbanización, el cambio de uso de suelo y la sobreexplotación de la cpa fértil por el uso de técnicas agrícolas inadecuadas.

#### ❖ Hidrología superficial

En el SAR existe una longitud total de 1,474,338.94 m de arroyos intermitentes y 152,996.39 de ríos y arroyos perennes.

De las 13 regiones en que se subdivide el país para la gestión hídrica, la RHA XIII, donde se encuentra el SAR es la que tiene los mayores problemas en cuanto a recursos hídricos. Representa menos de 1% del territorio nacional, aunque concentra a 20% de la población, lo que implica que es la región más densamente poblada de todo el país, alcanzando densidades promedio de 1,144.8 hab/km<sup>2</sup>. Los ríos y cuerpos de agua presentan contaminación por un mal manejo de los residuos sólidos urbanos y aguas sanitarias.

En el área del Ex-Lago de Texcoco, durante el estiaje, las aguas residuales provenientes de una parte de la Ciudad de México, son conducidas a través del Dren General hacia el Gran Canal. En época de lluvias, los escurrimientos de aguas pluviales y residuales de estas corrientes son regulados en los vasos de Churubusco y Regulación Horaria, así como por el propio cauce del dren, para posteriormente desfogar en forma controlada hacia el Gran Canal.

El agua del Lago Nabor Carrillo (que se encuentra fuera del predio del Proyecto) no puede ser empleada para la piscicultura debido a los valores bajos de oxígeno disuelto originados por la degradación de la materia orgánica acumulada en el fondo, además de que tiene un rango de no adecuada a permisible para su uso en riego agrícola, donde de acuerdo al inciso 4.2 de la NOM-001-SEMARNAT-1996, el límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas en suelo (uso agrícola) es < 1000 por cada 100 mL. Sin embargo, el riesgo a la salud humana persiste por la presencia de dos cepas de *Acanthamoeba* spp. aisladas e identificadas del lago Nabor Carrillo que mostraron ser virulentas en ratón, lo cual hace inferir de forma indirecta la posible patogenicidad en humanos. Además que se provocaría la sodicidad del suelo que reciba dicho riego y su alcalinidad, así como la disminución de la permeabilidad del suelo y el deterioro continuo de la capa arable superficial.

El caudal de los escurrimientos superficiales de los denominados Ríos de Oriente, está conformado por agua sanitarias domésticas de los núcleos poblacionales que recorren, lo que los hace no aptos para el consumo humano o su empleo en actividades agrícolas. En la temporada de lluvias, esta condición no varía ya que además del agua sanitaria, se registra el arrastre de residuos sólidos urbanos.

El área del predio del Proyecto no ha sido diseñada para funcionar como vaso regulador ni para el almacenamiento provisional, temporal o permanente de los escurrimientos naturales ni el dren sanitario.

Continuará la tendencia de uso de los causes naturales de los escurrimientos superficiales como drenajes de aguas sanitarias, con especial impacto en aquellos que crucen núcleos humanos. Este proceso sólo se detendrá cuando la infraestructura sanitaria municipal abarque la totalidad de su población.

#### ❖ Hidrología subterránea

En el SAR, el AIP y el predio del Proyecto existen los siguientes acuíferos: Actopan-Santiago de Anaya (310.95 ha), Alto Atoyac (1,130.96 ha), Amajac (459.43 ha), Apan (110,492.35 ha), Chalco-Amecameca (83,535.88 ha), Cuautitlan-Pachuca (394,929.45 ha), Huasca-Zoquitlan (147.54 ha), Soltepec (19,949.24 ha), Tecocomulco (34,604.77 ha), Tecolutla (2,793.54 ha), Tepeji del Rio (1,424.84 ha), Texcoco (92,223.92 ha), Valle de Puebla (369.49 ha), Valle de Toluca (189.83 ha), Valle de Tulancingo (1,972.77 ha), Valle del Mezquitlan (8,117.68 ha), Zona Metropolitana de la Cd. de México (200,917.67 ha).

En el Valle de México y parte la Zona Metropolitana existe veda para el alumbramiento de aguas subterráneas debido al déficit de la recarga natural, y la sobreexplotación por extracción.

Es de esperarse que la tendencia a la sobreexplotación por extracción del agua de los acuíferos se mantenga a futuro debido a que su origen es el crecimiento poblacional y urbano, que tiene dos consecuencias: incremento en la demanda de agua y disminución de las áreas de captación de los acuíferos, al cubrir e impermeabilizar el área de captación con la infraestructura urbana.

Esta tendencia podría detenerse y lograr un equilibrio entre la recarga del acuífero y la sobreexplotación a través de acciones de tratamiento, uso y reuso del agua.

#### ❖ Flora

En el SAR existe un total de 17 ecosistemas o tipos vegetacionales: Agricultura de Riego (AR), Agricultura de Temporal (AT), Agricultura de Temporal (AT), Bosque Cultivado (BC), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Encino-Pino (BPQ), Bosque de Oyamel (BA), Agricultura de Temporal (AT), Bosque Cultivado (BC), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Encino-Pino (BPQ), Bosque de Oyamel (BA), Bosque de Pino (BP), Bosque de Pino-Encino (BPQ), Bosque de Tásate (BJ), Matorral Crasicaule (MC), Matorral desértico rosetofo, Pastizal cultivado, Pastizal Halófilo (PH), Pastizal Inducido (PI), Pradera de Alta Montaña (VW), Tular (VT), Vegetación Halófila Hidrófila (VHH).

A nivel del Área de Influencia para Flora (Microcuenca Texcoco), existen 15 tipos de vegetación que son: Pastizal Inducido (PI), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Pino (BP), Pastizal Halófilo (PH), Matorral Crasicaule (MC), Bosque de Oyamel (BA), Bosque de Pino-Encino (BPQ), Bosque de Encino-Pino (BQP), Vegetación Halófila Hidrófila (VHH), Bosque de Tascate (BJ), Pradera de Alta Montana (VW), Tular (VT), Bosque Cultivado (BC), Agricultura de Temporal (AT) y Agricultura de Riego (AR).

A nivel del predio del Proyecto y derivado de los trabajos de campo existen dos tipos de vegetación: Pastizal Inducido (PI) y Pastizal Halófilo (PH).

Los ecosistemas del SAR y el AIP se podrían mantener en forma indefinida si no existieran presiones antropogénicas de: cambio de uso de suelo por la expansión del área urbana, agrícola, industrial, etc., extracción incontrolada de individuos y especies de sus áreas naturales; efectos del cambio climático global (aún en proceso de comprensión y medición); el efecto de la Cuenca Atmosférica de ZMVM que transporta diversos contaminantes desde las áreas de generación; contaminación de la calidad del agua de los escurrimientos superficiales; aplicación de prácticas agrícolas inadecuadas y uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes. Sin embargo los factores antes descritos modificarán a los ecosistemas presentes en diferentes magnitudes y formas.

Por lo que respecta al predio bajo evaluación, y por tratarse de plantaciones de pastizal halófilo y *Tamarix* (principalmente), éstas plantaciones podrían continuar en tanto las acciones agrícolas (riego, sustitución de individuos, acciones fitosanitarias, etc.) persistan.

#### ❖ Fauna

La fauna de peces, anfibios, reptiles y mamíferos que se reporta en el SAR se representa en ecorregiones biogeográficas perfectamente delimitadas. En las ramificaciones pertenecientes a la Sierra Madre Oriental hacia el Sur de México, Norte y Este del SAR, que abarca los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla y sus serranías colindantes, con un reporte total de 73 especies. Por otra parte, en el Sistema Transversal Volcánico (STV) y el Valle de México en el cual se encuentra el Estado de Morelos, Estado de México y Distrito Federal, hacia la parte central del mismo STV, y hacia la parte Central y Sur del SAR, es decir la porciones correspondientes al Distrito Federal y al Estado de México, se reporta un total de 135 especies.

De acuerdo con Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de las 208 especies antes citadas, 9 son especies endémicas, 6 están catalogadas como especies sujetas a Protección Especial, 12 como especies amenazadas, una especie en Peligro de Extinción y una especie Probablemente Extinta en el medio silvestre. Conforme a la CITES, 1 especie se encuentra dentro de los Apéndices I y II; 2 especies dentro del Apéndice III y 3 especies dentro del Apéndice I, en lo que refiere a la Red List of Threatened Species, International Union for Conservation of Nature (IUCN por sus siglas en inglés, 2013), 6 especies se encuentran como Casi Amenazada (NT por sus siglas en inglés), 2 como Vulnerables (VU por sus siglas en inglés), 2 especies como Amenazadas (EN por sus siglas en inglés) y 2 especies como Datos Insuficientes (DD por sus siglas en inglés). Ninguna especie reportada en el SAR se encuentra en el acuerdo de SEMARNAT de poblaciones prioritarias para la conservación

#### Áreas de Importancia para la Conservación de la Aves

##### ❖ AICAS

El Ex-Lago de Texcoco fue designada como AICA debido a que en ese sitio se encuentran poblaciones de 100,000 o más aves acuáticas durante el invierno, siendo el área más importante de las dos o tres zonas de invernación de aves acuáticas del Valle de México.

Con base en trabajos realizados por la asociación Civil Duck Unlimited de México, Dumac en el año 2006, se elabora un Programa de Conservación y Manejo para las Aves Playeras en el Lago de Texcoco. Posteriormente la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, CONABIO reconoce la designación del Lago de Texcoco como una AICA (AICA 01).

En el 2007 se vuelve a recategorizar el AICA, quedando ahora en las nuevas categorías establecidas por BirdLife International como "A1" (Especies Globalmente Amenazadas) y A4i debido a que es un sitio que mantiene o puede mantener un número mayor o igual al 1% de una población biogeográfica de especies de aves acuáticas.

##### ❖ Medio socioeconómico

Dentro del SAR se encuentra el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, el cual se prevé su saturación al corto plazo, aumentando los costos de transporte desde y hacia la ZMVM así como el posible desabasto de mercancías y un freno al comercio nacional e internacional (la aduana del AICM procesa el 10% de las mercancías que ingresan al país desde el extranjero).

##### ❖ Paisaje

Las calidades paisajísticas del SAR y el AIP, abarcan todas las posibilidades que cualquier metodología de evaluación pueda brindar debido a la diversidad de accidentes fisiográficos, ecosistemas y asentamientos humanos.

La evolución de la calidad paisajística que brinda la diversidad de la cobertura vegetal se podrían mantener en forma indefinida si no existieran presiones antropogénicas de: cambio de uso de suelo por la expansión del área urbana, agrícola, industrial, etc.,



extracción incontrolada de individuos y especies de sus áreas naturales; efectos del cambio climático global (aún en proceso de comprensión y medición); el efecto de la Cuenca Atmosférica de ZMVM que transporta diversos contaminantes desde las áreas de generación; contaminación de la calidad del agua de los escurrimientos superficiales; aplicación de prácticas agrícolas inadecuadas y uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes. Sin embargo los factores antes descritos modificarán el paisaje.

También es de esperarse modificaciones al paisaje por el crecimiento de las áreas urbanas y la incorporación de diversos estilos en el diseño de los componentes e infraestructura urbana.

La evaluación del paisaje en el predio bajo evaluación tiene que ser una acción específica debido a sus condiciones históricas que han prevalecido en su interior.

En la actualidad y desde un punto de vista ecológico, el Ex-Lago de Texcoco es un ecosistema alterado que ha perdido parte de su importancia ambiental original, desde su desecación y por la expansión del área urbana, a pesar de los intentos por mejorar su imagen, quedando solamente como un área desolada y abandonada.

La calidad visual del predio, en general, es medio esto debido a que es un espacio abierto sin urbanizar. Sin embargo en lo referente a la actividad antrópica en su interior, los valores son bajos debido a que la perspectiva visual que presenta la red de caminos que lo delimitan y por el área del relleno sanitario que se percibe. Se encuentra también muy cercano la infraestructura hidráulica que generó el Plan Texcoco desde 1970, la cual determina un paisaje medio debido a que algunas instalaciones cuentan con áreas verdes y espejos de agua.

En cuanto a la fragilidad visual el predio ha quedado calificado como de fragilidad visual media, lo cual es de ponderar por el hecho de que ésta calificación esta dada por la poca actividad humana en su interior y por lo que el sitio representa como una pequeña cuenca visual sin urbanizar.

Las cualidades paisajísticas del predio antes descritas pueden mantenerse en forma indefinida debido a que es un área bardeada, sin acceso abierto al público, con plantaciones de pastizas, halófilo y plantaciones de Tamarix y la infraestructura que opera en su interior, se podría mantener hasta que surgieran otras opciones de manejo hidráulico de la zona.

En la siguiente figura se sintetiza lo aquí descrito.

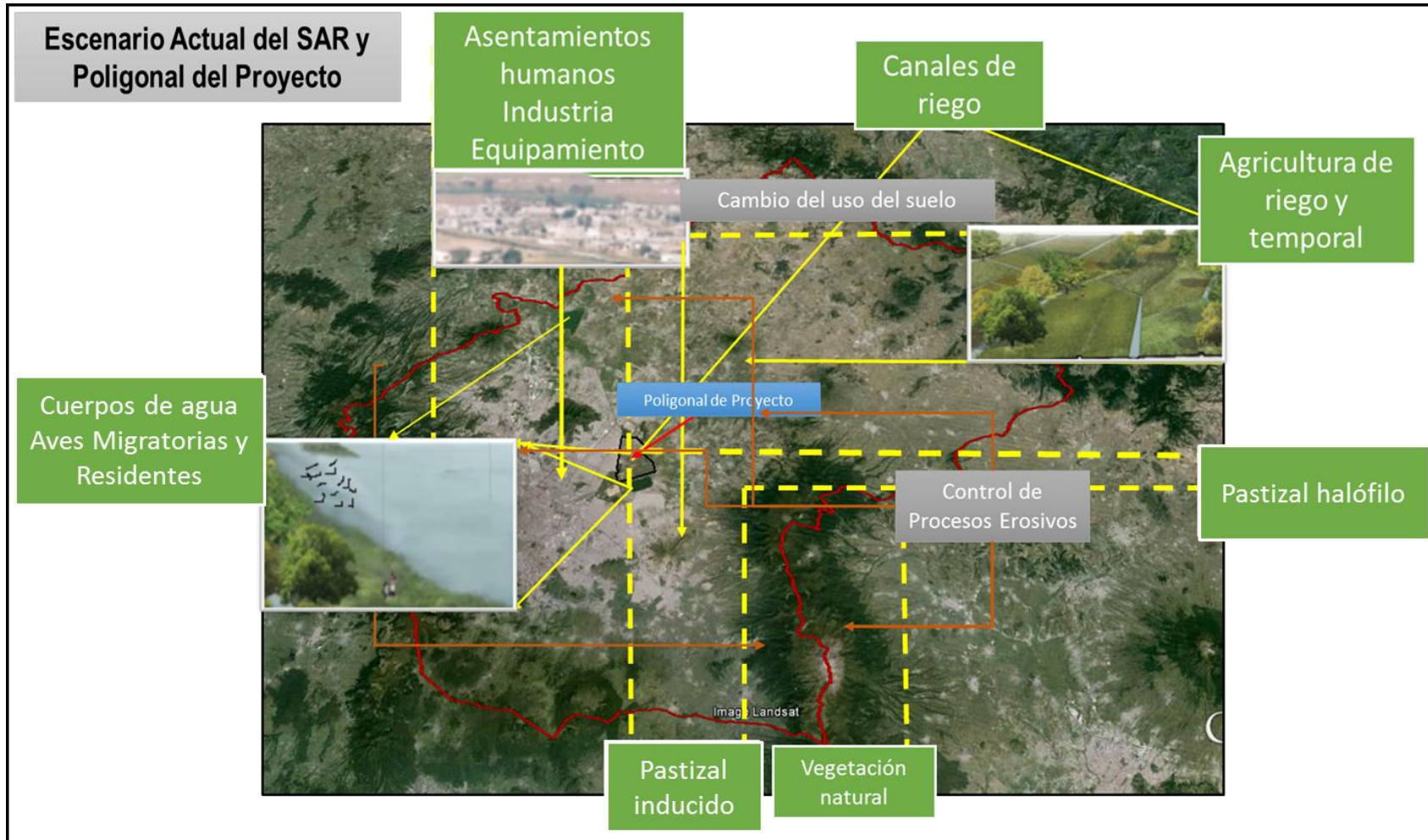


Figura VII.1 Escenario Actual del SAR y poligonal del Proyecto.

## Escenario con Proyecto

### ❖ Clima y calidad del aire

Existen 2 tipos climáticos: BS1kw y Cb'(w1), a los cuales no es de esperarse ninguna modificación por la presencia del proyecto debido a la superficie que cubre cada tipo climático es: para el BS1kw es un total de 169,780 ha en relación al área con proyecto de 1,155.16 ha (0.68%) y para el Cb'(w1) con 249,900.04 ha en relación a las 3,276.00 ha del proyecto, el 1.31%; por lo que no es de esperar la conformación de un microclima a raíz del Proyecto por encontrarse en una zona sin accidentes fisiográficos de importancia diferentes a los que conforman la Cuenca de México, los vientos dominantes y por encontrarse dentro de la Cuenca Atmosférica de la ZMVM.

Se generarán emisiones a la atmósfera de fuentes fijas y móviles al interior del predio que no existían antes.

### ❖ Emisiones a la atmósfera

En las etapas finales de crecimiento, es de esperar un incremento en las emisiones a la atmósfera derivadas del incremento del tráfico aéreo, sin embargo se plantea como hipótesis de trabajo, que la implantación del Proyecto no representará un cambio significativo (en su etapa de operación y mantenimiento) sobre los tipos y concentraciones de contaminantes que ya son medidos en la ZMVM. Lo anterior se debe a que las emisiones a la atmósfera que se generen al interior del Proyecto, por su tipo y concentración, quedarán inmersas en la Cuenca Atmosférica de la ZMVM y no originarán cambio alguno ya que en cuanto inicie su operación el NAICM, el actual Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México dejará de operar, por lo que no existirá modificación alguna en lo que actualmente se registra.

El quedar inmerso el predio del Proyecto en la Cuenca Atmosférica de la ZMVM, permanecerá bajo las mismas características ambientales que el resto de la ZMVM y registrará las mismas variaciones, temporales y estacionales, que ésta.

### ❖ Ruido

Al interior del predio del Proyecto y en su Área de Influencia se han proyectado Conos de ruido para las operaciones de despegue y arribo de las aeronaves, en donde se espera niveles por arriba de los límites máximos permisibles establecidos en el NOM-081-SEMARNAT-1994 y del Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicado en el DOF: 03/Dic/2013.

De igual forma se empleará vehículos, maquinaria y equipos que emitirán ruido (como fuentes móviles) el interior del predio del Proyecto y podría proyectarse hacia su periferia; sin embargo hay que recordar que el perímetro del predio se encuentra delimitado por vías rápidas y de tránsito vehicular pesado que las separan de las áreas habitacionales existentes y también cuenta con un límite hacia áreas agrícolas sin asentamientos humanos.

Conforme el Proyecto avance en sus etapas, la generación de ruido por fuentes móviles se incrementará.

### ❖ Fisiografía

El Proyecto no incluye la modificación de la fisiografía en la que será implantado, sino su integración al aprovechar la llanura y el ligero lomerío para el desplante de su infraestructura y las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves, las cuales se verán beneficiadas por tener una zona sin accidentes geográficos de importancia.

### ❖ Geología

Las formaciones geológicas y geomorfológicas que se encuentran en el predio del Proyecto (suelo formado por acumulación de capas de origen sedimentario) no se verán alteradas ni desplazadas en ninguna de las fases del Proyecto. Éste tipo de suelo le servirá de sustento físico, así como las columnas geológicas subyacentes y adyacentes, lo anterior por el hecho de que el Proyecto no incluye el empleo de explosivos que pudieran fragmentar o fisurar la extratigrafía vertical u horizontal; ni el movimiento a gran escala del sustrato, aunado al hecho de que la columna geológica puede llegar a 60 m de profundidad lo cual se encuentra contemplado como parte de su desplante estructural.

Éstas características son contempladas en el diseño técnico y de ingeniería con que se origina el Proyecto a fin de aprovechar su presencia y originar una mínima modificación. Esta condición favorable para el Proyecto ratifica la selección del sitio ya que en su diseño se contempló la existencia de áreas abiertas libres de edificaciones.

De existir variaciones en la estratigrafía del área, éstas serán en armonía con las que se encuentran en proceso por el abatimiento del nivel freático de los acuíferos sobre los que se encuentra y cuyo origen es la demanda de agua por la población de la ZMVM.

❖ Pendiente y curva de nivel

La implantación del Proyecto no tendrá ninguna influencia sobre la pendiente del polígono sobre el que se desplantará, debido a la obra se ve facilitada por una pendiente dentro del rango 0-2% y sólo en caso de así requerirlo una obra muy específica, se modificaría una pendiente de 2% para llevarla a 0%, por lo que se estaría hablando de un microrrelieve, en sitios puntuales y sin efecto alguno en el resto del predio del Proyecto y el SAR.

Una pendiente en el rango de 0-2% es una condición favorable para la implantación del Proyecto ya que en su fase de preparación del sitio y construcción, permitirá un movimiento mínimo del sustrato Suelo en caso de requerir modificar la pendiente de 2% a 0%.

La implantación del Proyecto no modificará en forma alguna ni tendrá ningún tipo de efecto sobre la curva de nivel sobre la que se encuentra.

❖ Sísmicidad, fallas y fracturas, inundación y hundimientos

El Proyecto no tiene influencia alguna sobre la dinámica, frecuencia e intensidad sísmica, cuyo origen son los movimientos de las placas continentales y al respecto se indica que las características de sísmicas sobre las que se encuentran, son contempladas en su diseño técnico y de ingeniería, así como la presencia de fallas y fracturas (reales o inferidas) que puedan tener influencia sobre su infraestructura.

Con respecto a las inundaciones, el Proyecto cuenta desde su origen con el diseño y la infraestructura necesaria para evitar y controlar el vertimiento de agua (cualquiera que sea su origen) al interior de su predio, ya que su funcionalidad se vería comprometida. Y en cuanto al riesgo de inundación originada desde su entorno, existe una serie de obras y proyectos de la CONAGUA que garantizan que éste fenómeno no se presentará.

El Proyecto no tendrá influencia alguna sobre el abatimiento del manto freático (origen del fenómeno de hundimiento) ya que no contempla en ninguna de sus fases la extracción de agua del subsuelo ni interfiere en forma alguna sobre la superficie de captación de los acuíferos, como se demostrará mas adelante.

❖ Suelo

El Proyecto esta diseñado para cubrir la totalidad del predio en donde se implantará, por lo que los factores que dan origen a la erosión eólica –si bien continuará existiendo en completa independencia del Proyecto- ya no tendrá sustrato sobre el cual actuar, toda vez que se encontrará cubierto por los componentes e infraestructura del proyecto.

En éste sentido, la unidad edafológica detendrá su evolución natural por la acción eólica que lo erosionaría, y se mantendrá sin cambio alguno.

El Proyecto y sus fases están diseñados para que se lleve a cabo la la remoción de suelo en forma puntual y únicamente en las áreas en donde sea indispensable realizarlo.

Como todo Proyecto en donde intervienen vehículos, maquinaria, equipo y personal, no deja de existir la probabilidad de algún derrame puntual esporádico de hidrocarburos o residuos a suelo natural.

Por lo que respecta a la implantación del Proyecto sobre el predio, éste evitará que el predio sea fuente del material particulado a la atmósfera y que pudiera ser transportado al Valle de México.

❖ Erosión del suelo

El Proyecto esta diseñado para cubrir la totalidad del predio en donde se implantará, por lo que los factores que dan origen a la erosión eólica –si bien continuará existiendo en completa independencia del Proyecto- ya no tendrá sustrato sobre el cual actuar, toda vez que la unidad edafológica se encontrará cubierta en su totalidad por los componentes del proyecto.

En éste sentido, la implantación del Proyecto sobre el predio evitará la erosión del suelo.

El Proyecto y su implantación tendrán como resultante que no exista el transporte de material particulado desde el suelo natural, ya que cubrirá la totalidad de la superficie del predio del Proyecto, por lo que la condición de ausencia de erosión se mantendrá sin cambio alguno y en independencia de los factores que la puedan originar.

❖ Degradación del suelo

Los agentes causales de la degradación del suelo no sufrirán cambio alguno, sin embargo sus efectos sobre el predio del Proyecto se detendrán como consecuencia de que ya no tendrán sustrato edafológico a la intertemperie sobre el cual actuar. Lo anterior se debe al hecho de que el Proyecto está diseñado para cubrir la totalidad del predio con sus instalaciones e infraestructura y al mantenimiento que se le dará en su fase de operación y mantenimiento a las áreas abiertas a fin de conservarlas siempre con cobertura vegetal.

❖ Hidrología superficial

El Proyecto no tendrá interacción alguna con los cuerpos de agua y escurrimientos superficiales existentes en el SAR o el AIP, ni con los denominados Ríos de Occidente ni con el Lago Nabor Carrillo o ninguna de la infraestructura del denominado Plan Texcoco; tampoco interfiere o modifica en forma alguna el manejo hidráulico de los Ríos de Occidente que lleva a cabo la CONAGUA.

Adicional a lo anterior, en ninguna fase del Proyecto se extraerá agua del caudal de ningún río de los denominados Ríos de Occidente.

En ninguna fase del Proyecto se verterá agua sanitaria a ningún escurrimiento intermitente ni perenne o cuerpo de agua alguno ya que está concebido para contar con PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) cuya efluente (salida) será hacia drenaje municipal o el Dren General que está conectado al Gran Canal.

❖ Hidrología subterránea

El Proyecto está diseñado para no necesitar de la extracción de agua de ningún acuífero, por lo que se mantendrá completamente aislado de ellos.

El Proyecto, no tendrá ningún tipo de influencia sobre la recarga de los acuíferos debido a que la configuración estratigráfica sobre la que se encuentra el predio está constituida a nivel intergranular por limos y arcillas depositados históricamente sobre el lecho del Ex-Lago de Texcoco.

La característica anterior le confiere al predio del Proyecto el estar sobre un acuífero semiconfinado, es decir, que no existe infiltración natural alguna o es cercana a cero del agua de lluvia hacia los acuíferos, lo que significa que el área del predio del Proyecto no forma parte de la superficie de recarga para ningún acuífero.

Esto tiene aún más sentido si se piensa que el predio del Proyecto fue, históricamente hablando, el lecho del Lago de Texcoco y por lo tanto, dicho fondo era y es impermeable o éste Lago en particular y con sus historia evolutiva, no hubiera existido.

❖ Flora

En el predio del Proyecto a la fecha existe pastizal halófilo compuesto principalmente de *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla* (especies originarias de Asia y China) y pastizal inducido con especies dominantes de *Distichlis spicata* (pasto salado), *Sporobolus pyramidatus* (liendrilla o cola de zorro) y *Paspalum virgatum* (cebadilla).

El Proyecto no tendrá influencia alguna sobre los ecosistemas del SAR y el AIP, ya que históricamente ha permanecido aislado de ellos al tratarse de un área modificada por la actividad humana, sin aprovechamiento de biomasa o germoplasma ni con intercambio de individuos con los ecosistemas del SAR.

El número total de especies de pastizal halófilo y pastizal inducido, obtenido mediante el inventario realizado en el predio del Proyecto, dio como resultado una riqueza de 24 especies, ninguna de ellas se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ni en CITES.

❖ Fauna

El Proyecto está diseñado para ocupar el total del predio donde se implantará, con la remoción de las especies de las plantaciones de pastizal halófilo y las plantaciones de *Tamarix*.

Durante los trabajos de campo se pudo comprobar, mediante avistamiento directo, la existencia de cinco especies de anfibios, *Anaxyrus compactilis* (sapo), *Hyla eximia* (rana), *Lithobates pipiens* (rana), *Spea multiplicata* (sapo falso) y *Lithobates montezumae* (rana).

Los reptiles identificados en campo fueron 4 especies que de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Sceloporus grammicus* tiene estatus de Protección Especial; *Thamnophis eques* y *Pituophis deppei* bajo la categoría de amenazada. En la lista roja UICN se encuentra la *Sceloporus spinosus* bajo estatus de preocupación menor.

Existen 5 especies de mamíferos: 2 pequeños roedores: *Peromyscus maniculatus* (ratón de patas blancas) y *Microtus mexicanus* (meteoro mexicano); 2 lepóridos: *Lepus californicus* (liebre cola negra) y *Sylvilagus floridanus* (conejo castellano) y el *Canis domesticus* (perro doméstico). Ninguna especie cuenta con estatus o categoría de protección.

El estudio de aves abarcó un mayor ámbito espacial considerando su mayor movilidad tanto por vuelo, como por la relevancia en sus movimientos migratorios y éste grupo cuenta con su propia Área de Influencia (AIP-Aves).

Los conteos en campo arrojaron un total de 74 especies de aves

De las especies de ornitofauna identificadas en campo, 4 se encuentran bajo régimen de protección por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 13 están en alguna de las categorías de la IUCN, 4 se encuentran en el Apéndice II de CITES.

Como parte del Proyecto, se llevará a cabo un estudio de monitoreo de aves que permita implementar las medidas específicas para evitar la afectación a éste grupo de organismos.

❖ Áreas de Importancia para la Conservación de la Aves AICAS

El Proyecto será implantado sobre el AICA 01 Lago de Texcoco.

❖ Medio socioeconómico

El Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México es un proyecto de desarrollo que apuntalaría el proceso de crecimiento social y económico en condiciones de sustentabilidad, siempre y cuando lleve implícito medidas que ofrezcan los menores impactos y costos ambientales, y potencialice los beneficios constituyendo así una estrategia de revalorización ecológica y social para un área que, debido a sus particulares condiciones, presenta aceleradas tendencias de deterioro ambiental.

La construcción del Proyecto en la ZMVM es una inversión clave para la infraestructura y para la generación de puestos de trabajo y oportunidades económicas en general. El Proyecto crea valor a corto, mediano y largo plazo para la región y para el país, mediante la maximización de los flujos de ingresos de aviación.

❖ Paisaje

Diseño arquitectónico del Proyecto estará integrado al medio urbano en que se implantará y a la imagen de progreso que se pretende dar, ocupará la totalidad del predio y su concepción arquitectónica prevalecerá sobre cualquier otra debido a su tamaño y al hecho que se desplantará sobre una planicie con pendiente de 0-2%, la cual no permitirá su apreciación mas que de áreas elevadas, pero muy distantes.

En la siguiente figura se muestra lo indicado anteriormente.

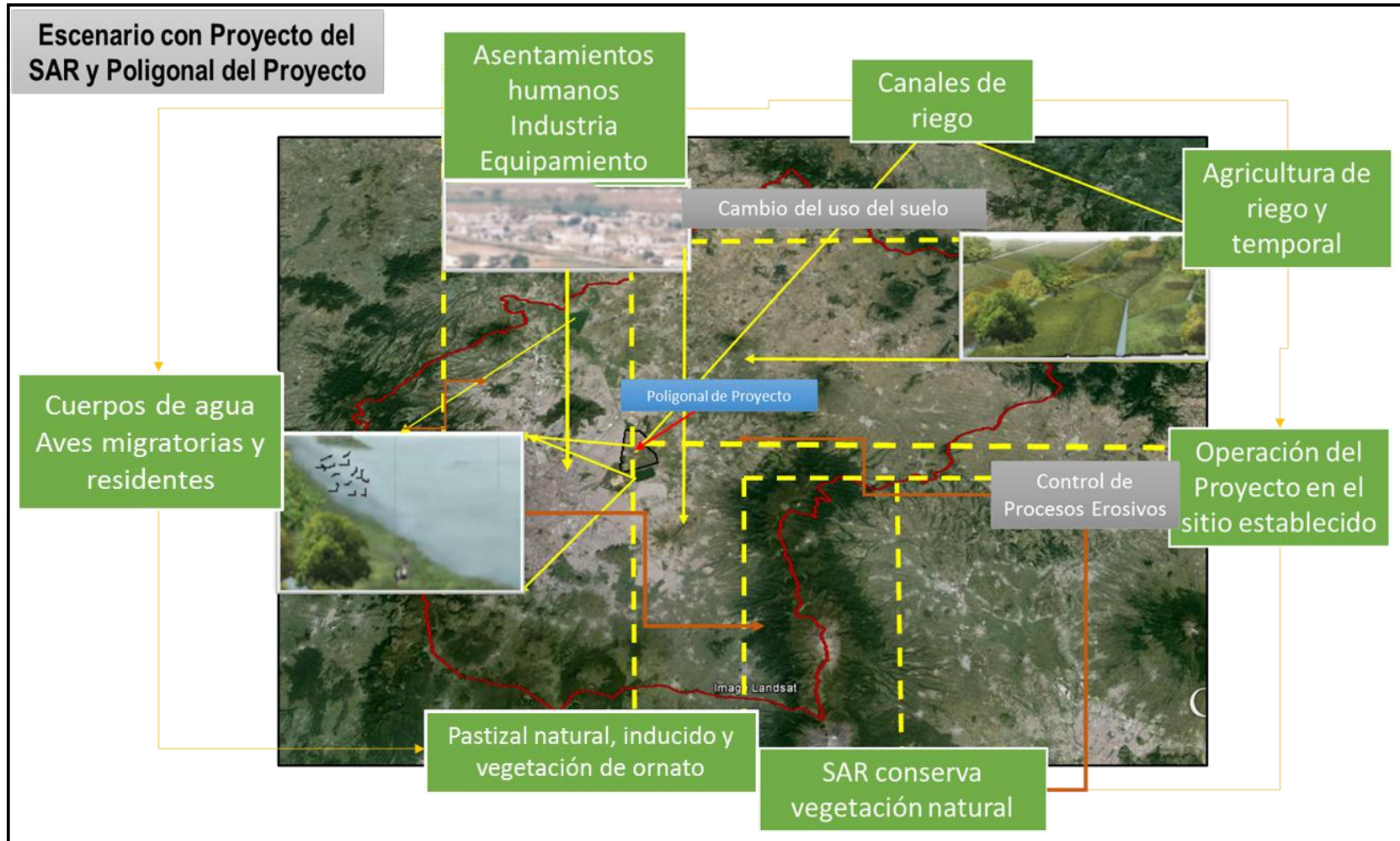


Figura VII.2 Escenario con Proyecto del SAR y Poligonal del Proyecto.

## Escenario con Proyecto y Medidas de Mitigación

### ❖ Clima y calidad del aire

El Proyecto se origina con una conformación arquitectónica que incluye áreas verdes y grandes espacios abiertos (las pistas para las aeronaves), las cuales servirán para disipar el calor que las estructuras acumulen durante el día y no representarán un obstáculo para la dirección y fuerza del viento. Es de esperar que no se conforme un microclima a su alrededor ni que modifique en forma alguna el predio donde se implantará. Lo anterior es uno de los motivos de elección del área bajo evaluación.

Con las medidas de mitigación propuestas, se estará en cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisiones contempladas en las normas oficiales mexicana (NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-045-SEMARNAT-2006 y NOM-025-SSA1-1993).

En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con las NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006, con excepción de la maquinaria y equipo utilizado para construcción ya que no le aplica.

Adicional a lo anterior, los vehículos, maquinaria y equipo no funcionaran mientras no sea estrictamente necesario. Debido a la escasa disponibilidad de agua en la región, en la medida de lo posible, se efectuará control de material particulado mediante riego en caminos de terracería.

### ❖ Emisiones a la atmósfera

Es de esperarse que las mejoras tecnológicas de las aeronaves y el descubrimiento de nuevos combustibles signifiquen el abatimiento de los tipos y niveles de emisiones a la atmósfera que se generarán por la implantación del Proyecto, el cual no contempla ninguna medida de mitigación a ese nivel, sin embargo, para las fuentes fijas se contará con la implantación de los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera marcadas en la ley, la verificación vehicular, la capacitación al personal y la aplicación del Programa de mantenimiento a maquinaria y equipo.

### ❖ Ruido

La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados. En caso de existir un Programa de Verificación Vehicular, se cumplirá con la emisión de ruido de vehículos automotores y serán evaluados conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-080-Semarnar-1994. Los equipos de mayor emisión de ruido serán utilizados en horarios de actividad normal en las zonas pobladas cercanas a las áreas del Proyecto. Los vehículos, maquinaria y equipo de obra utilizarán silenciadores de acuerdo a la capacidad del equipo.

Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT3-2000, que establece dentro de la República Mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas, propulsadas por hélice, supersónicas y helicópteros, su método de medición, así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites y se concientizará y/o capacitará al personal en el uso de equipo de protección personal.

Se realizará un monitoreo perimetral de ruido, y se dará cumplimiento a los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-081- SEMARNAT-1994. Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición [De 6:00 a 22:00 68 dB(A) y de 22:00 a 6:00 65 dB(A)]; la colocación de bardas perimetrales del Aeródromo, lo cual permitirá la disminución de ruido. Se tendrá mantenimiento constante durante la operación de las plantas de asfalto y de concreto durante la etapa de Construcción del Proyecto.

Restricción de aeronaves NNC (No Certificadas por Ruido) a través del Uso de procedimientos operacionales NAP (Procedimientos de Abatimiento de Ruido), STAR (Ruta Estándar de Llegada al terminal), SID (Salida Estándar por Instrumentos).

### ❖ Fisiografía

No existen medidas de mitigación para este elemento ambiental sino al contrario, se eligió éste sitio por las condiciones fisiográficas propicias para las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves, por lo que el Proyecto no contempla su modificación sino su integración y aprovechamiento a ellas.



#### ❖ Geología

El Proyecto no contempla la modificación de éste factor en ningún sentido, sino que está concebido para integrarse al mismo a través de su diseño de ingeniería, motivo por el cual se eligió ésta área para su implantación.

De existir variaciones en la estratigrafía del área, éstas serán en armonía con las que se encuentran en proceso por el abatimiento del nivel freático de los acuíferos dentro de la Cuenca de México y cuyo origen es la demanda de agua por la población de la ZMVM.

#### ❖ Relieve y microrelieve

Se limitarán las nivelaciones y compactaciones únicamente a las zonas definidas en el Proyecto y el material generado por los trabajos de excavación y cortes se trasladará a sitios de tiro autorizado, para su disposición final. De igual forma el Proyecto no contempla la modificación de la pendiente más que en sitios puntuales ya que le es favorable la pendiente natural del predio, ya que está concebido para integrarse al mismo a través de su diseño de ingeniería. Las modificaciones al microrrelieve serán puntuales y quedarán autocontenidos en el predio del Proyecto.

#### ❖ Sismicidad, fallas y fracturas, inundación y hundimientos

El Proyecto no tendrá influencia alguna sobre la sismicidad, fallas y fracturas (reales o inferidas), inundación ni hundimientos; sin embargo éstos factores ambientales han sido tomados en cuenta para su diseño, por lo que se puede decir que no existen medidas de mitigación que sean necesarias.

#### ❖ Suelo

Se delimitará el área del desmonte y despalme previo al inicio de actividades, con el objetivo de solo afectar los sitios destinados a la construcción y operación así como la implementación del Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá el Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial y el Programa de Manejo de Residuos Peligrosos.

Para la etapa de Construcción se usarán fosas de concreto y de asfalto. Se llevará a cabo el monitoreo de detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje.

#### ❖ Erosión del suelo

La implantación del Proyecto en sí mismo, anulará los efectos de la erosión eólica sobre el suelo natural por lo que no se plantean medidas de mitigación; ésta acción permanecerá vigente en forma paralela a la vida útil del Proyecto. De igual forma se realizarán constantes riegos con agua tratada durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción, en el área del Proyecto.

#### ❖ Degradación del suelo

El Proyecto está diseñado para cubrir la totalidad del predio donde se implantará, por lo que los agentes causales de la degradación del suelo no sufrirán cambio alguno pero ya no existirá un sustrato edafológico a la intemperie, sobre el cual actuar. La implantación del Proyecto anulará la acción de los agentes causales de la degradación del suelo, por lo que no se plantean medidas de mitigación y ésta acción permanecerá vigente en forma paralela a la vida útil del Proyecto.

#### ❖ Hidrología superficial

Se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia. Se implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá el Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial y el Programa de Manejo de Residuos Peligrosos. Desviar y tratar las aguas pluviales de alcantarilla en las zonas expuestas con mayor frecuencia al riesgo de fugas y vertidos de agentes químicos y carburantes mediante el uso de separadores aceite/agua o fosas API antes de proceder a su vertido en aguas superficiales.

Se implementará un Programa de operación y mantenimiento de la PTAR y se llevará a cabo el adecuado manejo y tratamiento especial de las aguas azules provenientes de las aeronaves.

Se llevará a cabo la recolección y uso de agua de lluvia y se efectuará su calentamiento de agua con energía solar.

Utilización de letrinas portátiles. Una por cada 20 trabajadores, durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción a fin de anular cualquier vertimiento de agua sanitaria que pudiera entrar en contacto con los escurrimientos superficiales y cuerpos de agua superficiales.

Se llevará a cabo el monitoreo de detección de derrames de hidrocarburos en pistas, rodamientos y plataformas, para evitar su conducción al drenaje.

❖ Hidrología subterránea

Con la finalidad de contar con la perspectiva del caso, es necesario recordar que el Proyecto cubrirá la totalidad del predio con su infraestructura y edificaciones, las cuales se desplantarán sobre capas de concreto y otros materiales que lo aislarán. El Proyecto no contempla el alumbramiento de aguas subterráneas ni tiene influencia alguna en el área de recarga de ningún acuífero, motivo por el cual no se plantean medidas de mitigación para, éste factor, en ninguna de sus fases de desarrollo. El Proyecto está diseñado para permanecer aislado de la hidrodinámica de los acuíferos y ésta acción continuará vigente en forma paralela a su vida útil.

❖ Flora

El Proyecto está diseñado para ocupar el total del predio donde se implantará, sin embargo y en forma complementaria, cuenta con un Programa de rescate y reubicación de las especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat y un Programa de rescate de fauna silvestre que contribuirán con la permanencia y abundancia de los individuos vegetales que sean objeto de los mismos.

Tanto los efectos del Proyecto como los alcances de los programas quedarán autocontenidos en el predio del Proyecto, toda vez que las especies de flora no son nativas de México, por lo que el Proyecto no buscaría su propagación, quedando de ésta forma los ecosistemas naturales adyacentes, libres de ellas.

❖ Fauna

El Proyecto está diseñado para ocupar el total del predio donde se implantará y cuenta con el "Programa de rescate de fauna silvestre". De igual forma se continuará con el monitoreo de las poblaciones de aves en los cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia del Proyecto así como en aquellos que creará la CONAGUA al sur del sitio del Proyecto y se mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes en el área de influencia

Implementación del Plan de servicios de mitigación y control de riesgo aviario, roedores y fauna nociva en el área operacional del aeropuerto (Plan de Manejo para el Control de la Fauna Wildlife Management Plan). Artículo 46 de la Ley de Aeropuertos y su reglamento, así como la normatividad de aeronáutica internacional (Us Federal Aviation Administration).

Se llevará a cabo la eliminación de los hábitats atractivos para las aves que queden al menos a 3.2 Km de distancia de las pistas del NAICM y aprovechar los nuevos hábitats ubicados al sur del NAICM que se crearán con la nueva administración que llevará a cabo la CONAGUA.

❖ Medio socioeconómico

Se elaborará e implementará el Plan de Prevención de Accidentes (PPA), con base a la guía establecida por la autoridad ambiental correspondiente, el Programa de seguridad y la capacitación y pláticas de seguridad.

Dentro de las instalaciones del Proyecto se instalara equipo de protección personal de emergencia y equipo e instalaciones contra fugas, derrames y de contención.

En el aspecto arqueológico, se continuará con los estudios prospectivos que determine el INAH y se Implementarán las medidas y recomendaciones del INAH.

Por lo que respecta al flujo vehicular y durante la etapa de Preparación de sitio y Construcción se colocarán en las vías de acceso al proyecto señalamientos y colocación de bandereros.

❖ Paisaje

El Proyecto contará con un diseño arquitectónico tal, que lo integre al entorno urbano en que se desarrollará y al mismo tiempo proyectará la imagen de progreso que se pretende dar.

Evitar la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique

En la siguiente figura se muestran lo antes descrito.

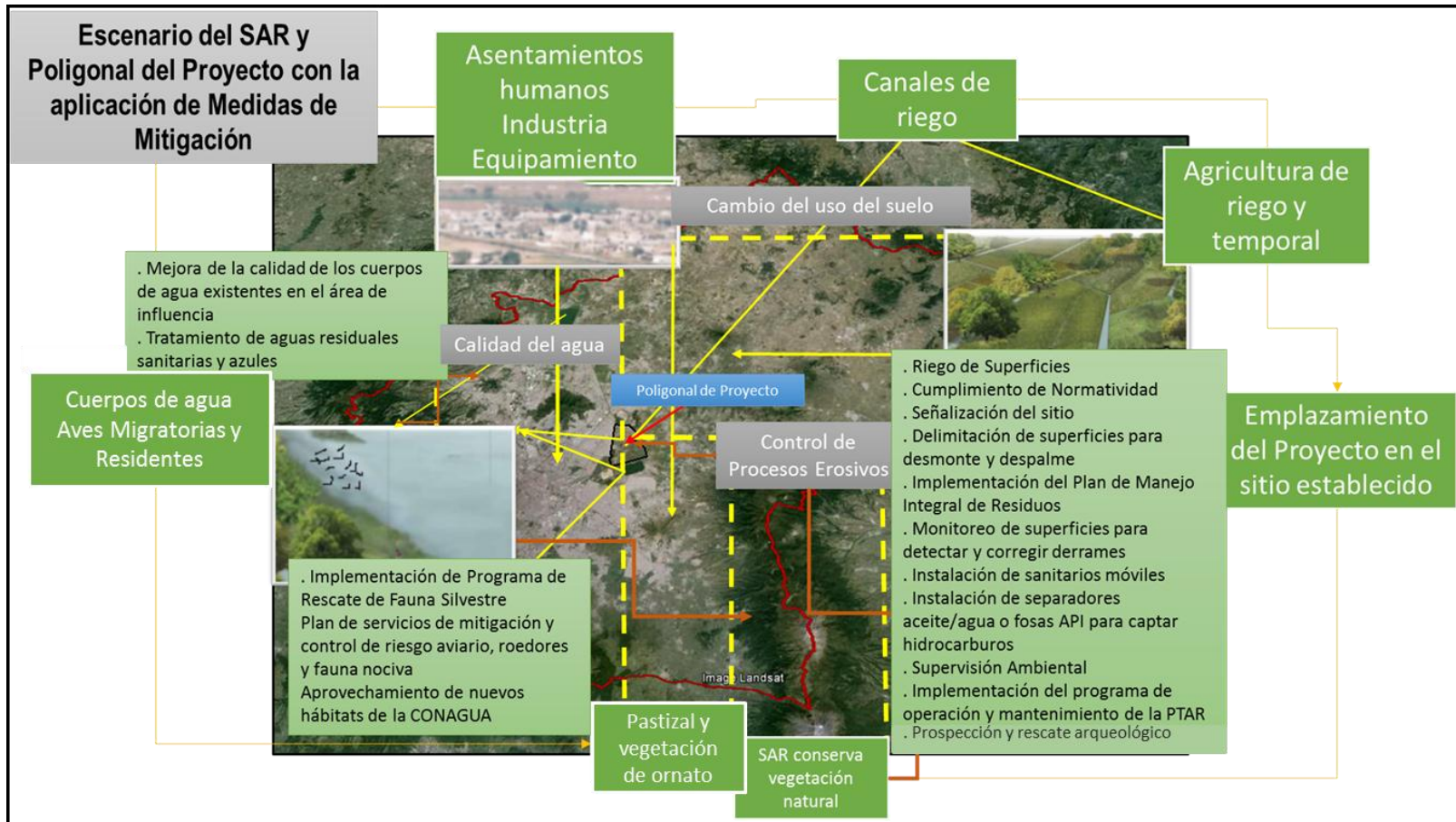


Figura VII.3 Escenario del SAR y Poligonal del Proyecto con la aplicación de Medidas de Mitigación.

## VII.2 Pronóstico Ambiental

A continuación se resume una proyección de los resultados que tendrá la ejecución del Proyecto. Estos resultados que se evalúan toman en cuenta que han sido aplicadas las medidas de prevención y mitigación propuestas:

- ⊕ Con base a los impactos encontrados y sus posibilidades de prevención, es posible determinar que el Proyecto se realiza acorde con los planes y programas establecidos.
- ⊕ El diseño del Proyecto cumple con las normas y procedimientos requeridos para asegurar su diseño, buen funcionamiento durante la operación y la prevención de eventos no deseados.
- ⊕ El SAR, previo a la construcción del Proyecto, tiene un nivel crítico, tal y como se evaluó en el Capítulo IV.
- ⊕ Derivado de la evaluación de impactos ambientales y dadas las dimensiones del Proyecto, se tendrán impactos puntuales en aire, suelo y agua que no alterarán el ecosistema, siendo el Proyecto ambientalmente viable ya que la aplicación de medidas preventivas hace que los impactos identificados sean controlados y reducidos desde el diseño y en todas las etapas que comprende el Proyecto.
- ⊕ La ejecución del Proyecto desestabilizará temporalmente la vegetación en los trabajos de desmonte y despalme en la etapa de Preparación del sitio, sin embargo se adoptaran las acciones pertinentes para revegetar una superficie similar a la afectada.
- ⊕ La ejecución del Proyecto desestabilizará la fauna por la pérdida de hábitat en las actividades de desmonte y despalme, sin embargo se adoptaran las acciones pertinentes para el rescate y preservación teniendo como premisa las especies con categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, aquellas en CITES y IUCN.
- ⊕ En cuanto a los impactos que pudieran presentarse derivado de derrames accidentales de combustibles y el mal manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, se aplicarán las medidas pertinentes descritas en el Capítulo VI del presente documento.
- ⊕ El impacto tangible en términos de infraestructura, servicios, fuentes de empleo es importante a nivel regional ya que traerá una importante derrama económica para el Estado, además que creara valor a corto, mediano y largo plazo para la región y para el país, mediante la maximización de los flujos de ingresos de aviación.

## VII.3 Evaluación de Alternativas

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), ha sufrido múltiples ampliaciones y adaptaciones para hacer frente al crecimiento de la demanda y a los cambios en los requerimientos de los nuevos equipos. Sin embargo, esta demanda ha sobrepasado su capacidad y eficacia.

Ante esta situación, la SCT, a través de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), ha llevado a cabo una serie de estudios para identificar el lugar más adecuado para una nueva instalación aeroportuaria, para determinar sus necesidades actuales y futuras, así como contar con reservas territoriales suficientes y adecuadas para satisfacer los requerimientos técnicos operativos de nuevas instalaciones en lo que se refiere al espacio aéreo y su ubicación respecto a los centros de demanda.

Se analizaron varias opciones para determinar el sitio adecuado, una de las opciones analizadas fue la de Tizayuca. Debido a su lejanía, los costos económicos y lo que implicaba su operación simultánea con el AICM actual, así como por la necesidad de cerrar la Base Militar Santa Lucía, esta alternativa fue descartada.

- ⊕ El aeropuerto en Tizayuca sería el aeropuerto más alejado de la ciudad a la que presta servicio a nivel mundial, ya que se ubicaría a 80 km del centro de su demanda. Lo anterior implicaría mayores costos de transporte para los usuarios y menor competitividad para el aeropuerto.
- ⊕ Además se tendría que cerrar la Base Militar de Santa Lucía, mientras que en las otras opciones esta no sería necesario.

- ⊕ El Aeropuerto en Tizayuca contemplaba la construcción de dos pista paralelas simultaneas; no obstante, el tamaño del terreno tendría importantes limitantes para la construcción de una tercera pista.
- ⊕ El hecho de conservar las actividades del actual AICM en paralelo con Tizayuca (para poder satisfacer los niveles de demanda esperados), implicaría que los dos aeropuertos prestarían servicios al mismo público viajero, lo que afectaría la eficiencia, logística y competitividad de las aerolíneas e incluso podría generar prácticas discriminatorias entre los aeropuertos. Adicionalmente, provocaría un mayor gasto en tripulación, personal en tierra y en mantenimiento de aeronaves para las aerolíneas.
- ⊕ Por último, las aproximaciones a pistas en el sitio de Tizayuca causarían molestias de ruido y visuales en el sitio arqueológico de Teotihuacán.

La expansión del AICM hacia los terrenos del Relleno Sanitario fue otra de las opciones consideradas en algún momento. Esta opción presenta limitaciones orográficas para la ejecución de operaciones simultáneas. Adicionalmente este sitio cuenta con poca posibilidad de expansión futura, lo cual limita su visibilidad del largo plazo. Finalmente, la lejanía entre pistas afectaría la eficiencia del AICM.

- ⊕ Limitaciones orográficas para la operación de la tercera pista debido a la obstaculización de rutas de aproximación por el Cerro del Peñón.
- ⊕ Ni MITRE ni SENEAM consideran viable técnicamente el proyecto.
- ⊕ La separación entre las pistas actuales y las nuevas implicaría un incremento en los tiempos de rodaje que, a su vez, generaría ineficiencias para las aerolíneas.
- ⊕ Adicionalmente, es posible que todo o parte del Lago Nabor Carrillo se tendría que rellenar, para proveer terreno seco para el aeropuerto y para mejorar el control de aves, las cuales quedarían a la salida de pistas y sería un peligro para las aeronaves.
- ⊕ Por otra parte para la expansión del aeropuerto en los Rellenos Sanitarios se tendrían que expropiar algunas zonas residenciales para garantizar la seguridad de pista y espacio de amortiguamiento.
- ⊕ En cuanto a la reubicación de Rellenos Sanitarios, ésta implicaría la modificación de la trayectoria del Periférico y la Vía Tapo.
- ⊕ En síntesis, el proyecto de Rellenos Sanitarios no representaría una solución de largo plazo para el AICM debido a sus limitantes orográficas, de terreno y de capacidad de expansión.

De las opciones analizadas por el Gobierno Federal, la alternativa de localizar el aeropuerto en los terrenos federales del Ex Lago de Texcoco continúa siendo la mejor, ya que representa una solución técnica y económica de largo plazo.

- ⊕ Se ubica a 29 km del centro de demanda de la Ciudad de México y a aproximadamente 15 km del actual AICM. La distancia a la ciudad se encontraría dentro de los valores medios internacionales en lo que respecta a la separación entre el centro de la ciudad y su aeropuerto.
- ⊕ Representa la opción con mayor potencial de expansión ya que su terreno es el más grande, con 9,618 ha, de las cuales tan sólo 4,117 ha serían necesarias para la construcción del Proyecto.
- ⊕ Con este espacio, el Proyecto se podría construir en su integridad en terrenos federales.
- ⊕ Derivado del tamaño del terreno, el emplazamiento del aeropuerto en Texcoco brindaría flexibilidad en cuanto a la construcción de pistas, instalaciones de tránsito aéreo y grandes edificios terminales dentro de un solo sitio. Además se contaría con posibilidades de expansión futuras, brindando así economías de escala tanto a operadores del aeropuerto como a las aerolíneas.
- ⊕ Las características del suelo en Texcoco son similares a las del actual AICM, por lo cual su construcción es técnicamente posible.

La extensión territorial en Texcoco permitiría realizar, en su etapa de máximo desarrollo, operaciones triples simultáneas. Además podría llegar a manejar hasta 1 millón de operaciones y entre 100-120 millones de pasajeros anualmente, con lo cual se lograría cubrir la demanda esperada para los próximos 50 años.

- ⊕ La construcción de un aeropuerto en Texcoco implicaría el cierre del actual AICM debido a su cercanía y uso de espacio aéreo común.
- ⊕ Permitiría mantener las operaciones aeronáuticas en la Base Aérea Militar de Santa Lucía.
- ⊕ Esta opción beneficiaría a usuarios y aerolíneas al concentrar las operaciones aeronáuticas en un sólo aeropuerto.
- ⊕ El aeropuerto de Texcoco contaría en una primera fase con dos pistas paralelas que permitirían operaciones simultáneas y, en su máximo desarrollo, con suficientes pistas para realizar operaciones triples simultáneas. Con esta

configuración se permitiría el manejo aproximado de 1 millón de operaciones (de 140-228 por hora) y hasta 120 millones de pasajeros anuales.

- ⊕ Dos de las pistas de la primera etapa podrían alcanzar los 5,000 m de longitud, las cuales permitirían la operación de las aeronaves de mayor tamaño en el mercado.
- ⊕ Esta opción facilitaría la realización de operaciones más eficientes ya que brindaría una mayor conectividad, menos demoras, así como espacio suficiente para alojar distintas mezclas de aviones enfocadas a diferentes segmentos de mercado.

Si bien la construcción del aeropuerto en Texcoco implicaría el cierre del AICM, la concentración de la actividad aeroportuaria del centro del país en un sólo sitio traería múltiples beneficios, tanto a las aerolíneas como a los usuarios; además, liberaría una extensión de terreno y de edificaciones del actual AICM donde se podrían detonar múltiples usos alternativos

- ⊕ Desde una perspectiva de costos la opción Texcoco es la más eficiente de las analizadas, ya que concentraría todas las operaciones aeroportuarias en una sola localización. Esta alternativa podría generar mayores niveles de rentabilidad por pasajero, permitiendo tener un diseño de negocios más atractivo. Lo anterior facilitaría la atracción de inversionistas privados y contribuiría a disminuir los requerimientos de recursos públicos para financiar este proyecto.
- ⊕ Adicionalmente, permitiría mejorar la eficiencia de las flotas de aeronaves de las aerolíneas, así como la de sus tripulaciones y personal de tierra.
- ⊕ Al tener una sola localización se facilitarían las conexiones de vuelos nacionales e internacionales, generando un mayor crecimiento en la demanda de pasajeros y por consiguiente un mayor ingreso. Además, contar con un sólo aeropuerto capaz de manejar la creciente demanda de pasajeros, permitiría capturar tráfico del mercado que emplea *hubs* en Estados Unidos para llegar a destinos mexicanos distintos a la Ciudad de México o a otros destinos internacionales.
- ⊕ La opción Texcoco contribuiría a crear una barrera física para contener y dar mayor orden al crecimiento urbano en esa zona metropolitana. Adicionalmente, liberaría el terreno del actual AICM, ofreciendo una oportunidad única para detonar diversos usos alternativos.



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**



**GRUPO AEROPORTUARIO DE LA CIUDAD DE MÉXICO,  
S.A. DE C.V.**

**ESTUDIO DE RIESGO MODALIDAD ANÁLISIS  
DE RIESGO DEL NUEVO AEROPUERTO  
INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

**INFORME FINAL**

**INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM**

**SEPTIEMBRE 2014**



Hoja dejada en blanco intencionalmente



## **C O N T E N I D O**

<b>1</b>	<b>ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO .....</b>	<b>1-1</b>
1.1	BASES DE DISEÑO .....	1-12
1.1.1	Proyecto civil .....	1-17
1.1.2	Proyecto mecánico.....	1-24
1.1.1	Proyecto sistema contra incendio .....	1-30
1.2	DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO .....	1-37
1.2.1	Hojas de seguridad .....	1-62
1.2.2	Almacenamiento .....	1-62
1.2.3	Equipos de proceso y auxiliares.....	1-67
1.2.4	Pruebas de verificación .....	1-75
1.3	CONDICIONES DE OPERACIÓN .....	1-88
1.3.1	Especificación del cuarto de control.....	1-91
1.3.2	Sistemas de aislamiento .....	1-91
1.4	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	1-92
1.4.1	Antecedentes de accidentes e incidentes .....	1-92
1.4.2	Metodologías de identificación y jerarquización .....	1-95
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES .....</b>	<b>2-1</b>
2.1	RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN .....	2-3
2.2	INTERACCIONES DE RIESGO .....	2-43
2.3	EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL .....	2-44
<b>3</b>	<b>SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL .....</b>	<b>3-1</b>
3.1	RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.....	3-3
3.1.1	Sistemas de seguridad.....	3-4
3.1.2	Medidas preventivas .....	3-7
<b>4</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>4-1</b>
4.1	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL .....	4-3
4.2	RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.....	4-8
4.3	INFORME TÉCNICO .....	4-11
<b>5</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL .....</b>	<b>5-1</b>



BIBLIOGRAFÍA .....	5-3
ANEXO 1: HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS: TURBOSINA, GAS LP Y GAS NATURAL .....	5-5
ANEXO 2: ANÁLISIS LOPA DE LOS EVENTOS RIESGOSOS DEL NAICM .....	5-7
ANEXO DE PLANOS: INGENIERÍA DE AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES .	5-9
ANEXO DE PLANOS: SISTEMAS CONTRA INCENDIO DE ASA.....	5-11
ANEXO DE PLANOS: PLANOS CON LAS DISTANCIAS DE AFECTACIÓN DEL ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS DEL NAICM .....	5-13



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Tasa Media de Crecimiento Anual para pasajeros en el AICM .....	1-4
Figura 1-2 Anteproyecto ejecutivo del NAICM al 2018 .....	1-10
Figura 1-3 Anteproyecto ejecutivo del NAICM al 2062 .....	1-11
Figura 1-4 Ubicación geográfica de las Estaciones Climatológicas respecto al Sitio.....	1-14
Figura 1-5 Profundidad de posiciones para aeronaves por código .....	1-40
Figura 1-6 Plataforma para el procesador de la terminal del NAICM.....	1-41
Figura 1-7 Plataforma del satélite Oeste del NAICM .....	1-43
Figura 1-8 Plataforma del satélite Este del NAICM.....	1-44
Figura 1-9 Dimensiones verticales e inclinaciones de los puentes de abordaje de pasajeros... .....	1-45
Figura 1-10 Flujo de proceso de salida de pasajeros .....	1-48
Figura 1-11 Flujo de proceso de llegada de pasajeros .....	1-49
Figura 1-12 Principales ductos de turbosina en el NAICM (Fase 1) .....	1-54
Figura 1-13 Ubicación de los tanques de almacenamiento de turbosina en el NAICM .....	1-55
Figura 1-14 Ubicación de la Planta Central de Servicios (CUP) en el NAICM.....	1-58
Figura 1-15 Arreglo general del patio de la Planta Central de Servicios.....	1-59
Figura 1-16 Arreglo de los tanques de almacenamiento de turbosina en el NAICM.....	1-63
Figura 1-17 Nomenclatura del sistema de hidrantes en el NAICM .....	1-69
Figura 1-18 Trayectoria del ducto de 12” de diámetro de llegada de turbosina al NAICM.	1-70
Figura 1-19 Trayectoria de los ductos de 24” de suministro de turbosina a red de hidrantes del NAICM.....	1-72
Figura 1-20 Red de hidrantes en plataforma satélite Oeste del NAICM .....	1-73
Figura 1-21 Sistema de hidrantes en plataforma principal del NAICM .....	1-74
Figura 1-22 Sistema típico de suministro de combustible en aeropuertos.....	1-102
Figura 2-1 Incendio de tipo charco no confinado por derrame por orificio equivalente al 20% de diámetro del ducto de suministro de turbosina al NAICM. El área roja delimita los daños a estructuras (63 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (103.5 m) y la verde la de amortiguamiento (153.7 m).....	2-8
Figura 2-2 Incendio de tipo charco no confinado por ruptura total en ducto de suministro de turbosina al NAICM. El área roja delimita los daños a estructuras (77 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (120 m) y la verde la de amortiguamiento (175 m) ..	2-11
Figura 2-3 Incendio de tipo charco confinado en dique de contención de tanque de almacenamiento de turbosina. El área roja delimita los daños a estructuras (147 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (253 m) y la verde la de amortiguamiento (386 m) .....	2-18
Figura 2-4 Incendio de tipo charco confinado sobre el techo de un tanque de almacenamiento de turbosina. El área roja delimita la zona de alto riesgo (121 m) y la verde la de amortiguamiento (188 m).....	2-21



Figura 2-5 Incendio de tipo charco no confinado por derrame dentro del dique de contención por sobrellenado de tanque de almacenamiento de turbosina. El área roja delimita los daños a estructuras (77 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (120 m) y la verde la de amortiguamiento (175 m) .....	2-24
Figura 2-6 Incendio de tipo charco no confinado por derrame por orificio equivalente al 20% de diámetro del ducto de suministro a red de hidrantes. El área roja delimita los daños a estructuras (100 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (134 m) y la verde la de amortiguamiento (182 m) .....	2-28
Figura 2-7 Incendio de tipo charco no confinado por ruptura total en ducto de suministro a red de hidrantes. El área roja delimita los daños a estructuras (180 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (248 m) y la verde la de amortiguamiento (344 m) .....	2-32
Figura 2-8 Incendio de tipo charco no confinado por derrame en hidrantes en plataforma de carga. El área roja delimita los daños a estructuras (28 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (35 m) y la verde la de amortiguamiento (46 m) .....	2-36
Figura 2-9 Expansión explosiva del vapor de líquido en ebullición (BLEVE) de tanque de almacenamiento de gas LP. El área roja delimita los daños a estructuras (205 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (515 m) y la verde la de amortiguamiento (974 m) .....	2-39
Figura 2-10 Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP. El área roja delimita la zona de alto riesgo de 1.0 psi (497 m) y la verde la de amortiguamiento de 0.5 psi (823 m) .....	2-41
Figura 2-11 Usos de suelo y vegetación en el predio del NAICM.....	2-45
Figura 4-1 Matriz de evaluación y tolerancia de riesgos de los eventos del NAICM.....	4-8



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Sismicidad en la Cuenca del Valle de México .....	1-12
Tabla 1-2 Localización geográfica de las estaciones climatológicas aledañas al proyecto NAICM.....	1-13
Tabla 1-3 Parámetros de las estaciones climatológicas aledañas al sitio del proyecto NAICM .... .....	1-14
Tabla 1-4 Programa para las instalaciones del Servicio de Rescate y Extinción de Incendios (SREI) en el NAICM .....	1-32
Tabla 1-5 Vehículos disponibles para respuesta rápida del SREI en el NAICM.....	1-33
Tabla 1-6 Comparativa de las opciones 1 y 2 para la torre de control de tráfico aéreo del NAICM.....	1-46
Tabla 1-7 Cálculo de las dimensiones y número de tanques de almacenamiento de turbosina en el NAICM.....	1-67
Tabla 1-8 Cálculo del ducto de turbosina al NAICM .....	1-68
Tabla 1-9 Cálculo del sistema de bombeo de turbosina a red de hidrantes .....	1-68
Tabla 1-10 Cálculo de las dimensiones del sistema de hidrantes de turbosina.....	1-71
Tabla 1-11 Ejemplo de reporte de la técnica de análisis de riesgos <i>What if?</i> .....	1-98
Tabla 1-12 Causas típicas de fuga o ruptura para ciertos tipos de secciones de proceso .....	1-104
Tabla 1-13 Análisis <i>What if?</i> de los eventos relacionados con las actividades altamente riesgosas referidas en el anteproyecto del NAICM .....	1-112
Tabla 1-14 Jerarquización de los eventos riesgosos identificados mediante las técnicas <i>What If?</i> y LOPA referidas en el anteproyecto del NAICM .....	1-115
Tabla 2-1 Resultados de las simulaciones del anteproyecto del NAICM .....	2-42
Tabla 2-2 Interacción de los eventos de riesgo del NAICM .....	2-43
Tabla 3-1 Categorías y peligros potenciales a considerar en la administración de la integridad de los ductos de turbosina del NAICM .....	3-20
Tabla 3-2 Reducción de la frecuencia (probabilidad de ocurrencia) de los eventos riesgosos identificados en el NAICM con la aplicación de las medidas de seguridad.....	3-26
Tabla 4-1 Jerarquización de los riesgos identificados en el NAICM .....	4-5
Tabla 4-2 Resultados de las simulaciones del anteproyecto del NAICM .....	4-9
Tabla 4-3 Interacción de los eventos de riesgo del NAICM .....	4-10



Hoja dejada en blanco intencionalmente



# **1 ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO**





Hoja dejada en blanco intencionalmente



## CAPÍTULO 1: ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

- **Introducción**

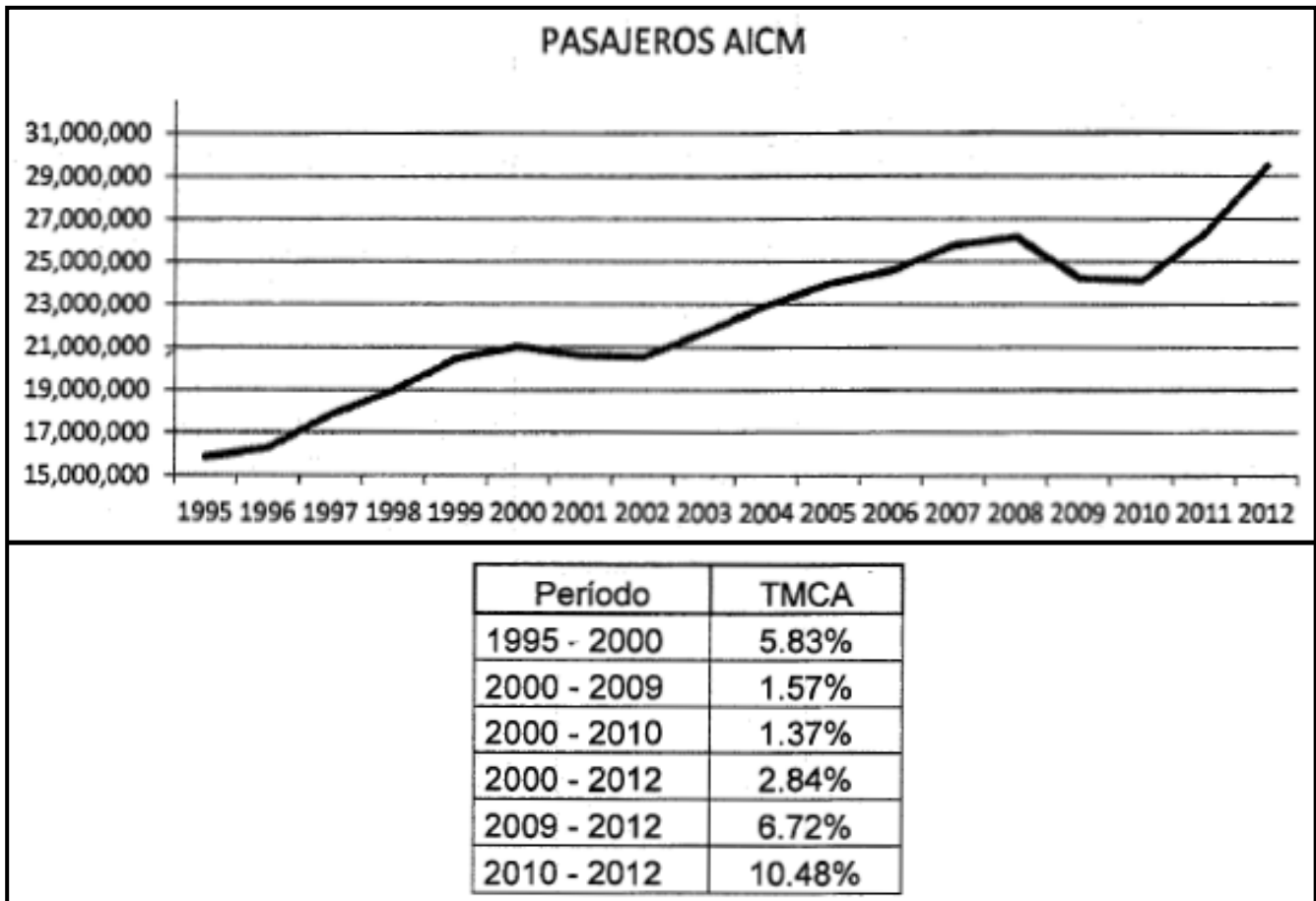
El Área Metropolitana de la Ciudad de México se encuentra actualmente atendida por el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), principalmente, y cuatro aeropuertos de los alrededores (Sistema Metropolitano de Aeropuertos o SMA): Aeropuerto Internacional de Toluca (AIT), Aeropuerto Internacional de Cuernavaca (AIC), Aeropuerto Internacional de Puebla (AIP) y el Aeropuerto Internacional de Querétaro (AIQ).

El AICM es el aeropuerto más concurrido de México, tanto por el tráfico de pasajeros como por el movimiento de aeronaves, y es el segundo aeropuerto de Latinoamérica con más tráfico de pasajeros después del Aeropuerto de Guarulhos, en São Paulo, Brasil, así como el aeropuerto más activo en cuanto a movimiento de aeronaves. El aeropuerto está situado en una zona densamente poblada y ha sufrido falta de capacidad debido a la limitación de la expansión.

El Gobierno de México ha aumentado la capacidad de AICM a 32 millones de pasajeros anuales por año y 400 000 movimientos de tráfico aéreo a través del rediseño y ampliación de la Terminal 1 y la Terminal 2, así como el aumento de la disponibilidad de horarios, lo que aumenta el número de puertas e incrementa la infraestructura, logrando así mejoras operativas al aeródromo. Estas inversiones se han traducido en mejores niveles de servicio para los pasajeros y una operación más eficiente del aeropuerto, aumentando la capacidad operativa en un estimado de 4 a 5%.

Se han brindado incentivos a las compañías aéreas para alentarlos a trasladarse a los aeropuertos del Sistema Metropolitano (SMA) y así tomar ventaja de la capacidad disponible; sin embargo, la demanda de los servicios aeroportuarios se sigue centrando en el AICM. Volaris e Interjet, que anteriormente operaban en el AIT, trasladaron sus operaciones al AICM tras la desaparición de Mexicana de Aviación. Un reciente estudio de mercado realizado por Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) indica que los cuatro aeropuertos de SMA deben centrar su área de influencia regional y local y no depender de la demanda del área metropolitana de la Ciudad de México y sus alrededores.

Se estima que la infraestructura actual del AICM dispone de capacidad estimada de 32 millones de pasajeros por año. Derivado de la demanda histórica, el AICM ha retrasado esta saturación por crisis anteriores (influenza y económica). Al cierre de 2012, el AICM concluyó el año con 29.41 millones de pasajeros. Analizando la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) para pasajeros en el AICM en diversos períodos (Figura 1-1) y las proyecciones de demanda, sin restricción en infraestructura, permite asumir que el AICM puede saturarse a partir del 2014 o 2015, inclusive antes si el crecimiento reportado para el período 2010-2012 se mantiene con dicha tasa elevada para los próximos años por la recuperación del mercado.



Fuente: Aeropuertos y Servicios Auxiliares, 2014.

**Figura 1-1 Tasa Media de Crecimiento Anual para pasajeros en el AICM**

Considerando que un proyecto para la construcción de un nuevo aeropuerto puede requerir de un período de preparación de 1.5 años, más 4.5 años para su construcción en una etapa inicial, es indispensable iniciar el desarrollo de dicha infraestructura a la brevedad. Para ello, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) ha desarrollado un Plan Maestro que incluye el anteproyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM).

El NAICM será construido en un terreno de aproximadamente 4 431 hectáreas ubicadas al este de la ciudad, y aproximadamente a 14 kilómetros al este del AICM existente. El sitio está limitado al norte por el Depósito de Evaporación Solar "El Caracol", al sur por la carretera Peñón Texcoco, al este por tierras de cultivo, y al oeste por áreas urbanizadas de las delegaciones Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza, así como del municipio de Ecatepec de Morelos.

Todas las instalaciones y operaciones existentes en el AICM serán trasladadas y replicadas al Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. El nuevo aeropuerto deberá estar en pleno funcionamiento en octubre de 2018. De acuerdo con el Plan Maestro, el NAICM se ha planeado para:



- Cubrir una demanda a su inauguración de 36.7 millones de pasajeros anuales, y que se ampliará en fases para dar cabida a una demanda máxima de 119 millones de pasajeros.
- Un aeródromo con un desarrollo final de 6 pistas paralelas, capaces de atender al avión más exigente en su máximo alcance, así como acomodar aterrizajes de tres aeronaves simultáneas.
- Una terminal aérea de pasajeros de alta eficiencia capaz de procesar hasta 50 millones de pasajeros para el año 2020 y para el año 2062 hasta 120 millones de pasajeros al año.
- Una plataforma de aeronaves que de manera flexible se acomode a toda la gama de aeronaves que actualmente se operan y que se hayan previsto, con acceso a puertas de abordaje para un mínimo del 85% de las posiciones activas de pasajeros.
- Un sistema terrestre de caminos de acceso, bahías de ascenso y descenso en la terminal y estacionamientos listos para la expansión gradual del complejo, así como las estaciones para Metrobús, Metro y tren de alta velocidad.
- Facilitar el desarrollo de instalaciones de mantenimiento de última generación, así como todos los servicios de apoyo necesarios para las operaciones de aeropuertos y aerolíneas.
- Promover el desarrollo de una ciudad aeroportuaria en la zona precedida por la terminal de pasajeros en la carretera de acceso al aeropuerto, que dará cabida a instalaciones comerciales relacionadas con el aeropuerto, incluyendo hoteles, centros de convenciones, edificios de oficinas y desarrollos comerciales.

Cabe destacar que se descarta la operación de ambos aeropuertos simultáneamente, AICM y NAICM, debido a la cercanía de ubicación y al tráfico de aeronaves en las rutas de vuelo.

El NAICM estará conformado por los siguientes componentes generales, constituidos por áreas, en los que quedarán insertas las instalaciones:

- 1) Aeródromo
  - Pistas de aterrizaje/despegue
  - Calles de rodaje y calles de acceso
  - Plataformas de la terminal de pasajeros
  - Servicios de navegación aérea y equipos
  - Torre de control de tráfico aéreo
- 2) Terminal de pasajeros
  - Transporte automatizado de personas y túneles
- 3) Acceso a la zona pública y estacionamiento
  - Conexiones a las calles externas y tránsito
  - Red de vialidades
  - Centro de transporte terrestre
  - Estacionamiento

#### 4) Instalaciones de apoyo

- Carga
- Aviación general
- Centro de logística
- Administración del aeropuerto
- Planta central de servicios
- Instalaciones militares y de gobierno
- Instalaciones de combustible

#### 5) Aerotrópolis

La infraestructura aeroportuaria del NAICM tendrá un crecimiento paulatino que se desarrollará en las siguientes fases:

- a) Fase 1 (2014-2018): inauguración
- b) Fase 2 (2018-2023): primeros 5 años de operación
- c) Fase 3 (2023-2028): primeros 10 años de operación
- d) Fase 4 (2028-2062): desarrollo final

En el año 2062 se alcanzará el máximo desarrollo, de manera que se pueda atender la creciente demanda de pasajeros y vuelos que se espera aumente de 36.7 millones en el año 2018 a 119 millones de pasajeros en el 2062, y de 36 079 vuelos en el 2018 a 45 169 vuelos en el 2062.

El diseño de las pistas propuesto para la configuración definitiva tiene seis pistas paralelas en una orientación de norte a sur. Están dispuestas muy cercanas la una de la otra, al este, centro y oeste del sitio, las cuales se enumeran del 1 al 6 de oeste a este. A continuación se desglosan las propuestas estratégicas para las fases de desarrollo del proyecto.

##### a) Fase 1 (2014-2018):

- Tres pistas de despegue/aterrizaje (pistas 2, 3 y 6) con capacidad suficiente para el crecimiento proyectado.
- Edificio terminal de pasajeros.
- Una plataforma para aeronaves.
- La red viaria del lado tierra, incluyendo carreteras, vías de tránsito, bordillos y aparcamiento, han sido dimensionadas para cumplir con la demanda proyectada al 2023.
- Inicio del desarrollo para Aerotrópolis.
- Área de carga / aduanas.
- Instalaciones gubernamentales y militares.
- Área de control de tráfico aéreo.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Áreas para el servicio de bomberos y extinción de incendios.
- Planta central de servicios.
- Edificio para el equipo del sistema de tierras.

- Edificio de mantenimiento.
  - Edificio para aviación general.
  - Área de tanques de combustible.
  - Instalaciones de avituallamiento.
  - Edificio para el mantenimiento del movedor automático de pasajeros.
  - Instalaciones logísticas.
  - Edificios administrativos.
  - Helipuerto.
  - Edificio de aparcamiento.
  - Centro de control de operaciones del aeropuerto / centro de operaciones de emergencia.
- b) Fase 2 (2018-2023):
- Construcción de la pista 4.
  - Ampliación de una ruta de metro al centro de transporte terrestre de la terminal del aeropuerto en 2035.
  - Extensión de la segunda línea del metro al centro de transporte terrestre a través de la ruta de Aerotrópolis.
  - Ampliación de la terminal de pasajeros.
  - Ampliación de instalaciones logísticas.
  - Ampliación de los edificios de mantenimiento.
  - Ampliación de los edificios de mantenimiento para aeronaves.
  - Ampliación de los edificios para el equipo del sistema de tierras.
  - Ampliación de las instalaciones de avituallamiento.
  - Extensión en la plataforma de aeronaves.
  - Ampliación en el área de carga / aduanas.
  - Ampliación en el desarrollo de Aerotrópolis.
- c) Fase 3 (2023-2028):
- Construcción de la pista 1.
  - Ampliación en la terminal de pasajeros.
  - Ampliación del área de tanques de combustible.
  - Ampliación en el área de los edificios de mantenimiento.
  - Ampliación en el área de los edificios para el equipo del sistema de tierras.
  - Ampliación en las instalaciones de avituallamiento.
  - Ampliación en el área de carga / aduanas.
  - Ampliación en las instalaciones logísticas.
  - Extensión del desarrollo para Aerotrópolis.
  - Ampliación en las plataformas para aeronaves.
  - Ampliación de la red viaria del lado tierra.
- d) Fase 4 (2028-2062):
- Terminación del área para la terminal de pasajeros.
  - Construcción de la pista 5.






















- Construcción de la segunda área de mantenimiento para aeronaves, entre las pistas 4 y 5.
- Pavimentación total del área de soporte.
- Ampliación del área de tanques de combustible.
- Ampliación de la planta central de servicios.
- Ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Ampliación en el área de carga / aduanas entre las pistas 2 y 3, y construcción de una nueva área entre las pistas 4 y 5.
- Extensión en las áreas de estacionamiento.
- Ampliación en las instalaciones logísticas ubicadas al este del predio y construcción de otra área entre las pistas 4 y 5.
- Construcción del área de los edificios de mantenimiento entre las pistas 4 y 5.
- Ampliación del área de los edificios para el equipo del sistema de tierras entre las pistas 2 y 3.
- Construcción de una nueva área de avituallamiento entre las pistas 4 y 5.
- Reserva para la posible segunda torre de control de tráfico aéreo.
- Plataforma para aeronaves entre las pistas 4 y 5.
- Terminación del área para el desarrollo de Aerotrópolis.
- Terminación de la línea del metro y Metrobús.
- Terminación del edificio para aviación general.
- Terminación del transporte automatizado de personas.

En la Figura 1-2 se muestra el proyecto del NAICM al 2018, y en la Figura 1-3 aparece el desarrollo del Plan Maestro del NAICM proyectado al 2062.

Tomando en consideración la distribución de las instalaciones previstas para el año 2018 del anteproyecto elaborado por ARUP y entregado por Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), se ha realizado el estudio de riesgo con la información contenida en el arreglo mostrado en la Figura 1-3. Las secciones correspondientes a la descripción del proceso y del proyecto que se han plasmado en este informe son muy generales, dada la ausencia descriptiva detallada de la distribución de los sistemas y equipos mostrados en la figura mencionada.

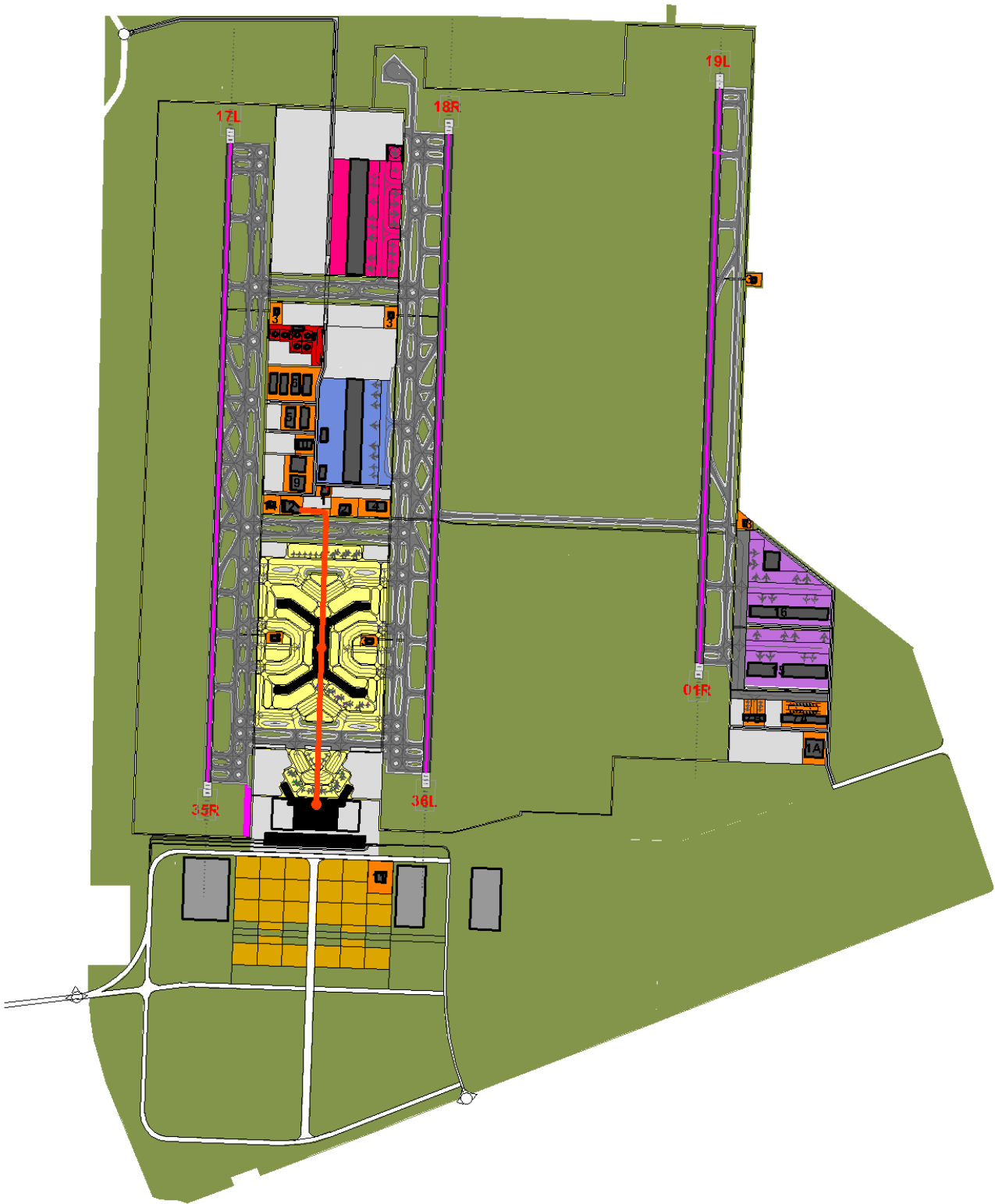


## Leyenda del Anteproyecto del Plan Maestro del NAICM:

	PLATAFORMA DE AERONAVES Apron	1	TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO Air Traffic Control Tower (ATCT)
	INSTALACIONES GUBERNAMENTALES Y MILITARES Government and Military Facilities	1A	CONTROL DE TRÁFICO AEREO AREA DE CONTROL Air Traffic Control (ATC) Area Control
	MANTENIMIENTO DE AERONAVES Aircraft Maintenance	2	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Waste Water Treatment Plant
	AREA DE CARGA/ADUANAS Cargo	3	SERVICIO DE BOMBEROS Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS Rescue and Fire Fighting Services (RFFS)
	AREA DE SOPORTE Support	4	PLANTA CENTRAL DE SERVICIOS Central Utility Plant (CUP)
	TERMINALES Terminal Buildings	5	EQUIPAMIENTO PARA SERVICIOS DE TIERRA Ground Service Equipment (GSE) Maintenance
	EDIFICIOS AUXILIARES Ancillary Buildings	6	EDIFICIOS DE MANTENIMIENTO Airport Maintenance Buildings
	PAISAJISMO Landscape	7A	HELIPUERTO Heliport
	AREA DE PISTAS Y RODAJE Taxiway Area	7B	AVIACIÓN GENERAL General Aviation (GA)
	PISTAS DE ATERRIZAJE/DESPEGUE Runways	8	TANQUES DE COMBUSTIBLE Aircraft Fuel Tanks
	APARCAMIENTO (ESTRUCTURA) Parking (Structure)	9	INSTALACIONES DE AVITUALLAMIENTO Flight Catering
	APARCAMIENTO (SUPERFICIE) Parking (Surface)	10	INSTALACIONES LOGÍSTICAS Airport Logistics
	DESARROLLO URBANÍSTICO Airport City	11	EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS Airport Administration Building
	FUTURA EXPANSIÓN Future Expansion	12	MANTENIMIENTO MOVEDOR AUTOMATICO DE PASAJEROS Automated People Mover (APM) Maintenance
	CARRETERA LADO TIERRA Landside Road	13	RESERVA PARA POSIBLE 2ª TORRE DE CONTROL AERONÁUTICO Potential 2nd Air Traffic Control Tower (2nd ATCT)
	ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES Fuel Farm	14	CENTRO DE CONTROL DE OPERACIONES DEL AEROPUERTO (CCOA) Y CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA (COE) Safety, Emergency and Illicit Event Response Center
	MOVEDOR AUTOMATICO DE PASAJEROS Automated People Mover (APM)	15	INSTALACIONES PARA HANGAR PRESIDENCIAL Y GUBERNAMENTAL Presidential & Government Hangars Facilities
	METRO Metro	16	INSTALACIONES MILITARES Military
	FERROCARRIL RÁPIDO Express Rail	17	EDIFICIO DE APARCAMIENTO Parking Structure

Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.





Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

Figura 1-2 Anteproyecto ejecutivo del NAICM al 2018



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

Figura 1-3 Anteproyecto ejecutivo del NAICM al 2062



## 1.1 BASES DE DISEÑO

En el anteproyecto de ARUP se incluyen las bases de diseño, así como las normas y códigos aplicables que se deberán considerar en la elaboración del proyecto ejecutivo del NAICM. La zona donde se pretende construir el NAICM está expuesta a fenómenos naturales y efectos meteorológicos, principalmente inundaciones y sismicidad, por su ubicación geográfica.

Los criterios de diseño, análisis y descripción de áreas identificadas como vulnerables (terremotos o sismicidad, corrimientos de tierra, derrumbes o hundimientos, inundaciones, vulcanología, fallas geológicas, fracturas geológicas, deslizamientos, entre otros) se describen en las secciones correspondientes contenidas en el capítulo IV de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto del NAICM. A continuación se mencionan los aspectos relevantes al respecto.

- **Vulnerabilidad a terremotos (sismicidad)**

Tradicionalmente, los temblores que se sienten tanto en la Ciudad de México como en sus alrededores se atribuyen a sismos a lo largo de la Costa del Pacífico, generalmente en los estados de Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Sin embargo, un examen más cuidadoso del registro sismológico muestra que la región de la Cuenca de México acusa la existencia de una actividad sísmica local que reviste importancia en la suerte de las obras civiles que allí están construidas o que están por construirse, situación por la cual se considera al sitio de proyecto como de alto riesgo sísmico.

Como consecuencia de los sismos ocurridos en septiembre de 1985, el Instituto de Geología de la UNAM, realizó un estudio estructural de la Cuenca de México en que se obtuvieron datos interesantes acerca de rasgos tectónicos estructurales prevaletentes, así como su relación con los sismos ocurridos entre 1952 y 1985. Los resultados se incluyen en la Tabla 1-1.

**Tabla 1-1 Sismicidad en la Cuenca del Valle de México**

No.	Fecha	Hora	Latitud N	Longitud W	Profundidad	Magnitud	Zona
1	29/06/1952	12:43	19.396	99.207			Tacubaya
2	06/07/1952	20:01	19.396	99.279			Tacubaya
3	21/09/1956	13:00	19.361	99.215			Presa Mixcoac
4	28/01/1959	04:31	19.391	99.172			Col. del Valle
5	12/08/1959	07:01	19.439	99.375			Sta. Cruz Ayotuxco
6	03/11/1959	11:30	19.415	99.213			Lomas de Chapultepec
7	04/01/1960	17:45	19.425	99.216			Lomas de Chapultepec
8	06/01/1960	18:54	19.345	99.293			Contadero
9	25/03/1961	14:24	19.320	99.310			Acopilco
10	10/12/1961	22:47	19.375	99.125			Col. Marte
11	15/06/1964	04:45	19.360	99.083			Iztapalapa
12	10/04/1967	21:43	19.406	99.193			San Miguel Chapultepec
13	13/05/1967	00:11	19.354	99.228			Las Aguilas
14	14/06/1968	13:53	19.306	99.138			Coapa
15	22/01/1973	09:32	19.440	98.890	9	3.7	Texcoco
16	22/01/1973	09:38	19.410	98.890	9	2.0	Texcoco



No.	Fecha	Hora	Latitud N	Longitud W	Profundidad	Magnitud	Zona
17	22/01/1973	09:50	19.420	98.950	9	2.3	Texcoco
18	22/01/1973	11:09	19.410	98.960	9	2.5	Texcoco
19	22/01/1973	11:21	19.430	98.950	9	2.6	Texcoco
20	22/01/1973	16:17	19.380	98.990	9		Texcoco
21	30/01/1973	00:42	19.500	98.900	8	2.2	Texcoco
22	30/01/1973	07:46	19.450	98.950	8	2.2	Texcoco
23	30/01/1973	08:02	19.490	98.910	8	1.9	Texcoco
24	30/01/1973	08:55	19.490	98.950	8	2.7	Texcoco
25	30/01/1973	08:58	19.570	98.900	8	2.3	Texcoco
26	30/01/1973	09:00	19.500	98.970	8	2.3	Texcoco
27	30/01/1973	09:48	19.500	98.960	8	2.7	Texcoco
28	30/01/1973	16:47	19.480	98.970	8		Texcoco
29	12/07/1974	08:38	19.360	99.210		3.5	Mixcoac
30	22/03/1977	04:56	19.329	99.205			San Jerónimo y Pedregal
31	15/06/1977	13:30	19.340	99.180			Chimalistac
32	22/02/1979	07:28	19.370	99.240			Santa Fe
33	19/02/1980	22:23	19.366	99.215			Mixcoac
34	21/02/1980	20:21	19.383	99.183			Col. del Valle
35	20/04/1980	01:49	19.350	99.190			Alta Vista, San Ángel
36	20/06/1980	11:39	19.386	99.181			Col. Nápoles
37	04/02/1981	13:40	19.373	99.205	1.2	3.5	Mixcoac
38	05/02/1981	17:58	19.366	99.198	0.65		Mixcoac
39	07/02/1981	16:40	19.375	99.210	0.8		Mixcoac
40	07/02/1981	17:32	19.370	99.202	1.67		Mixcoac
41	08/02/1981	20:37	19.383	99.213	1.4		Mixcoac
42	08/02/1981	23:53	19.390	99.219	0.32		Mixcoac
43	03/08/1981	07:11	19.391	99.166	5		Col. del Valle
44	19/10/1985	23:17	19.401	99.200			Col. Observatorio
45	29/10/1985	23:58	19.398	99.205			Col. Observatorio

Fuente: Instituto de Geología, UNAM.

### • Condiciones climatológicas

Para analizar las condiciones climatológicas típicas esperadas en el área del NAICM, se tomaron en cuenta los valores reportados en las 7 estaciones más cercanas al sitio del proyecto de las cuales las estaciones 15-041 y 15-383, correspondientes a Gran Canal y Lago Nabor Carrillo, son las más cercanas. En la Tabla 1-2 se presenta la localización geográfica exacta de las estaciones, y en la Figura 1-4 su ubicación con respecto al sitio del proyecto del NAICM.

**Tabla 1-2 Localización geográfica de las estaciones climatológicas aledañas al proyecto NAICM**

Estación climatológica		Ubicación		
No.	Nombre	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnmm)
-	Observatorio Aeropuerto	19°25'50"	99°05'10"	2 236
09-029	Gran Canal km 6+250	19°28'36"	99°05'29"	2 239
09-043	San Juan de Aragón	19°27'55"	99°04'45"	2 240
09-068	Puente La Llave	19°25'45"	99°03'10"	2 234
15-008	Atenco	19°32'38"	98°54'46"	2 245
15-041	Gran Canal km 27+250	19°33'42"	99°01'10"	2 236
15-383	Lago Nabor Carrillo	19°28'20"	98°59'30"	2 234



**Figura 1-4 Ubicación geográfica de las Estaciones Climatológicas respecto al Sitio**

En la Tabla 1-3 se presentan tabularmente los datos climatológicos promedio registrados en las estaciones arriba mencionadas, en los últimos 30 años, es decir, para el período 1981-2010.

**Tabla 1-3 Parámetros de las estaciones climatológicas aledañas al sitio del proyecto NAICM**

Parámetro	Estación climatológica (periodo 1981 – 2010)						
	Aeropuerto	09-029	09-043	09-068	15-008	15-041	15-383
Temperatura máxima extr. (°C)	32.2	36.5	38.5	37.6	38.0	36.0	34.5
Temperatura máxima (°C)	24.7	24.9	25.9	24.0	25.9	24.7	24.4
Temperatura media (°C)	15.9	17.1	17.5	14.6	16.7	15.4	15.6
Temperatura mínima (°C)	6.9	9.3	9.1	5.3	7.5	6.1	6.8
Temperatura mínima extr. (°C)	-5.5	-6.5	-5.5	-8.0	-13.0	-9.0	-3.8
Precipitación total (mm)	556.7	616.1	615.8	303.9	561.2	591.0	558.7
Evaporación total (mm)	1 723.9	1 653.9	1 232.7	-	1 862.8	1 693.5	2 059.8
Días con lluvia apreciable	107.23	96.3	102.4	63.5	100.9	85.5	92.6
Días nublado cerrado	127.42	-	-	-	-	-	-
Días con granizo	1.12	0.1	0.1	0.4	0.2	0.1	0
Días con tormentas eléctricas	8.65	0.1	0.6	1.3	1.9	-	-
Días con niebla	84.04	5.2	3.0	1.6	17.6	23.0	9.4
Días con nevada	0.27	0	0	0	0	0	0

Como se puede apreciar, los valores de temperatura máxima promedio en todas las estaciones son muy similares, difiriendo en menos de dos grados entre el valor mínimo reportado (24 °C en



Lago Nabor Carrillo) y el máximo reportado (25.9 °C San Juan de Aragón). El promedio coincide prácticamente con lo reportado en la Estación 15+041 (Gran Canal), que es la más cercana al sitio. Por lo que se refiere a la temperatura máxima extrema, nuevamente el valor reportado en esta última estación representa un promedio de las demás.

Para considerar las condiciones tanto de viento como de humedad, se recurrió a los datos reportados en la Estación Observatorio Aeropuerto, encontrándose un rango de 4 a 6 m/s promedio (escala de Beaufort). Vale la pena mencionar que se cotejaron estos datos con los correspondientes a la Estación Tacubaya, encontrándose valores similares.

De igual manera, el valor de humedad relativa promedio obtenido de la Estación Observatorio Aeropuerto es del 59%.

- **Inundaciones**

El período de sequía en todas las estaciones se evidenció en los meses de noviembre a abril, mientras que la época de lluvias está diferenciada entre los meses de junio a agosto.

El promedio de evaporación total anual de acuerdo con la Estación Gran Canal es de 1 693.5 mm, con una precipitación media anual de 591 mm. Considerando los datos de precipitación, el sitio de proyecto resulta susceptible para que se presenten inundaciones.

En cuanto a fenómenos especiales, de acuerdo con la Estación Gran Canal, se pueden mencionar los siguientes:

- Días al año con lluvia apreciable: 85.5
- Días al año con granizo: 0.1
- Días al año con niebla: 23
- Días al año con nevada: 0

Debido a la ausencia de información para otros fenómenos meteorológicos, de acuerdo con la Estación Observatorio Aeropuerto se tienen los siguientes datos:

- Días al año nublado/cerrado: 127.42
- Días al año con tormentas eléctricas: 8.65

Como se puede apreciar en la Tabla 1-3 previa, para fenómenos meteorológicos especiales la diferencia de valores reportados es muy grande.

- **Fenómenos geológicos**

La geología del sitio del proyecto del NAICM está ligada con la formación de la Cuenca de México (De Cserna, 1988), cuyas partes centrales y sur occidentales ocupan la zona urbana de la Ciudad de México a la altitud promedio de 2 240 msnm; se localiza en el borde meridional de la Mesa Central del Sur, sobre el cual se edificó un tramo de la Zona Neovolcánica Transmexicana, esencialmente durante el Plioceno-Holoceno. La cuenca está alargada en



dirección NNE-SSW con longitud aproximada de 100 km y anchura de 30 km, delimitada al norte por la Sierra de Pachuca, al oriente por la Sierra de Río Frío y por la Sierra Nevada, al sur por la Sierra de Chichinautzin y al poniente el Volcán Ajusco y la Sierra de las Cruces.

La Cuenca de México es una cuenca endorreica de desagüe artificial que se formó al cerrarse el Antiguo Valle de México como resultado de su obstrucción por la actividad andesítico-basáltica que edificó la Sierra de Chichinautzin al sur de la ciudad.

El drenaje interrumpido, desde la región de la Sierra de Pachuca hacia la cuenca hidrográfica del Río Amacuzac en el sur, propició la formación de un lago al norte de la Sierra de Chichinautzin y su azolvamiento paulatino, acompañado por eventos volcánicos cortos y locales durante los últimos 700 000 años. El azolve o relleno cubrió discordantemente un terreno de topografía severamente disectada, por lo que tiene una variación notable en su espesor en sentido lateral.

Las rocas más antiguas que se detectaron por sondeos en el subsuelo de la Cuenca de México, que afloran en regiones colindantes, son anhidritas que subyacen a calizas marinas del Cretácico Inferior que, a su vez, están cubiertas por calizas, lutitas y areniscas del Cretácico Superior. Esta secuencia sufrió plegamiento hacia el final del Cretácico, que fue seguido por un período de erosión. Debido a estos acontecimientos, no se conoce el espesor real de estas rocas debajo del subsuelo de la cuenca, pero conservadoramente se estima su espesor máximo entre 1 400 y 2 200 m. Las rocas terciarias cubren discordantemente a las rocas cretácicas. La unidad basal de esta secuencia está formada por depósitos clásticos continentales de color principalmente rojizo, con la presencia local de yeso y de rocas volcánicas.

La acumulación de estos depósitos se efectuó durante el Paleoceno-Eoceno en condiciones de drenaje obstruido por fallamiento en bloques, que también influyó en la distribución lateral de éstos y en la variación de su espesor. En el subsuelo de la Cuenca, estos depósitos alcanzan 600 m de espesor.

Las rocas volcánicas predominantemente andesíticas a dacíticas sobreyacen discordantemente a los depósitos continentales y a rocas más antiguas, tienen un espesor promedio de 600-700 m, y se acumularon durante el Oligoceno tardío-Mioceno temprano. Su origen magmatotectónico estuvo relacionado con el proceso de subducción a lo largo de la costa occidental de México que finalizó hace unos 20 millones de años (actualmente subduce la Placa de Cocos).

El terreno formado por las rocas volcánicas oligo-miocénicas quedó profundamente erosionado antes de que las siguientes manifestaciones volcánicas aparecieran en la región hacia el final del Mioceno. Este nuevo período de magmatismo, de composición riolítica, decítica, andesítica y hasta basáltica, se inició después del rearrreglo geodinámico de la región del Pacífico Oriental a raíz de una convergencia general NE-SW que hoy en día está activa. Las manifestaciones de este magmatismo consisten en derrames de lava y material volcanoclástico asociado, en la región de la cuenca de México conforman la mayor parte de las sierras que constituyen sus límites oriental, septentrional y occidental, así como la masa principal de la Sierra de Guadalupe.



Asociados a estas manifestaciones volcánicas se presentan depósitos volcánicos epiclásticos que se acumularon principalmente durante el Pliocuaternario como abanicos aluviales coalescentes, desde las sierras limítrofes de la cuenca hacia el antiguo Valle de México. Estos depósitos alcanzan espesores cercanos a los 650 m en algunos sitios del subsuelo de la cuenca.

Las manifestaciones volcánicas más trascendentales para el entorno geológico actual de la Cuenca de México, aun cuando no son los más espectaculares, se formaron durante los últimos 700 000 años y consisten en unos 220 conos volcánicos monogenéticos de andesita basáltica, que se presentan en dos campos volcánicos mayores (Chichinautzin y Tezontepec), además de una veintena de conos en las partes meridionales del vaso de la cuenca. Fue esta la actividad volcánica que convirtió al antiguo valle en la cuenca actual, y cuyas manifestaciones reflejan la orientación NE-SW del esfuerzo tectónico en la región, estrechamente relacionado con el marco geodinámico del sur de México.

### 1.1.1 Proyecto civil

Uno de los principios clave del anteproyecto del NAICM, engloba la selección de dos aspectos sumamente ligados: los materiales estructurales y los sistemas de pisos. Entre los factores importantes se encuentran el costo, la velocidad y facilidad de la construcción, así como el peso, el cual afecta los costos para la cimentación y las cargas sísmicas.

En lo particular, para la terminal de pasajeros, una de las cualidades más importantes en su estructura será su flexibilidad para permitir cambios en la post-construcción, según varíen las necesidades del edificio con el tiempo. Otra decisión importante que se consideró para la terminal de pasajeros es la selección de un módulo estructural, o cuadrícula de columnas, para el plan arquitectónico en desarrollo. El módulo no sólo deberá de ser económico, sino que también deberá soportar la amplia variedad de funciones dentro del espacio y proveer flexibilidad para así facilitar cambios futuros en el edificio.

Otras consideraciones importantes son las estrategias para la resistencia de los efectos ocasionados por las fuerzas laterales del viento y las cargas sísmicas. Los soportes más eficientes para edificios bajos son los marcos rígidos, marcos de soporte o muros de cortante. Cuando no hay soportes o muros, los marcos rígidos proporcionan la máxima flexibilidad a futuro en el espacio. No obstante, los sistemas de marcos de soporte y de muros de cortante son más económicos y se deben incorporar en donde sea posible.

En algunas ubicaciones, la estructura del techo puede estar expuesta, volviéndose así una parte primaria de la estética. En estos casos, es de suma importancia que el diseñador comprenda que la estructura proporcionará al público una definición del edificio. Los vanos largos son características comunes de la estructura de techos en terminales para pasajeros. Al igual que en otras estructuras más comunes, el costo y la facilidad de la construcción deben ser consideraciones importantes.

En todas las estructuras, el diseño de las cimentaciones requerirá consideraciones minuciosas de las condiciones geotécnicas específicas del sitio. La evaluación preliminar de





los parámetros geotécnicos sugiere que el diseño requerirá un sistema de cimentaciones soportadas por pilotes. Para consultar la descripción de las condiciones de suelo del sitio y las recomendaciones adicionales del sistema de cimentación, se desarrollaron estudios geotécnicos en el sitio, cuyos resultados se incluyen en el anteproyecto realizado por ARUP.

- **Pistas y rodajes**

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) publica anexos y documentos que proporcionan una guía para el diseño de aeropuertos, incluyendo las pistas de aterrizaje/despegue. La guía de diseño general es el Anexo 14 de la OACI - Aeródromos, Volumen I, Diseño de Aeródromos y su Operación. Esta guía proporciona normas para el diseño, tamaño, distancias, y características operativas de los diversos elementos clave del aeródromo, incluyendo pistas, calles de rodaje, calles de acceso y plataformas de estacionamiento de aeronaves. Los países signatarios de la OACI tienen la opción de adoptar dichas normas tal y como se encuentran, o adaptar y consolidar las normas dentro de sus propios documentos. En México, muchas de las normas de la OACI del Anexo 14 han sido adaptadas por la autoridad aeronáutica local, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), en la Circular Obligatoria (CO) DA 07/04: Requisitos para regular la construcción, modificación y operación de aeródromos. Si los criterios establecidos en este anteproyecto son diferentes en el Anexo 14 y el CO DA 07/04, prevalecerán las normas del CO DA 07/04.

El campo de aviación en el NAICM estará compuesto inicialmente de tres pistas paralelas, y en la fase final, seis pistas paralelas. Las pistas estarán conectadas a las áreas de estacionamiento de las aeronaves a través de una red de calles de rodaje y calles de acceso que faciliten el movimiento seguro y eficiente de las aeronaves en tierra.

Las publicaciones de la OACI y de la DGAC disponen de tamaños críticos y relaciones entre los elementos principales de los aeropuertos, incluidas las pistas, calles de rodaje, calles de acceso, plataformas de estacionamiento de aeronaves edificios, caminos y obstáculos. Muchas de las especificaciones se basan en el Código de Referencia del Aeródromo (ARC por sus siglas en inglés) de los tipos de aviones más exigentes previstos para utilizar las instalaciones; estos se definen en la Tabla 1 del Anexo 14 de la OACI. El ARC se compone de dos partes:

- Un número del 1 al 4, que representa la longitud del campo de referencia (requisito de longitud de pista aproximada), un indicador de la velocidad de vuelo de la aeronave y el peso, y
- Una letra de la A a la F, que representa el tamaño con base en la anchura y envergadura exterior del tren de aterrizaje principal.

Para algunos elementos del aeropuerto, sólo una parte de la ARC es relevante. Por ejemplo, para las normas dimensionales de las calles de rodaje, sólo la letra de código (tamaño) es relevante, debido a que la aeronave está en tierra. Los aviones grandes requieren de secciones de pavimento más amplias y profundas, y de espacios de seguridad más amplios entre puntas de alas.

El NAICM será clasificado como 4-F. Algunos elementos pueden estar basados en el Código E o Código C, en ciertas zonas en las que sólo esos tipos de aviones son los que van a operar. Casi todos los espacios de los ejes centrales de las pistas de aterrizaje, calles de rodaje, calles de acceso zonas de despacho se basan en el Código F, aun cuando los tamaños del pavimento pueden estar basados en el Código E. La razón es que hay relativamente pocos aviones Código F en el pronóstico, por lo que no hay justificación económica para la instalación completa de un pavimento código F. Sin embargo, si en el futuro los números de aeronaves Código F que operen en el aeropuerto se vuelven más importantes de los que se prevé, la actualización de estas áreas de código E a código F sólo requerirá la ampliación de la zona pavimentada, pero sin mover las calles de rodaje o los ejes de las calles de acceso.

- **Plataformas**

El diseño del NAICM considera plataformas para permitir la carga y descarga de pasajeros, cargamento o correo, así como para dar servicio a las aeronaves, sin interferir con el tráfico de aeródromo. Cada parte de la plataforma deberá ser capaz de soportar el tráfico de las aeronaves a las que pretende servir. Las áreas de plataforma deberán incorporar sistemas de drenaje para eliminar el agua de lluvia de la superficie y transportarla al sistema de drenaje pluvial del aeropuerto. Las pendientes de las plataformas deben estar lejos de las puertas, las terminales y los hangares, para garantizar que el agua pluvial no cause inundaciones en estas instalaciones.

El abastecimiento de combustible en plataformas se proporcionará para todas las posiciones de contacto, y para algunas posiciones remotas identificadas durante la construcción de las futuras fases de desarrollo del NAICM. Los diseños serán optimizados para la combinación de aviones en cada posición, y por lo general se requiere un par para cada línea de entrada. Los hidrantes estarán diseñados e instalados enrasados con el pavimento de la plataforma, para minimizar el impacto de las ruedas de la aeronave sobre ellos.

- **Edificio de la terminal de pasajeros y edificios de apoyo**

El diseño de la ingeniería civil para el Edificio de la Terminal de Pasajeros y recursos asociados comprenderá el diseño de nivelación del sitio, diseño de sistemas de drenaje de aguas pluviales y el diseño de los servicios públicos, así como la coordinación de los sistemas de servicios públicos hacia los edificios. Las vías que van de la Planta Central de Servicios (*Central Utility Plant*, CUP) del nuevo aeropuerto a los puntos de conexiones en edificios forman parte del ámbito de la ingeniería civil, y la coordinación con el equipo de diseño es fundamental para garantizar un diseño totalmente coordinado en las interfases de la construcción.

- **Tanques de almacenamiento de turbosina**

El área de almacenamiento de combustibles (turbosina) es una parte crítica de la infraestructura del NAICM. Como mínimo, el sitio elegido para el parque de iluminación debe



tener una elevación por encima del nivel de inundación previsto 1:100 del sitio para proteger este activo y mantener un ambiente laboral seguro durante las lluvias extremas.

El combustible de aviación (turbosina) es un producto altamente inflamable que requiere una adhesión rígida a todas las normas aplicables de la industria y de seguridad operacional.

Una de las consideraciones fundamentales para el sitio del NAICM es el establecimiento de las ubicaciones de las pistas y sus perfiles de nivelación junto con las elevaciones de las infraestructuras críticas, tales como el área de almacenamiento de combustible. En el sudeste del sitio propuesto para el Aeropuerto, la estación de bombeo Casa Colorada recibe flujos combinados de aguas pluviales y alcantarillado de la zona más amplia de la Ciudad de México. Aunque la disposición de descarga y ubicación de las lagunas de regulación se verán alteradas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para facilitar el desarrollo del sitio del aeropuerto, la estación de bombeo Casa Colorada permanecerá en su ubicación actual. Si se produjera alguna falla en estas instalaciones, existe la posibilidad de que las inundaciones impacten el sitio del aeropuerto. Por lo tanto, se recomienda que el punto más bajo del aeropuerto sea establecido a un mínimo de 1.0 m sobre el nivel de arranque de la bomba en esta instalación. El nivel de arranque de la bomba está fijado actualmente a 2,226.90 msnm, pero esto puede ser alterado como resultado del programa de las obras hidrológicas de la CONAGUA. Se requerirá coordinación con la CONAGUA para determinar las elevaciones mínimas de las nivelaciones finales.

El área de almacenamiento de combustible deberá desarrollarse en un sitio con buena nivelación, y las medidas adecuadas implementadas para el drenaje y la contención de derrames. Se recomienda que la elevación del área del parque de combustible esté por encima del nivel de inundación estimado de 1 en 100 años, asociado con los sistemas hidrológicos en el sitio y fuera del sitio (on-site-y off-site).

Se debe proporcionar una berma de 2 m de alto (6 pies) alrededor del área de almacenamiento de combustible para aislarlo de otras instalaciones a manera de que se contengan los potenciales derrames de turbosina.

La contención de derrames y otras descargas accidentales de combustible son de vital importancia para las autoridades del aeropuerto. Las regulaciones federales, estatales y locales generalmente dictan el tipo de instalaciones y de materiales necesarios para cumplir con dichas normas. Lo anterior incluye:

- Pavimento de concreto, bordes de contención y otras infraestructuras de control de derrames en las estaciones de carga y descarga de camiones;
- Depósitos de doble pared, en los que la pared exterior sirve como contención secundaria, o diques de contención alrededor de los tanques de una sola pared;
- Sistemas de tuberías subterráneas de doble pared con sistemas de detección de fugas;
- Separadores de aceite y agua que se instalan como parte del sistema de drenaje de aguas pluviales del parque de combustible para separar el aceite en escorrentías de



aguas pluviales. Todos los flujos necesitarán pasar por estos dispositivos antes de la recolección en el sistema de drenaje pluvial.

La tubería del área de almacenamiento de combustible deberá estar por encima del suelo para eliminar el asentamiento diferencial entre los tanques de almacenamiento y las tuberías. Esto también facilita un mejor acceso para el mantenimiento de los sistemas de tuberías. Todas las tuberías de combustible serán de acero A53B, como mínimo. Donde ocurre la transición hacia las tuberías subterráneas en el perímetro del área de almacenamiento de combustible, se utilizarán juntas articuladas para la distribución de combustible en el aeródromo. Esto permitirá el movimiento entre la tubería que va sobre el suelo y la subterránea.

El asentamiento es una de las principales preocupaciones acerca del sitio del NAICM, debido a las condiciones de suelo subyacente. No se pueden tolerar asentamientos en las infraestructuras críticas del área de almacenamiento de combustible y los siguientes componentes deben tener las cimentaciones adecuadas para asegurar que los asentamientos diferenciales se eliminen (o se controlen a rangos de tolerancia de no más de 25 mm/1") y que los componentes mantengan las mismas elevaciones entre sí:

- Muros circulares que dan soporte a los tanques de almacenamiento de combustible que están sobre la superficie;
- Tubería superficial del parque de combustible, apoyada regularmente sobre soportes duales de tubería;
- Estación de bombeo del parque de combustible.

Se pueden tolerar asentamientos en el pavimento del área de almacenamiento de combustible, pero se debe proporcionar un revestimiento de membrana en los puntos donde el pavimento se una al muro circular que soporta los tanques. Esto asegurará que el asentamiento del pavimento en el muro circular no cause problemas por separación y por entradas posteriores de agua. El movimiento deberá ser monitoreado en estas interfases.

El pavimento para el área de almacenamiento de combustible puede ser de asfalto o de concreto; sin embargo, se recomienda pavimento de concreto para las instalaciones. Los derrames de combustible son más fáciles de limpiar en superficies de concreto y causa menos deterioro. Además, dada la carga de tráfico pesado para las entregas de combustible por auto tanque, una losa de concreto proporcionará mayor longevidad. El pavimento deberá incluir un sistema de recolección de drenaje que transporte el agua pluvial y los derrames a través de un separador de agua/aceite de retención completa antes de conectarse con el sistema de alcantarillado sanitario y de transportarse finalmente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sitio.

La construcción de pavimentos de concreto para el área de almacenamiento de combustible deberá ser diseñada según los criterios de carga AASHTO HS 20-44 como mínimo. La subrasante deberá prepararse para lograr un valor relativo de soporte (*California Bearing Ratio*, CBR) mínimo de 6%.



El rendimiento del pavimento de concreto depende en gran medida del desempeño satisfactorio de las juntas. La mayoría de las fallas en el pavimento de concreto armado con juntas pueden atribuirse a fallas en las juntas y no a una capacidad estructural insuficiente. Sin importar el material sellador que se use en las juntas, se requerirá un resellado periódico para garantizar un rendimiento satisfactorio de las juntas a lo largo de la vida del pavimento. El rendimiento satisfactorio de las juntas también depende de las normas apropiadas de diseño del pavimento, de la calidad de los materiales de construcción y de los buenos procedimientos, tanto de construcción, como de mantenimiento.

Los tipos más comunes de juntas de pavimento, las cuales se definen por su función, son los siguientes:

- Junta transversal de contracción - un surco aserrado, formado o trabajado en una losa de concreto que crea un plano vertical de debilidad. Estas juntas regulan la ubicación de las grietas causadas por los cambios dimensionales en la losa y es, por mucho, el tipo más común de juntas en pavimentos de concreto.
- Junta longitudinal - una junta entre dos losas que permite la deformación de las losas sin que se aprecie separación o agrietamiento en las mismas.
- Junta de construcción - una junta entre losas que resulta cuando el concreto se coloca en diferentes momentos. Este tipo de junta se puede dividir incluso más en juntas transversales y juntas longitudinales.
- Junta de expansión - una junta colocada en un lugar específico para permitir que el pavimento se expanda sin dañar las estructuras adyacentes o el mismo pavimento.

Los tipos de junta, la construcción y el espaciado de las mismas, se desarrollarán a través del proceso de diseño. Donde se requieren juntas con pasadores según el código, éstos se deben colocar a profundidad media en la losa. Los pasadores deben ser resistentes a la corrosión para evitar que se atasquen. Los pasadores de acero inoxidable con recubrimiento epóxico han demostrado evitar adecuadamente la corrosión y son los de preferencia.

La precarga en el área de tanques de almacenamiento de turbosina no proporcionará la suficiente capacidad en tierra para los requisitos de las cimentaciones de los tanques de combustible y los suelos de las cimentaciones necesitarán un mejoramiento adicional para soportar las cargas pesadas de los tanques con factores de estabilidad aceptables en cuanto a seguridad y dentro de los estrictos criterios de asentamientos.

Las cimentaciones propuestas para los tanques consisten en introducir columnas de suelo cemento con el objetivo de crear un material compuesto de mayor fuerza y compresibilidad reducida que aumente eficazmente la capacidad de soporte del suelo y los asentamientos de control post-construcción. Las columnas rígidas pueden ser pilotes de concreto colados en sitio, pilotes hendidos de concreto precolado pre-tensado y columnas profundas de mezcla de cemento.

Entre la parte superior de las columnas y la parte inferior de los tanques debe haber una plataforma de transferencia de carga que transmita las cargas del tanque a las columnas. La plataforma de transferencia de carga se suele hacer con una capa de 1 m de tierra

compactada con reforzamiento geosintético. Además, el borde del tanque estará sobre un aro de tanque de concreto reforzado que contendrá una plataforma de transferencia de carga.

Las columnas deben fungir como pilotes de fricción en la arcilla. Se debe tener un cuidado especial para evitar que la parte inferior de las columnas ejerzan su peso sobre los suelos resistentes debajo de la formación arcillosa superior, para así evitar que los elementos penetren la plataforma de transferencia de carga para asentarse, como resultado del continuo bombeo de agua subterránea en la región.

Las fuerzas dinámicas impuestas por el fluido contenido en las cimentaciones del tanque durante un evento de terremoto pueden llegar a ser significativas. Las cimentaciones se deben diseñar adecuadamente para poder soportar las cargas dinámicas sin poner en riesgo la integridad estructural y la funcionalidad del tanque. La idoneidad de las cimentaciones propuestas para resistir las cargas dinámicas es algo que se necesita evaluar durante las etapas de diseño del proyecto.

- **Barda perimetral**

El sistema de cercado perimetral estará compuesto por vallas, muros de concreto/mampostería y/o las paredes exteriores de los edificios localizados en el perímetro del aeropuerto. El sistema de cercado perimetral incluirá una valla de 2.5 m de altura mínima con alambre de púas inclinado en la parte superior y malla antitelescopaje. Donde el sistema de cercado perimetral se conecte con una pared exterior de alguna instalación perimetral, el sistema de cercado deberá estar conectado directamente con la pared perimetral y no deberá tener una brecha mayor a la de la malla de la cerca. Donde la valla perimetral sea accesible a los vehículos, el sistema de cercado perimetral será a prueba de colisiones con capacidad para detener un vehículo de 6 810 kg que viaja a 48 km/h con una distancia de penetración menor a 1 m.

Donde se requiera el acceso de vehículos del lado tierra a los edificios de soporte, se instalará una pluma vehicular para controlar el acceso. La puerta de entrada de vehículos deberá tener una reja operable de 2.5 m de altura mínima con rodillos deslizantes motorizados para facilitar su apertura automática para los vehículos autorizados. La pluma de entrada será a prueba de colisiones con capacidad para detener un vehículo de 6 810 kg que viaja a 48 km/h con una distancia de penetración menor a 1 m.

Deberá proporcionarse una vialidad perimetral de acceso controlado alrededor del NAICM. Se colocarán trituradores de llanta direccionales en los puntos de control de entrada de vehículos para proporcionar un nivel adicional de control direccional. Las cimentaciones de la pared y la cerca perimetral deberán estar diseñadas para soportar los impactos descritos anteriormente o para evitar fallas o el volcamiento de estas instalaciones.

El predio del NAICM tiene un perímetro de 29 km. La parte sur estará abierta al público, como acceso principal para los diferentes tipos de transporte de superficie al edificio de la terminal de pasajeros y la ciudad aeroportuaria. El área de operaciones aéreas estará



completamente rodeada por una línea ininterrumpida de vallas de seguridad y edificios con separaciones seguras entre las zonas. Se construirá una valla de seguridad y un camino perimetral a lo largo de la extensión de la zona de operaciones aéreas que bordea el límite de la propiedad del aeropuerto.

### 1.1.2 Proyecto mecánico

- **Tanques de almacenamiento de turbosina**

Los tanques de almacenamiento de turbosina se diseñarán y se construirán para que sean tanques verticales de acero de conformidad con la Norma API 650 (*Welded steel tanks for oil storage*). Se realizará una inspección final de cada tanque construido y se autorizará por parte de un inspector certificado en la Norma API 653 (*Tank inspection, repair, alteration and reconstruction*). Las superficies internas de los tanques deberán estar granalladas a la preparación de la superficie de recubrimiento del fabricante para ese recubrimiento en específico. Esto se hace normalmente con metal blanco o casi metal blanco SSPS/SSPC.

Cada tanque de combustible estará protegido por un sistema AFFF (*Aqueous Film Forming Foam*) que descargará espuma AFFF dentro del tanque a través de formadores de espuma en la pared del tanque.

Cada tanque de almacenamiento de turbosina deberá tener las siguientes características:

- Armazón de acero.
- Techo cónico.
- Columnas de soporte del techo cónico.
- Escotilla en el techo para el ingreso de personal al tanque.
- Escotilla medidora montada en el techo, medidor de nivel y equipo de alarma de nivel, ventilación en la azotea, barandilla en el perímetro con la placa rodapié y luces de advertencia, según corresponda a la ubicación en el aeropuerto, y accesorios para techo diversos para el indicador de posición de succión flotante y cables de pruebas de función.
- Piso cónico inferior del tanque.
- El armazón del tanque tendrá una escalera helicoidal externa a la azotea y terminar en una plataforma al nivel del techo. La escalera tendrá un pasamano de seguridad.
- La pared externa del tanque tendrá las siguientes boquillas y características de acceso:
  - Dos toberas con bisagras de 1 m de diámetro localizados diametralmente opuestos entre sí e instalados en el eje de la dirección predominante del viento.
  - Un registro de acceso al tanque con bisagras y forma de lápida de 1 m de ancho.
  - Una boquilla de aspiración de la bomba dimensionada para una velocidad de flujo máxima de 5 pies por segundo (1.52 m/s).
  - Una boquilla de llenado del tanque dimensionada para una velocidad de llenado máxima de 6 pies por segundo (1.83 m/s).



- Un difusor de llenado del tanque instalado para descargar aproximadamente el paralelo al armazón del tanque y hacia abajo al piso del tanque para reducir la velocidad de flujo a 3.3 pies por segundo (1 m/s), máximo.
- Una boquilla de extracción de agua para una válvula doble de extracción de agua por Ocecco, Shand y Jurs, o equivalentes aprobados.
- Dos boquillas de 200 mm para el vaciado del tanque, transferencia de combustible del tanque a tanque y para la recirculación del combustible del tanque. Una de ellas será para la succión de la bomba de extracción y el otro será para la transferencia de combustible o para devolverlo al tanque.
- Dos conexiones con bridas externas / internas de 50 mm para eliminar mezclas de combustible/agua del sumidero del tanque y devolver el combustible al tanque después de ser procesado por un sistema protector de cárter. El sistema protector del sumidero será modelo Gammon Technical Products 616B o equivalente.
- Múltiples boquillas de brida instaladas a diferentes elevaciones en el armazón del tanque para determinar la temperatura del combustible en los distintos niveles de compensación (corrección) de temperatura del volumen de combustible en relación con la temperatura de medición volumétrica estándar.
- Montajes para una tabla que indique la posición de succión flotante y el sistema de cable.
- Penetraciones para cámaras de generación/aplicación de espuma AFFF.
- Escudetes adjuntos a los pernos de anclaje para terremoto en todo el perímetro del armazón.
- Terminal(es) de cables eléctricos.
- Conexiones eléctricas de protección catódica.

La placa de la base exterior del tanque (porción del piso de acero que se extiende hacia afuera de la pared del tanque) tendrá material de sellado entre la campana y el muro circular. Se instalará una falda elastomérica desde la pared externa del tanque hasta la cara vertical del muro circular para evitar que el agua se filtre más allá del sello de la campana y que entre en el espacio que existe debajo del piso del tanque.

La boquilla de extracción de agua tendrá reductor de tubería de 3 pulgadas por 1 pulgada dentro del tanque para un tubo de extracción de 1 pulgada de la pared del tanque al sumidero y terminará una pulgada arriba del piso del sumidero. La tubería debe conectarse a una boquilla montada en la parte interior de la pared del tanque. La tubería de extracción de agua debe ser de acero inoxidable para eliminar cualquier recubrimiento y repintado.

Las cimentaciones de cada tanque deberán consistir en un muro circular de concreto con pilotes reforzados con acero y piso de concreto con soporte de pilotes reforzados con acero.

Se instalará un revestimiento de membrana de contención secundaria y un sistema de protección catódica bajo el fondo de cada tanque para evitar que los derrames se liberen hacia el medio ambiente y para evitar la corrosión de la parte inferior del piso del tanque.





Se instalarán tuberías perforadas para la detección de fugas a través del muro circular del tanque y entre el piso de acero del tanque y el revestimiento de membrana para detectar las fugas del tanque de almacenamiento de turbosina.

Se instalarán dispositivos internos de succión(es) flotante(s) a la boquilla interna de succión del tanque. Se instalarán uno o más dispositivos paralelos entre sí para alcanzar una velocidad de flujo máxima de succión de 5 pies por segundo (1.52 metros por segundo). Estos dispositivos de succión flotante se extenderán casi hasta el centro del tanque y tendrán una junta articulada en el extremo de la pared del tanque, una boquilla volteada hacia abajo con placa anti-vortex montada sobre el extremo libre del brazo de succión flotante. Se instalará un sistema de flotación en el brazo de succión para proporcionar la flotabilidad requerida para el extremo(s) libre(s) del dispositivo de succión, de tal manera que flote sobre el combustible en el tanque. Una cadena de rotación de restricción montada al piso del tanque y al brazo de succión flotante para limitar el recorrido de rotación a 30 grados sobre la horizontal. Deberán instalarse soportes para el dispositivo de succión flotante en el piso del tanque para apoyar la succión cuando el nivel de combustible en el tanque esté demasiado bajo para que el dispositivo flote. Los soportes para la tubería deben instalarse a buena altura para proporcionar una distancia de 300 mm entre la parte inferior de la placa anti-vortex del dispositivo de succión flotante y el piso del tanque.

- **Tuberías de combustible**

Las tuberías de conducción de turbosina estarán por encima del suelo para eliminar el asentamiento diferencial entre los tanques de almacenamiento y las tuberías, a fin de facilitar el acceso para el mantenimiento de los sistemas. Todas las tuberías de combustible serán de acero con un grado mínimo de A53B. En la transición a las tuberías subterráneas en el perímetro, para la distribución de combustible en el campo de aviación, se utilizarán juntas giratorias para permitir el movimiento entre la tierra por encima y de las tuberías del suelo por debajo.

La tubería del sistema de abastecimiento de combustible se diseñará conforme la norma ANSI B31.3. Las bridas de tubería serán de clase ANSI 150 (150 psig) (ISO / DIN 10 [10 bar]). La presión máxima permitida en estado constante no excederá de 285 psig (20 bar) y la mínima del sistema en salida será de 75 psig (5.2 bar).

- **Bombas del sistema de abastecimiento de combustible**

Las bombas del sistema de abastecimiento de combustible serán bombas centrífugas horizontales de 1 500 gpm (95 l/s) de conformidad con la norma API 610. La eficiencia mínima de las bombas será de 75%. Las bombas de la estación de descarga de camiones de combustible serán de 600 gpm (38 l/s) centrífugas auto-aspirantes.

- **Sistema de re-abastecimiento de carga inferior**

Se colocará una estación doble de re-abastecimiento de carga inferior cerca de la bóveda de la válvula de aislamiento B y en cada uno de las dos ubicaciones de 4 puestos de



estacionamiento. Cada estación dispondrá de 600 gpm (38 l/s) de capacidad y tendrá los siguientes componentes:

- Un sistema de contención de derrames y su respectivo separador de aceite-agua.
  - Un carro de servicio para abastecimiento de combustible de 600 gpm (38 l/s) con medidor compensado por temperatura e impresora de notas, acoplador de hidrante con control de presión con llave de bayoneta, válvula de control de presión, filtro/separador, mangueras para combustible, sistema presurizado de control operado con aire con sistema *deadman* de aire.
  - Un hidrante de combustible de 150 mm por 100 mm en una toma (o pit) para abastecimiento de combustible.
  - Estación de cierre de emergencia de combustible.
  - Extintores portátiles.
  - Mínimo dos estaciones de cierre de emergencia de combustible.
- **Bóvedas de las válvulas de aislamiento**

Las bóvedas de válvulas de aislamiento se proporcionan para aislar secciones de la tubería del sistema de abastecimiento de combustible y en los sistemas de re-abastecimiento de carga inferior. Cada bóveda tendrá doble bloqueo y válvulas de aislamiento tipo purga. Las bóvedas se clasifican de la siguiente manera:

- La bóveda de la válvula de aislamiento B estará provista de tres válvulas de aislamiento. Una para interconectar las 2 tuberías principales de combustible de 24" (600 mm). Cada tubería principal tendrá además una bóveda de la válvula de aislamiento para aislar la tubería principal de la terminal Fase 1 del bucle de combustible alrededor del edificio.
  - La bóveda de la válvula de aislamiento C y todas las bóvedas de las válvulas de aislamiento no etiquetadas tendrán una válvula de aislamiento para aislar secciones del sistema de abastecimiento de combustible.
  - La bóveda de la válvula de aislamiento D se proporcionará para aislar las estaciones abastecedoras de carga inferior.
  - Todas las bóvedas de la válvula de aislamiento tendrán actuadores eléctricos controlados de forma remota desde cada edificio terminal y una estación de control central en la Fase 1 del NAICM.
- **Tanques de almacenamiento de residuos de combustible y de combustible recuperado (tanques de recuperación del producto)**

Se proporcionarán tanques horizontales para almacenar temporalmente los residuos de combustible y recuperar combustible reutilizable en tanques separados.

- El tanque será de doble pared, resistente al impacto y al fuego, y construido y probado de acuerdo con UL 2085.



- El tamaño del tanque se determinará durante el diseño del proyecto del NAICM. El tamaño mínimo será de 500 galones (1 900 litros) netos.
- Los tanques tendrán dos bocas de acceso, una ventilación normal y de emergencia, una de llenado del tanque, una bomba sumergible montada en el tanque, un indicador de nivel del tanque de succión flotante con cable de prueba de carga, una bomba manual de extracción de agua, cubierta de tanques, escotilla de medidor del tanque, una alarma de alto nivel y una válvula de cierre interno diseñada para aplicaciones de llenado a presión.
- **Pozos del sistema de abastecimiento de combustible**

Los pozos del sistema de abastecimiento de combustible y bóvedas de la válvula serán de un mínimo de 33.3 m (100 ft) desde el edificio de la terminal o cualquier otro edificio siempre que sea posible y no estarán a menos de 50 pies de cualquier edificio.

Los pozos de abastecimiento de combustible proporcionarán turbosina a las aeronaves de la siguiente manera:

- Se proporcionará un pozo del sistema de abastecimiento de combustible en un ala derecha para el grupo 3 y para los aviones más pequeños.
- Se proporcionará un pozo de abastecimiento, para el ala derecha y uno para el ala izquierda para el grupo de aviones 3, 4 y 5.
- **Drenajes de bajo nivel y ventilaciones de alto nivel**

El sistema de abastecimiento de combustible será instalado con pendientes descendentes y ascendentes verticales para crear niveles bajos para recoger el agua que está presente en el combustible y para crear niveles altos para recoger el aire para su posterior eliminación de agua y de aire del sistema de tubería. La pendiente mínima será de 0.5% hacia arriba o hacia abajo.

Cada punto bajo estará provisto de un pozo de drenaje de bajo nivel para la eliminación periódica del agua y para el drenaje del combustible principal para fines de modificación de mantenimiento, reparación o tuberías.

Cada nivel alto tendrá ventilación en pozos para la eliminación periódica del aire en la red eléctrica de combustible y de aire en el combustible principal durante la eliminación de combustible a partir de la red eléctrica con el drenaje de bajo nivel.

La tubería de drenaje de bajo nivel tendrá un tubo ascendente a la superficie y una tapa de tubo que forme un bolsillo de recolección en la parte inferior de la tubería principal de combustible y directamente bajo el tubo ascendente, una tubería de drenaje de 50 mm se inserta en el tubo de subida y se extiende hasta dentro de 25 mm de la parte inferior de la tapa del tubo de drenaje. El tubo de drenaje tendrá un dispositivo de centrado en el tubo de subida. La tubería de drenaje se extenderá a través de una brida ciega en la parte superior de la tubería ascendente y termina en una válvula de bola y acoplamiento de conexión

rápida. Se instalará una válvula de ventilación utilizando un anillo de drenaje debajo de la brida ciega.

- **Eliminador de sobrecargas**

Los cambios en la velocidad de flujo del combustible pueden provocar golpes de presión dentro del sistema de tuberías (golpe de ariete), el efecto es más grave entre más lejos de la estación de bombeo del sistema de abastecimiento de combustible ocurra el golpe de presión. Para evitar lo anterior, se realizará lo siguiente:

- Se revisará el sistema de abastecimiento de combustible para golpes de presión excesivos, utilizando uno de los programas especializados disponibles para este propósito.
- Se instalarán supresores de sobretensiones tipo vejiga por encima del suelo, para reducir los golpes de presión a menos de 20 bar.
- Los eliminadores de sobrecargas tendrán válvulas de aislamiento instaladas en su brida de entrada para fines de mantenimiento como reemplazo periódico de la cámara de aire.

- **Conexión a tierra del sistema de abastecimiento de combustible**

Las válvulas de los hidrantes, las conexiones de ventilación de alto nivel, las conexiones de drenaje de bajo nivel y todas las tuberías misceláneas con conexiones para equipos móviles estarán eléctricamente aislados de sus tuberías principales de combustibles por medio de kits de aislamiento de brida y conectados bajo tierra a una varilla de tierra adyacente a su asociado pozo de servicio de tierra o bóveda. Cada varilla de conexión a tierra se extenderá a la superficie y terminará en una bola de tierra y una taza con cubierta.

- **Sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO)**

El sistema de cierre de emergencia de combustible de las instalaciones de almacenamiento estará separado pero interconectado con el sistema de abastecimiento de combustible de aviación.

Se instalará una estación de cierre de emergencia de combustible en cada compuerta de contactos de aeronaves y en cada plataforma de estacionamiento; asimismo se instalarán estaciones en la recepción del ducto de combustible de Pemex, en la estación de descarga de camiones de combustible, en la estación de bombeo y en toda la zona de los tanques de almacenamiento de combustible.

Los componentes del sistema de cierre de emergencia de combustible serán los componentes del sistema de alarma contra incendios, incluyendo lo siguiente:

- Panel de control EFSO con contactos auxiliares secos y marcadores automáticos de varias líneas.

- La estación de accionamiento del sistema de cierre de emergencia de combustible clasificada para exteriores con cubierta resistente a la intemperie y botón de bloqueo que permanecerán en la posición accionada hasta que sea desbloqueado con la llave para reiniciar.
- Estación de cierre de emergencia de combustible clasificada para exteriores de luz estroboscópica y bocina.
- Un módulo de identidad para identificar la estación de cierre de emergencia de combustible que ha sido activada.
- Alambre y cables del sistema de alarma contra incendios.
- Módulo de comunicación para interconectar el sistema de cierre de emergencia de combustible a un sistema PLC que cerrará las válvulas de aislamiento del sistema de abastecimiento de combustible para aislar la compuerta en las proximidades de la estación de la activación.
- Diversos componentes adicionales específicos del fabricante, necesarios para el sistema.

La activación de la estación del sistema de cierre de emergencia de combustible hará que ocurra lo siguiente:

- Activará la bocina y la luz estroboscópica de la estación de cierre de emergencia de combustible.
- Envía una señal codificada única para el panel de alarma.
- Los contactos secos cambiarán de posición (abierto o cerrado) para cambiar un enlace de cableado al controlador del motor de la estación de bombeo asociada para detener el flujo de combustible.
- Módulo de comunicación del sistema de cierre de emergencia de combustible conectado con el sistema PLC del sistema de abastecimiento de combustible, que señalará las válvulas de aislamiento que se cerrarán para aislar la sección afectada del principal sistema de abastecimiento de combustible.
- El marcador automático del panel de control del sistema de cierre de emergencia de combustible deberá llamar a la estación de bomberos, policía, director de operaciones y personal del aeropuerto capacitado.
- El sistema PLC del sistema de cierre de emergencia de combustible, hará que las válvulas de aislamiento en las bóvedas de las válvulas de aislamiento adyacentes se cierren.

Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA, 2010) posee especificaciones de ingeniería de diseño típicas tanto para los tanques de almacenamiento de turbosina, como para los equipos de proceso auxiliares del sistema de suministro de combustible a aeronaves, las cuales se incluyen en el Anexo de Planos.

### 1.1.1 Proyecto sistema contra incendio

El programa general de protección civil y contra incendios del anteproyecto del NAICM, se basa en el cumplimiento de los códigos internacionales de construcción, incendios y códigos relacionados, y de las normas de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios de



los Estados Unidos (*National Fire Protection Association*, NFPA). Es recomendable utilizar métodos de diseño basados en el desempeño de estos sistemas siempre y cuando estos esfuerzos puedan beneficiar el proyecto proporcionando flexibilidad en el diseño para: (1) alcanzar los objetivos arquitectónicos del propietario, (2) resolver problemas prácticos, tales como la inherente desconexión entre la seguridad y la protección civil, o (3) proporcionar soluciones más económicas.

- **Servicios de rescate y extinción de incendios (SREI)**

La OACI establece los requisitos generales para los servicios de rescate y extinción de incendios (SREI) en el Anexo 14 Volumen 1, Capítulo 9, Sección 9.2 y en el Doc. 9137-AN/898 Parte 1. Ahí se detalla el número y la capacidad de los vehículos necesarios que deben ser proporcionados en el aeropuerto con base en el tamaño de los aviones más grandes, lo que se puede utilizar para saber el tamaño de las instalaciones necesarias para albergar a estos vehículos. Ya que el NAICM dará servicio a aviones Código F, éste debe cumplir con los requisitos de un aeropuerto de categoría 10.

La ubicación de las instalaciones SREI debe cumplir con los tiempos de respuesta mínimos en cualquier parte de las áreas de movimiento. La recomendación de la OACI es de 2 minutos para el primer vehículo con capacidad de entregar el 50% de la descarga requerida y 3 minutos para los demás vehículos. Suponiendo que la velocidad del vehículo sea de 60 km/h, la distancia máxima del recorrido es de 2 000 m para un tiempo de respuesta de 2 minutos y 3 000 m para 3 minutos.

El número y capacidad de los vehículos de extinción de incendios también se definen por la OACI. El tamaño de las estaciones de bomberos se determina por el número de vehículos que serán alojados en cada una. Debido a la distribución de los vehículos en el aeródromo y para lograr los tiempos de respuesta requeridos, serán necesarias instalaciones de diferentes tamaños. El uso de estacionamientos para vehículos de bomberos y de bahías de servicio simplificará las operaciones y el acceso para los vehículos y esta se debe considerar como una buena práctica.

Además de la cantidad necesaria de vehículos de bomberos, se pueden necesitar otros vehículos como vehículos de mando de emergencia, vehículos de apoyo, vehículos de acceso al interior de aviones, unidades de ventilación móviles, vehículos de intervención rápida y ambulancias.

La Tabla 1-4 ofrece un programa preliminar para las instalaciones del SREI en el NAICM. El número y tiempos de las estaciones se describen más adelante. Los tamaños de las bahías y las zonas indicadas se basan en el tamaño de los vehículos contra incendios. El tamaño es una estimación de los requerimientos de personal y requisitos de espacio.



**Tabla 1-4 Programa para las instalaciones del Servicio de Rescate y Extinción de Incendios (SREI) en el NAICM**

Área del NAICM	No. de bahías	Tamaño de la bahía (m <sup>2</sup> )	Área de la bahía (m <sup>2</sup> )	Alojamiento (m <sup>2</sup> )	Área del edificio (m <sup>2</sup> )	Área total del sitio (m <sup>2</sup> )
Sede principal	8	120	960	960	1 920	5 760
Satélite grande	5	120	600	600	1 200	3 600
Satélite mediano	4	108	432	432	862	2 586
Satélite pequeño	3	90	270	270	540	1 620

Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

Se requiere un total de 6 estaciones SREI, como se describe a continuación:

- 2 estaciones (D y E) dan cobertura a las pistas 1 y 2, aproximadamente a un cuarto de la zona oeste del campo oeste.
- 2 estaciones (B y C) dan cobertura a las pistas 3 y 4 en aproximadamente un cuarto de los puntos de la zona oeste del campo al este.
- 1 estación (A) da cobertura a la pista 5 en el punto medio de la zona este del campo este.
- 1 estación (F) da cobertura a las pistas en aproximadamente el punto medio del campo del lado este.

Las estaciones se construirán en fases junto con el programa de implementación de la pista:

- Las tres estaciones del campo (A, B y C) este cubrirán las primeras 3 pistas (3, 4 y 5).
- Las dos estaciones del campo oeste (D y E) se construirán paralelas a la construcción de la pista 2.

Para poder proporcionar los volúmenes de agua y espuma requeridas y dentro de los tiempos de respuesta, el tamaño de las estaciones SREI y el número de vehículos necesarios para cada estación, será algo muy importante que es necesario definir. Se debe realizar un estudio completo antes del diseño final y de la decisión de las dimensiones de las estaciones, que investigue los tiempos de respuesta de cada estación SREI a los límites del área del aeropuerto; también se debe tomar en cuenta el desempeño y confiabilidad de los vehículos de SREI en el aeropuerto. Con base en supuestos de alto nivel para la provisión de vehículos en cada estación alrededor el campo aéreo y siendo consistentes con las categorías de estaciones SREI definidas en la Tabla 1-4, las estaciones SREI deben de estar planeadas para una rápida disponibilidad y respuesta ante un incendio. El número de vehículos de respuesta rápida propuesto se incluye en la Tabla 1-5.

**Tabla 1-5 Vehículos disponibles para respuesta rápida del SREI en el NAICM**

Estación Identificadora	Tipo de satélite	Vehículos disponibles para respuesta rápida
A	Sede	5
B	Satélite medio	2
C	Satélite medio	2
D	Satélite medio	2
E	Satélite medio	2
F	Satélite medio	2

Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

- **Alarma contra incendios en edificios**

En todos los edificios del NAICM se proporcionará un sistema de alarma contra incendios totalmente adaptable. Todos los circuitos de alarma contra incendio, así como todos los dispositivos en cada instalación, estarán completamente supervisados para indicar la alarma, supervisión y solución de problemas de acuerdo con los requisitos de la norma NFPA 72. La indicación de las alarmas se debe realizar a través del control de alarma contra incendios principal y un indicador remoto en la puerta principal. Las zonas de sistemas de alarma contra incendio necesitarán estar coordinadas con zonas de control de humo y evacuación (en caso de haber sistemas de control de humo).

Se proporcionarán interruptores de flujo de agua para sistemas de rociadores automáticos, así como interruptores de alarma y detectores de humo/calor. Los detectores de humo estarán provistos de la siguiente manera:

- En ductos, dentro de una distancia de 1.5 m (5 ft) de un atenuador de humo y sin entradas o salidas de aire en el interior.
- En el techo, junto a los elevadores en todos los niveles.
- En los cuartos de maquinaria de elevadores. En los fosos de los elevadores cuando estos cuenten con rociadores. Proporcionar un detector de calor adicional a una distancia máxima de 600 mm del cabezal de dicho rociador.
- En los fosos de las escaleras eléctricas (parte inferior y parte superior).
- En los fosos de las pasarelas móviles (bandas transportadoras de personas).
- En puertas resistentes a fuego o compuertas clasificadas como resistentes al fuego en sistemas magnéticos de mantenimiento de apertura.
- A una distancia máxima de 1.5 m (5 ft) en dirección horizontal desde los atenuadores de humo en aperturas de muros que no tienen ductos.
- En cada cuarto eléctrico, de transformadores, comunicaciones o similar, así como en cuartos de máquinas.
- Dentro de cuartos protegidos con sistemas de supresión especiales.
- Áreas cubiertas por control de humo.

Los detectores de calor deberán colocarse en áreas en las que la instalación de detectores de humo no sea apropiada por existir una alta probabilidad de activaciones accidentales.





El sistema de alarma contra incendios recibirá señales de supervisión de los siguientes dispositivos:

- Los detectores de humo en los ductos que se encuentran en una cámara de retorno y escape de aire principal de cada sistema de circulación de aire que tenga una capacidad mayor a  $0.94 \text{ m}^3/\text{s}$  (2 000 cfm). Dichos detectores estarán localizados en un área accesible para reparaciones, por debajo de la última entrada al ducto.
- Los detectores de humo localizados en cada conexión para los ductos verticales o tubos ascendentes que sirven a 2 o más pisos desde un ducto o cámara de retorno.
- Válvulas de control automáticas para el rociador contra incendios, tubería vertical y el sistema de bomba contra incendios.
- Interruptores de supervisión de aire para los sistemas de tuberías secas.
- Controladores de bombas contra incendios.
- Controladores del generador de diesel local.

Cualquier falla de la alarma contra incendios y de los circuitos de los sistemas de notificación dará como resultado problemas con la señal.

Deberá proporcionarse una comunicación de voz supervisada localizada en las áreas internas de servicio de los edificios para facilitar la comunicación masiva. El sistema de alarma mediante voz debe estar zonificado para coordinarse con las áreas de la alarma contra incendios, el rociador y las zonas de salida.

El umbral auditivo debe exceder el sonido prevalente equivalente en el cuarto o espacio por al menos 15 dBA o excederá a cualquier nivel de sonido máximo con una duración de 60 segundos mínimo por 5 dBA, lo que sea más alto. Los niveles de sonido deben ser de máximo 120 dBA y mínimo 80 dBA medido a 3 m (10 ft) de los dispositivos.

Los controles para activar manualmente el sistema de alarma de voz de manera selectiva y general deben contar con una ubicación acordada con el Departamento de Bomberos. El micrófono debe prevalecer sobre los otros micrófonos en ubicaciones remotas y debe anular el sistema de manejo público. Cuando se activa, el sistema de alarma de voz debe remplazar automáticamente a todos los otros sistemas de sonido que pudiera interferir con los niveles de presión del sonido que se describieron anteriormente.

La comunicación por voz debe cumplir con ciertos requisitos de inteligibilidad, además de lo requerido en la NFPA 72, Sección 18.4.10.

Los dispositivos de alarma visual deben estar ubicados en todas las áreas a las que puede acceder el público, así como en las áreas de uso general, incluyendo baños, pasillos y vestíbulos.

Los dispositivos de señalamiento visual deben estar instalados conforme a la Norma 1971 UL y deben estar sincronizados y operar al unísono con el sistema de alarma de voz.



En la Terminal de Pasajeros y los Edificios Satélite, el sistema de anuncio público (PA por sus siglas en inglés) debe proporcionar los medios para la notificación en masa en los lugares públicos. El sistema PA debe estar supervisado por el sistema de alarma contra incendios según lo establecido en NFPA 72. Se debe proporcionar un micrófono PA de múltiples canales en el Centro de Mando contra Incendios para facilitar la notificación, tanto general como a zonas en específico.

- **Almacenamiento, suministro y carga de combustible**

Esta sección establece la estrategia de protección contra incendios y de seguridad para edificios dentro del alcance de los sistemas de combustible (almacenamiento, suministro y carga) del NAICM.

El área de almacenamiento y los tanques de almacenamiento de combustible deben cumplir con el Código Internacional Contra Incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA 30, edición 2012) y la Norma 407 sobre Abastecimiento de Combustible en Aeronaves (edición 2012).

Se recomiendan tanques de combustible de pared fija y techo flotante.

Los tanques de combustible deben cubrir las distancias de separación.

Se requiere ventilación de emergencia para los tanques de combustible y prevención de sobrellenado.

Los tanques de combustible deben estar previstos con contención anti derrames a lo largo de las áreas abiertas con diques o áreas de captación remota con el tamaño adecuado para contener el derrame más grande y el flujo de fuego.

Se recomienda que las áreas de contención con diques, o las áreas remotas de captación estén protegidas con sistemas fijos de protección contra incendios a base de espuma, de acuerdo con la Norma NFPA 11 sobre espumas de expansión baja (edición 2001).

El área entre el techo y la pared del tanque requiere detección de fuego y protección contra incendios con sistemas fijos de protección contra incendios a base de espuma, de conformidad con la Norma NFPA 11 sobre espumas de expansión baja (edición 2001).

Las áreas con diques deben ser diseñadas de manera que el agua de lluvia no interfiera con el volumen de contención, con el acceso del departamento de bomberos al equipo, o con el funcionamiento de los sistemas de protección contra incendios.

El equipo y los controles de protección contra incendios deberán estar ubicados fuera de las áreas remotas de captación, áreas con diques o aliviaderos que drenen a una zona remota de captación.



Los sistemas de bombeo de combustible deben cumplir con el Código Internacional Contra Incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA 30, edición 2012), la Norma 407 sobre Abastecimiento de Combustible en Aeronaves (edición 2012), la Norma 415 para Edificios Terminales de Aeropuertos, Drenaje de Rampas para Servicio de Combustible y Pasillos de Embarque (edición 2008) y otros códigos o normas aplicables.

Los sistemas de suministro de combustible requieren contención secundaria.

Los sistemas de suministro de combustible deben interconectarse con el sistema de alarmas contra incendios de la terminal para iniciar el cierre del sistema de combustible al activarse la alarma de la terminal.

El suministro y la transferencia de combustible a los tanques de almacenamiento se llevarán a cabo con el uso de camiones de combustible. La transferencia de combustible y áreas de transferencia de combustible deben cumplir con el Código Internacional Contra Incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA 30, edición 2012), la NFPA 30A para Instalaciones Dispensadoras de Carburantes y Garajes de Reparación (edición 2012) y otros códigos o normas aplicables.

Los tanques de combustible y componentes del sistema de combustible deben cumplir con el Código Internacional Contra Incendios, el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA 30, edición 2012), la Norma 407 sobre Abastecimiento de Combustible en Aeronaves (edición 2012), la Norma 415 para Edificios Terminales de Aeropuertos, Drenaje de Rampas para Servicio de Combustible y Pasillos de Embarque (edición 2013), y otros códigos o normas aplicables.

Al igual que en el caso de la ingeniería de diseño de los sistemas de suministro y almacenamiento de turbosina, ASA posee especificaciones de los sistemas contra incendio típicos tanto para los tanques de almacenamiento, como para los equipos de proceso y auxiliares del sistema de suministro de combustible a aeronaves, las cuales se incluyen en el Anexo de Planos.

- **Planta Central de Servicios**

Los sistemas de protección contra incendios tendrán un suministro a través de un colector contra incendios separado que abarca todo el sitio. El colector contra incendios suministrará a la terminal y a todos los edificios, excepto los edificios de hangar. El colector contra incendios seguirá el circuito local de agua con bombas situadas en la Planta Central de Servicios (CUP). Se proveerá un mínimo de dos bombas contra incendios (capacidad N + N, diesel y bombas eléctricas) para abastecer el colector contra incendios que abarca todo el sitio. Se proporcionarán suministros de agua separados para el colector contra incendios en todo el sitio. El almacenamiento de agua será suministrado por las reservas locales. Se requieren que los tanques de almacenamiento de agua sean de un tamaño equivalente a 120 minutos de suministro para el colector contra incendios.

Se proporcionará un colector contra incendios de gran volumen independiente y sistemas remotos de bombes contra incendios para dar servicio únicamente al hangar (capacidad N + N, diesel y eléctrica). Este sistema de bombeo será remoto desde la CUP. Se proporcionará un suministro de agua independiente para estos hangares adaptado específicamente a un tamaño de la demanda del sistema de espuma.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

- **Aeródromo**

El aeródromo es la zona del aeropuerto dedicada a las operaciones de aeronaves. El aeródromo debe albergar aviones que vienen en movimiento desde el aire, hasta los puestos de estacionamiento, y de regreso al aire, a través de un sistema de pistas, calles de rodaje, calles de acceso y plataformas de estacionamiento de aeronaves. El aeródromo a menudo comprende la mayor zona de uso de terreno de un aeropuerto, porque los aviones son grandes, rápidos y requieren de mucho espacio para poder operar de manera segura y eficiente. La seguridad operacional de los aviones y la eficiencia son los dos objetivos fundamentales del diseño de aeródromo. Cuando las necesidades de seguridad y eficiencia puedan entrar en conflicto, siempre se le da prioridad a la seguridad.

Las pistas son una sección larga, plana y rectangular lineal de pavimento dedicado al aterrizaje y despegue de aeronaves. La posición y la orientación de la pista tomarán en cuenta los obstáculos circundantes y el terreno, de modo que las trayectorias de aproximación y de despegue tengan distancias adecuadas libres de obstáculos, se orientarán de manera apropiada con las condiciones predominantes del viento, de manera que el aeródromo albergará a la flota mixta de aeronaves pronosticada, tomando en cuenta las tolerancias máximas para vientos cruzados (el componente de viento perpendicular a la pista de aterrizaje) para los diferentes tipos de aeronaves.

El diseño de las pistas propuesto para la configuración definitiva del NAICM tiene seis pistas paralelas en una orientación de norte a sur. Están dispuestas muy cercanas la una de la otra, al este, centro y oeste del sitio (Figura 1-3).

Dentro de cada par, las dos pistas serán dependientes operacionalmente una de otra. Entre los diferentes pares, las pistas están espaciadas lo suficiente para que sean operativamente independientes. Por lo tanto, serían posibles los aterrizajes independientes simultáneos triples en fases posteriores, cuando haya al menos una pista de aterrizaje.

Este diseño funciona bien con las autorizaciones de espacio aéreo, maximiza el espacio disponible dentro del límite de la propiedad, y se mantiene a 3 km de las grandes masas de agua al sur del sitio. Los pares suficientemente espaciados de las pistas paralelas poco espaciadas entre sí proporcionan una capacidad máxima al aeródromo. La separación entre los pares da como resultado dos campos centrales que se pueden desarrollar: el campo central al este y al oeste.

Las pistas se construirían en fases con base en la demanda operacional del aeródromo, y en cada fase de desarrollo del aeropuerto, se debe proporcionar pistas dentro de distancias de rodaje razonables y vías hacia las posiciones de estacionamiento de aeronaves.

- **Calles de rodaje y calles de acceso**

Las calles de rodaje y calles de acceso son segmentos de pavimento dedicados al rodaje de aeronaves, formando una red para conectar, de manera segura y eficiente, las pistas del aeropuerto con sus diversas áreas de estacionamiento de aeronaves. Aunque similares en forma, la distinción entre las calles de acceso y las calles de rodaje son las siguientes:

- Las calles de rodaje son parte del "área de movimiento" del aeródromo, bajo la dirección del personal de control de tráfico aéreo (CTA) en la torre de control del aeropuerto (ATC, por sus siglas en inglés). El personal de CTA dirige el rodaje de los aviones a lo largo de las pistas de rodaje con seguridad y prontitud, y no permiten que las aeronaves se estacionen o esperen de manera excesiva en las pistas de rodaje; excepto que para los despegues, durante períodos de hora pico a menudo habrá una cola de aviones esperando para despegar.
- Las calles de acceso se encuentran fuera del área de movimiento, en una zona conocida como "área de no-movimiento", y no están bajo la dirección del personal del Control de Tráfico Aéreo. Las calles de acceso conectan las calles de rodaje con las áreas de estacionamiento de las aeronaves, y son a veces parte de una plataforma de estacionamiento de aeronaves. Aunque las aeronaves en las calles de acceso pueden supervisarse por el personal de control de tráfico aéreo, estas se están moviendo bajo la dirección de: (a) el personal del aeropuerto o la línea aérea en las torres de control de rampa (pequeñas torres situadas en el área de las terminales), (b) el personal de asistencia terrestre, o (c) los pilotos por su cuenta.

En general, la trayectoria de una aeronave que está llegando será desde la pista de aterrizaje a la calle de rodaje, a la calle de acceso o la posición de estacionamiento. Una aeronave que va a despegar sigue el camino inverso. Cuanto mayor sea el margen de seguridad entre las calles de rodaje mayor será la protección contra grandes desviaciones resultado de grandes velocidades.

Cada pista está provista de dos calles de rodaje paralelas con una longitud igual a la de la pista, las calles de rodaje están enlazadas por varios tipos de calles de rodaje:

- Calles de rodaje de entrada: ubicadas al final de cada pista para permitir que las aeronaves que despegan entren a la pista. Se prevén tres en las pistas de despegue para las salidas; dos están previstas para ser utilizadas principalmente para llegadas, pero podrían ser utilizados para salidas.
- Calle de salida rápida: ubicadas cerca de la mitad de cada pista. Éstas permiten a las aeronaves salir con rapidez de la pista, minimizando el tiempo de ocupación de la misma (tiempo que la aeronave usa la pista de aterrizaje). Cuando se reduce al mínimo el tiempo de ocupación de pista, la capacidad de la pista aumenta porque hay

menos tiempo entre operaciones. Basándose en las características de desaceleración de las distintas aeronaves en una composición de flota mixta, se proporcionan cuatro calles de salida rápida para cada pista, por cada lado las cuales serán utilizadas por las aeronaves que arriban.

- Calles de rodaje de cruce: en la calle de rodaje paralela más cercana a la pista, se colocarán deliberadamente los puntos de cruce de las calles de rodaje para poder desacelerar la aeronave y/o redirigirla para reducir el riesgo de que una aeronave cruce accidentalmente una pista activa, lo que se conoce como una incursión de la pista de aterrizaje.
- Calles de rodaje de aislamiento de emergencia: Una calle de rodaje será designada para aislamiento de emergencia, para ser usada por las aeronaves en casos excepcionales de secuestro o amenazas terroristas. Esta localización estará apartada de cualquier edificio.

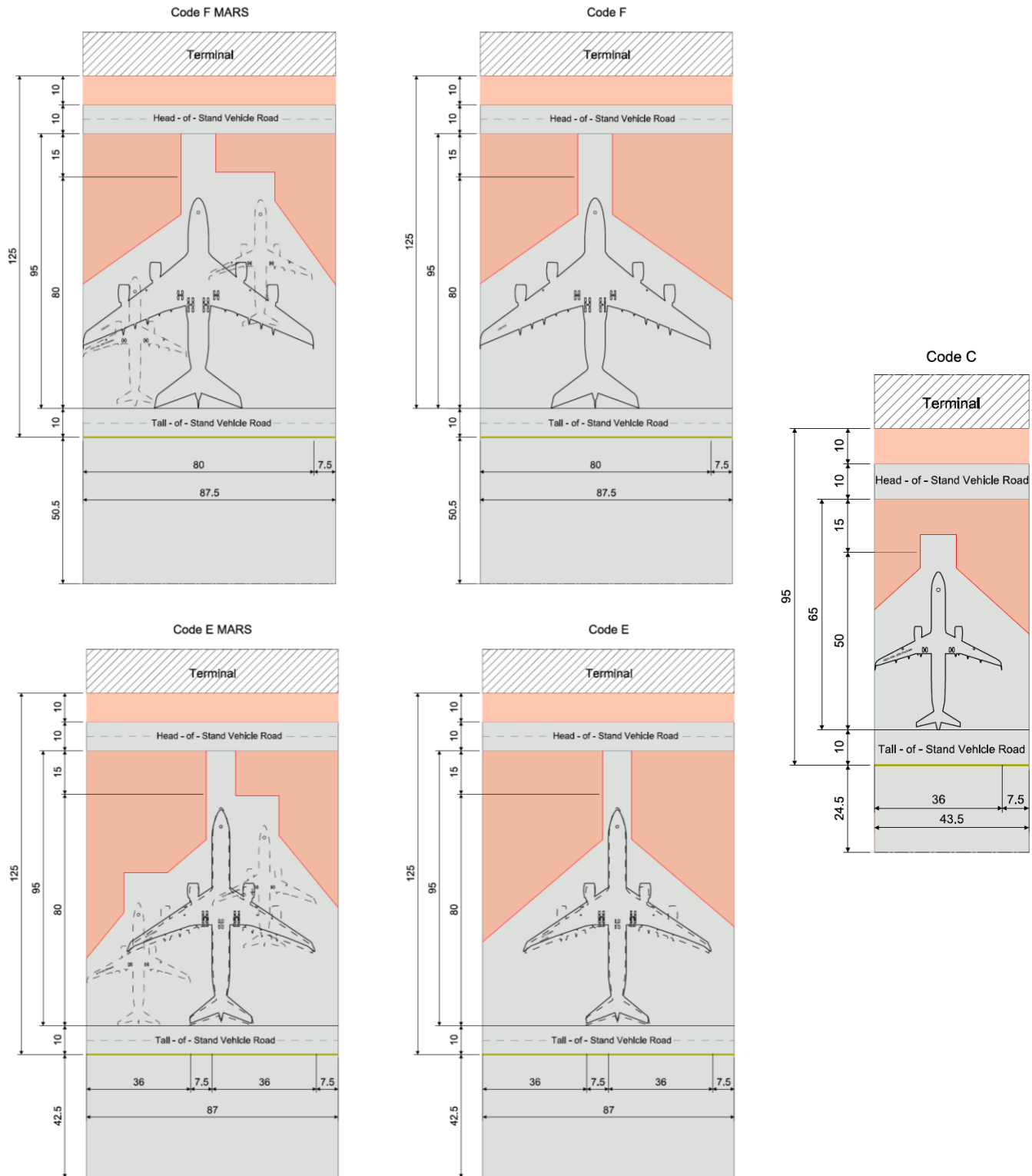
Las calles de rodaje paralelas están unidas entre sí por calles de rodaje de cruce, al norte, centro y sur. Las calles de cruce proporcionan circulación entre los cuadrantes del aeródromo. En el lado opuesto de las pistas, las calles de rodaje paralelas y las calles de cruce están unidas a las áreas de estacionamiento de aeronaves por calles de acceso.

- **Plataformas**

Todos los espacios libres de la plataforma y sus separaciones se basan en las recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y las normas según el tipo de aeronave y sus códigos (C, E y F).

Las profundidades totales de las posiciones de estacionamientos en plataforma son de aproximadamente 125 m para aviones del Código E y F, y 95 m para los del código C. Estas dimensiones incluyen 10 m típicamente usados para las vías de cabeza de plataforma y 10 m para la vía de cola, así como una separación de 10 m entre los edificios de la terminal y las vías de cabeza de plataforma.

La mayoría de las posiciones para aviones de fuselaje, se han previsto en una configuración MARS (sistema de rampas para múltiples aeronaves), para optimizar la flexibilidad; el ancho de 80 m permitirá posicionar una aeronave de Código E y F, o dos de Código C. Las profundidades totales de las posiciones se muestran en la Figura 1-5.



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

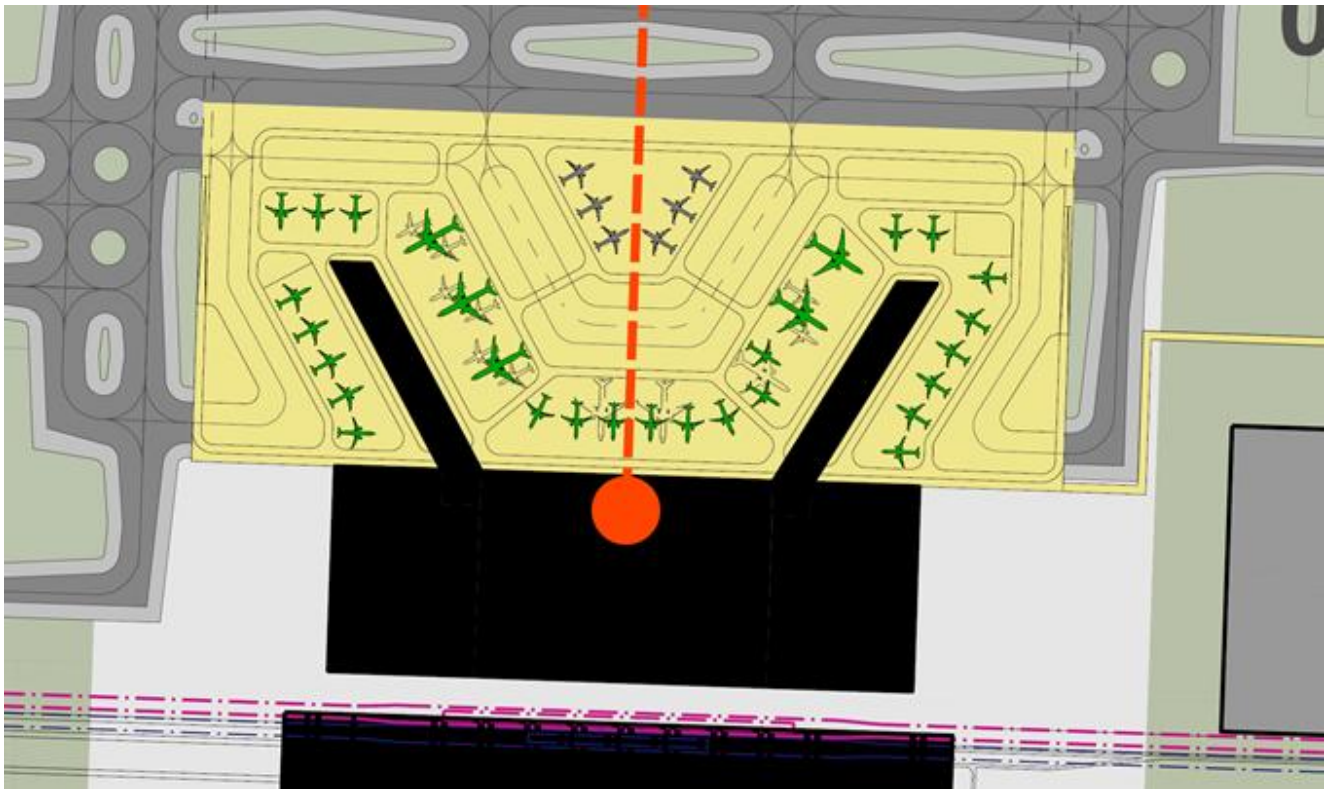
Figura 1-5 Profundidad de posiciones para aeronaves por código

- **Plataforma de la terminal**

Las plataformas que sirven al procesador de la terminal están dimensionadas para adaptarse a la demanda del 2062 para la futura operación transfronteriza entre México y Estados Unidos. Las plataformas Este y Oeste están restringidas a aeronaves de Código C y se accederá a ellas desde el sistema de calles de rodaje paralelas, así como desde el punto de cruce de doble Código F al procesador norte. La plataforma central entre las posiciones de embarque de la terminal está planeada para tener una configuración MARS (sistema de rampas para múltiples aeronaves) y tiene calles de rodaje duales de Código C con Código F central.

Se provee un total de 34 posiciones de estacionamiento de contacto transfronterizo equivalente al Código C cuando todas las posiciones MARS se activan para estos aviones de fuselaje estrecho. El diseño indica una capacidad máxima de 8 aviones de fuselaje ancho en las puertas MARS; sin embargo puede aumentar a 9 (con una disminución en las puertas de Código C) si es necesario.

Seis posiciones remotas de Código C estarán convenientemente ubicadas en la isla, la cual forma parte de la plataforma central. La Figura 1-6 indica el pico del sector en 2062 con 29 aeronaves transfronterizas (verde) con 5 Código E y 24 Código C.



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

**Figura 1-6 Plataforma para el procesador de la terminal del NAICM**





- **Plataforma del satélite Oeste**

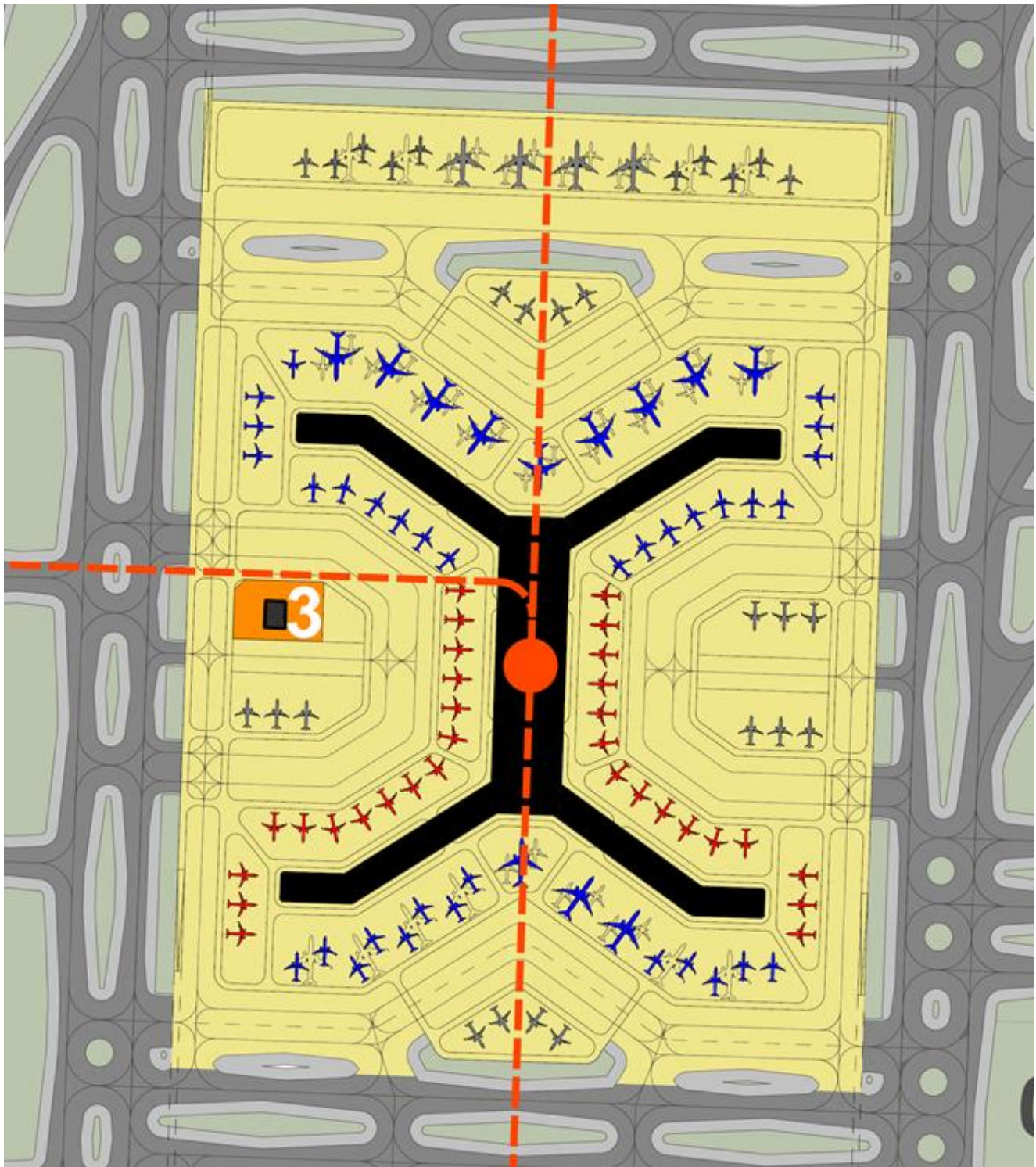
La plataforma del satélite Oeste dará servicio a aviones nacionales e internacionales, excepto los que van hacia Estados Unidos. Los aviones de fuselaje ancho (Código E y F) que estarán posicionados en los extremos norte y sur de los satélites son típicamente internacionales, y se ha planeado en disposición MARS que permitirá dos aviones de Código C. Se accederá a estas posiciones de contacto desde las plataformas norte y sur que están equipadas con calles de acceso duales de Código C y que tienen una calle de acceso central de Código F.

Se proveen calles de rodaje de cruce dobles de Código F tanto al norte como al sur del satélite y el procesador de la terminal. Las posiciones de aeronaves en la columna central de los satélites son para vuelos nacionales, usualmente Código C, sin embargo, todas las puertas de embarque proporcionarán flexibilidad para las aeronaves que llegan a un sector y requieren salir en otro, así como para cualquier cambio futuro en la demanda del sector. Se accederá a estas posiciones desde la plataforma Este y Oeste, las cuales estarán equipadas con calles de rodaje dobles de Código C, cada una con tres puntos de entrada del sistema de calle de rodaje paralela de Código F.

En la plataforma del satélite Oeste se prevén 88 posiciones de contacto Código C. Este número se reduce cuando se activan las 18 posiciones de fuselaje ancho en las posiciones MARS. La Figura 1-7 indica el pico del sector combinado del 2062 de 31 aviones nacionales Código C (rojo) y 45 internacionales Código F (azul), 8 Código E y 33 Código C.

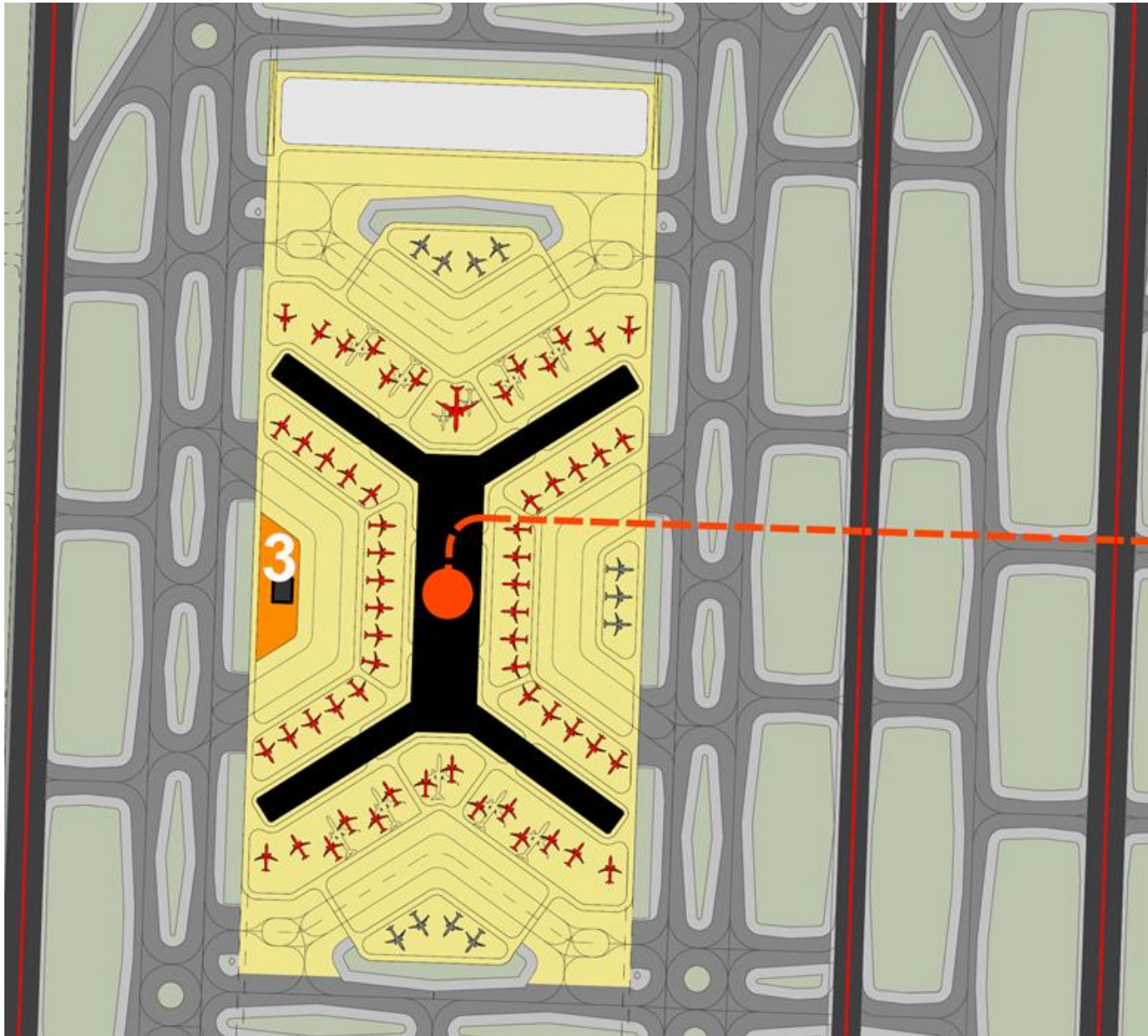
- **Plataforma del satélite Este**

El diseño de la plataforma del satélite Este es similar en concepto a la plataforma del satélite Oeste, pero a menor escala. Las posiciones MARS para aviones de fuselaje ancho se encuentran en las plataformas norte y sur, las cuales cuentan con una calle de rodaje dual de código C o una sola de Código F. La Figura 1-8 indica el pico de sector combinado de 55 aviones nacionales (rojo) con 1 Código E y 54 para Código C. Las posiciones remotas para 15 aviones de Código C están ubicadas al norte y al Oeste del satélite.



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

**Figura 1-7 Plataforma del satélite Oeste del NAICM**



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

**Figura 1-8 Plataforma del satélite Este del NAICM**

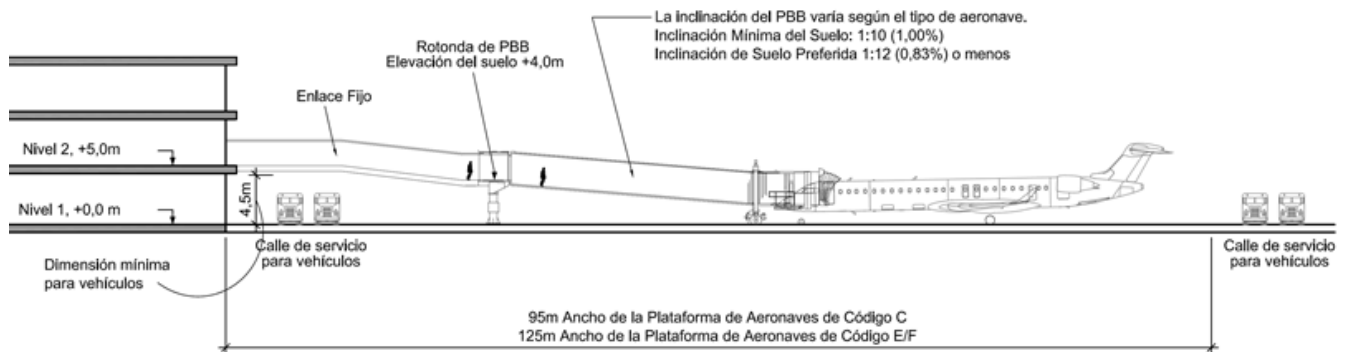
- **Estacionamiento de aeronaves, puentes y servicios en plataforma**

El ancho de las posiciones de estacionamiento se basa en las recomendaciones de la OACI para aeronaves de Código F (80 m), Código E (65 m) y Código C (36 m), con espacios de seguridad entre puntas de alas de 7.5 m. Típicamente se proveerán vías de 10 m de ancho que unen las vías de cabeza de plataforma y vía de cola cada 5 o 6 puertas.

Las posiciones de Código C serán provistas con un puente de abordaje de pasajeros y las posiciones de Código E individuales y configuración MARS para Código E/F serán provistas con dos y para el Código F con tres puentes.

Los puentes de abordaje de pasajeros serán de acabado de acero y por lo general de modelos de 3 túneles para dar más flexibilidad, con rangos de funcionamiento ligeramente más grandes que el mínimo requerido para la combinación de aeronaves esperada. La anchura mínima del túnel de los puentes de abordaje de pasajeros será 1.4 m y altura mínima interior de 2.10 m.

La Figura 1-9 presenta las dimensiones verticales e inclinaciones de los puentes de abordaje de pasajeros (PBB).



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

**Figura 1-9 Dimensiones verticales e inclinaciones de los puentes de abordaje de pasajeros**

- **Torre de control de tráfico aéreo**

La torre de control de tráfico aéreo propuesta en el anteproyecto del NAICM es una sala de control con una elevación de aproximadamente 95 m (opción 1), o 60 m (opción 2) sobre el nivel de la superficie soportado por un mástil de concreto reforzado.

Los componentes principales de la superestructura son el mástil y la cabina de control en la parte superior del mástil. La estructura del mástil será de concreto reforzado, la circulación vertical se ajustará dentro del mástil.

Como se mencionó anteriormente, se tienen dos opciones que se describen a continuación:

- Opción 1 – Construcción inicial de la torre de 99 m de altura, con una altura del punto de vista situado a 95 m, cerca del punto medio del campo al Este. Esta localización sería adecuada para visualizar el par de pistas de aterrizaje/despegue al Este y centro del área de intervención (pistas 3, 4, 5 y 6), así como toda el área de movimiento, Cuando se construyan las pistas de despegue/aterrizaje al Oeste, en aproximadamente 20-25 años, una nueva torre de control será requerida en el centro del campo al Oeste.



- Opción 2 – Construcción inicial de la torre de 64 m de altura, con la altura del punto de vista situado a 60 m, cerca del punto medio del campo al Este. Esta localización sería adecuada para visualizar el par de pistas de aterrizaje/despegue al Este y centro del área de intervención (pistas 2, 3, 4 y 5), pero la visualización de las calles de rodaje que cruzan del Este al Oeste situadas a ambos extremos norte y sur estarían obstruidas por edificios, por lo que se requerirían métodos alternativos de visualización, tales como circuitos de cámaras duplicadas. Cuando las pistas de aterrizaje/despegue al Oeste sean construidas, una nueva torre de control será requerida.

En la Tabla 1-6 se incluye una comparativa entre las opciones 1 y 2 para la torre de control de tráfico aéreo del NAICM.

**Tabla 1-6 Comparativa de las opciones 1 y 2 para la torre de control de tráfico aéreo del NAICM**

Opción 1	Opción 2
Nivel de la vista 95 m Altura de la estructura 99 m	Nivel de la vista 60 m Altura de la vista 64 m
Con visibilidad a todas las aproximaciones del espacio aéreo, pistas y calles de rodaje.	Con visibilidad de todas las aproximaciones del espacio aéreo y pistas. Visibilidad en casi todas las calles de rodaje, excepto los cruces de las calles de rodaje del extremo norte y el extremo sur. Para estas calles de rodaje con visibilidad parcial, se necesitarían sistemas de vigilancia alternativos (cámaras, equipo de detección en la superficie del aeropuerto)
Construcción: más costosa, pero de mayor duración	Construcción: menos costosa, y de menor duración
No hay obstrucción de superficies para las aproximaciones fallidas, pero está cerca	Situado más adelante del obstáculo de superficies para las aproximaciones fallidas
Opción recomendada si Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) no acepta el sistema de vigilancia alternativo para las calles de rodaje parcialmente oscuras.	Opción recomendada si SENEAM acepta la alternativa del sistema de vigilancia alternativo para calles de rodaje parcialmente oscuras.

Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

### • Terminal de pasajeros

La terminal de pasajeros es quizá la parte de más alto perfil en el desarrollo del aeropuerto, ya que es la zona que el viajero recordará más. El transporte aéreo es ahora el principal medio de transporte para viajar al extranjero y, por ende, el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) representará la principal puerta de acceso a México para los visitantes y hacia el mundo para los mexicanos.

En el NAICM se tiene previsto lanzar un programa de pre-autorización migratoria para los vuelos dirigidos a Estados Unidos. El programa de pre-autorización migratoria requiere la instalación de una Oficina de Aduanas y Protección Fronteriza de ese país y la separación de aquellos pasajeros que viajan a Estados Unidos, llamados “transfronterizos”. A la llegada, los

pasajeros transfronterizos seguirán estando en el mismo lugar que los pasajeros internacionales.

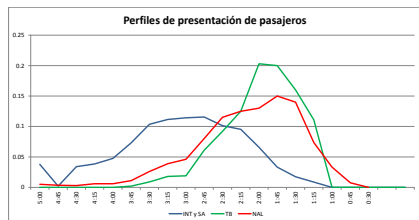
El diseño del NAICM está basado en los requerimientos específicos de cuatro sectores de pasajeros:

- Nacional
- Internacional (Otros)
- Internacional (Sudamérica)
- Transfronterizo

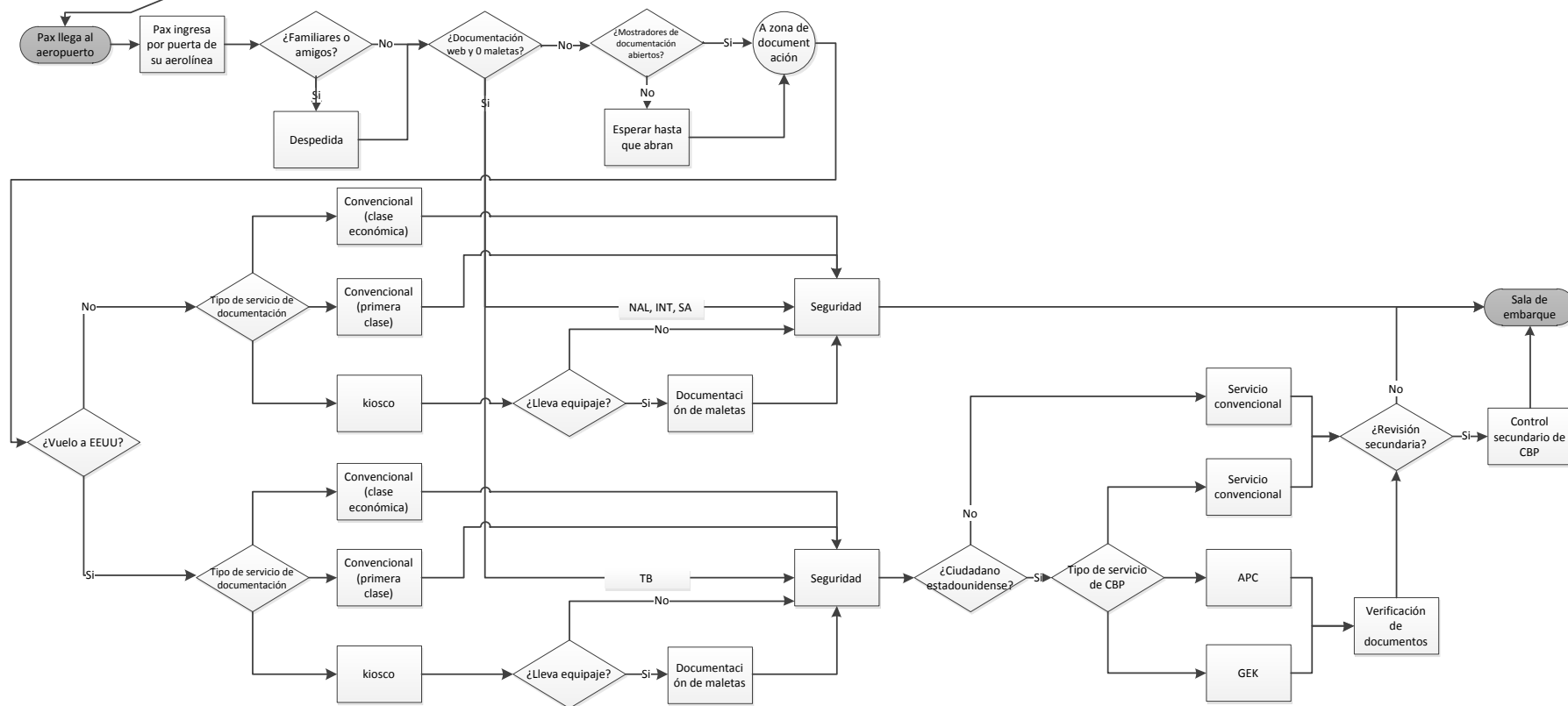
Las características o requerimientos de los cuatro sectores son:

- Nacional: No requiere consideraciones especiales para las salidas. No se necesitan instalaciones de migración/aduana.
- Internacional: No requiere consideraciones especiales para las salidas. Se necesitan instalaciones de migración/aduana para las llegadas.
- Sudamérica: No requiere consideraciones especiales para las salidas. Se necesitan instalaciones de migración/aduana para las llegadas. Después de haber pasado por migración, los pasajeros sudamericanos que arriban se separan del resto de los pasajeros internacionales, y requieren un proceso de trámites aduaneros más estricto.
- Transfronterizo: Requiere consideraciones especiales para las salidas. Los pasajeros y el equipaje que salen tienen que separarse, se requieren instalaciones de Aduanas y Protección Fronteriza de Estados Unidos. Asimismo, se requieren instalaciones de migración/aduana para las llegadas.

Debido a ello, la salida y llegada de los pasajeros, tanto nacionales como internacionales son las principales actividades que se llevan a cabo en la terminal de pasajeros. En la Figura 1-10 se incluye un diagrama que muestra el proceso de salida de los pasajeros, mientras que la Figura 1-11 muestra un diagrama ilustrativo del proceso de llegada de los pasajeros.



### Flujos de Pasajeros – Salidas

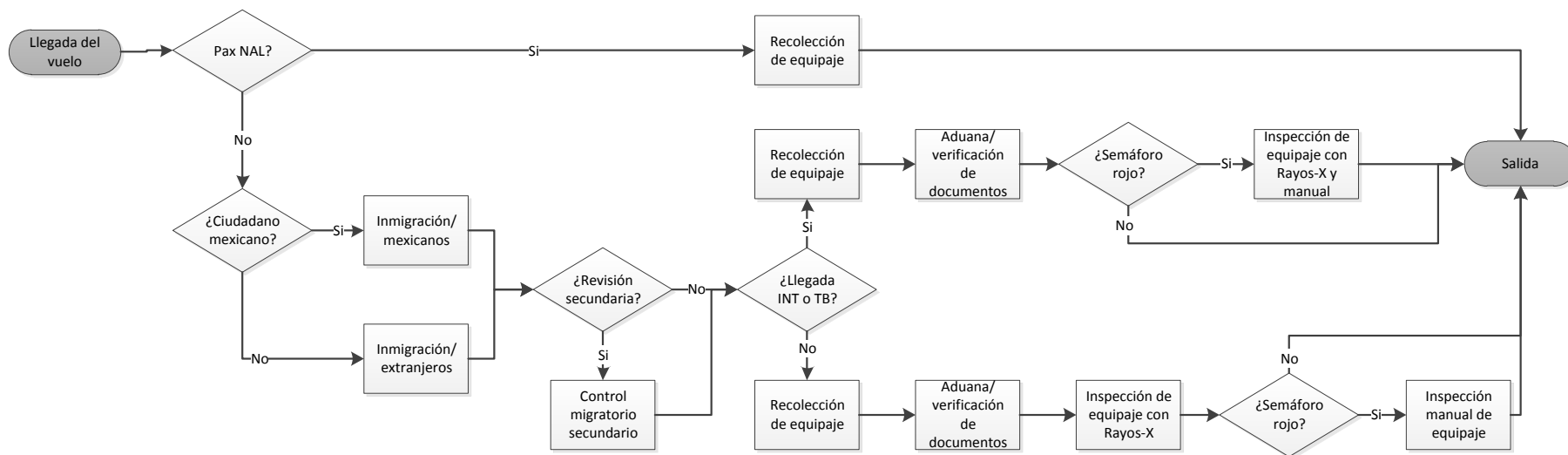


Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

Figura 1-10 Flujo de proceso de salida de pasajeros



## Flujo de Pasajeros – Llegadas



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

**Figura 1-11 Flujo de proceso de llegada de pasajeros**





El anteproyecto del NAICM define dos áreas para el desarrollo de las terminales de pasajeros: la primera en la zona de operaciones Oeste y la segunda en la zona de operaciones Este. Estas áreas proveen el espacio para el desarrollo de los edificios de la terminal, su plataforma de aeronave asociada, el estacionamiento, las vías de acceso y las vías de trenes.

Las dimensiones de la zona de operaciones Oeste toma en cuenta la capacidad del sistema de pistas del Oeste, compuesta por las pistas 2, 3, 4 y 5. Para lograr un balance entre la plataforma de la terminal y la capacidad de las pistas, la zona Oeste de la terminal se ha planeado para acomodar la demanda de posiciones de estacionamiento al 2028.

En la Fase 1, la demanda de posiciones de contacto queda cubierta por la terminal y por el Edificio Satelital que está al Oeste. Las posiciones remotas para aeronaves adyacentes a ambas instalaciones se utilizan tanto para operaciones activas como inactivas. Todo el tráfico transfronterizo se despacha en la terminal y todas las puertas de embarque nacionales /internacionales quedan en el satélite que está al Oeste.

Después de la Fase 1, los muelles al este y oeste de la terminal se expanden en el 2023 y 2028 para satisfacer la demanda pronosticada de puestos de estacionamiento para aeronaves hasta el 2033, basado en las previsiones actuales.

Con el tiempo, el tráfico transfronterizo continúa en aumento dentro de la terminal, ocupando por completo esta instalación para el año 2062. Del mismo modo, la demanda internacional sigue creciendo dentro del satélite que está al Oeste, mientras que el crecimiento nacional que ocurre en las siguientes fases queda cubierto por el satélite que está en el lado Este.

El edificio de la terminal del NAICM propuesto consta de 5 niveles:

- Nivel 4 - Oficinas
- Nivel 3 - Salidas
- Nivel 2 - Entreplanta
- Nivel 1 - Llegadas
- Nivel 0 - Sótano
  
- **Acceso a la zona pública y estacionamiento**

Las operaciones del lado tierra abarcan la provisión de acceso de transporte terrestre a las terminales de pasajeros del aeropuerto, a las instalaciones de carga y flete, así como a los edificios y a los sitios auxiliares del NAICM. El propósito del programa del lado tierra es garantizar:

- Acceso a pasajeros aéreos y carga aérea al nuevo aeropuerto de una manera eficiente y elegante.
- Que los trabajadores del aeropuerto puedan de llegar de manera rápida y segura de sus hogares a su trabajo.
- Que se desarrolle y se proporcione acceso a los usos de tierra adyacentes.



El acceso de transporte terrestre se proporciona a través de vialidades y carreteras, así como las instalaciones y los servicios de transporte público, incluyendo el metro de la Ciudad de México, metro suburbano / tren rápido, autobuses interurbanos y servicios por contratación (taxis y limusinas). Las instalaciones para facilitar estos modos de acceso también se incluyen en el plan del lado tierra e incluyen estacionamientos, líneas de tren, terminales y patios; carreteras (incluyendo rampas), calles arteriales incluyendo derechos de vía exclusivos para los servicios de autobuses de tránsito rápido (Metrobús); sitio de taxis y paradas de espera; áreas para dejar a pasajeros que van de salida y áreas para recoger a pasajeros que vienen llegando. En la Fase 1 del programa y como parte del anteproyecto del NAICM, se consideraron un número limitado de calles de acceso, estacionamientos y un centro de transporte terrestre. Se identificaron otras instalaciones, incluyendo la del metro de la Ciudad de México, un posible sistema de tren suburbano / exprés y se reservó el derecho de vía de las anteriores para su uso final. Sin embargo, estas no están consideradas en la Fase 1 del Proyecto de aeropuerto.

Un componente clave del programa del lado tierra tiene que ver con los usos de suelo de la Ciudad Aeropuerto entre la terminal del aeropuerto y la Autopista Peñón - Texcoco. En las áreas del área de operaciones Norte, los usos del suelo son predominantemente industriales, carga, logística y apoyo aeronáutico. El objetivo en el diseño de estas áreas adyacentes es la simplicidad y la eficiencia. Estos usos de suelo propuestos apoyan las actividades del aeropuerto y también proporcionan un desarrollo económico y un beneficio social que se deriva de la inversión del gobierno en el nuevo aeropuerto.

En el área localizada inmediatamente al sur de la terminal del NAICM (Ciudad Aeropuerto o Aerotrópolis), los usos de suelo maximizan la inversión gubernamental en el aeropuerto a través de la creación de un desarrollo inmobiliario de clase mundial que ofrece hoteles, centros de conferencias y actividad comercial en un entorno dinámico. Este desarrollo se supone constará inicialmente de alrededor de 500 000 m<sup>2</sup> de desarrollo (mitad de hoteles y mitad de espacio comercial) con un aumento cada año de alrededor de 100 000 a 250 000 m<sup>2</sup>, con una capacidad total de desarrollo de alrededor de 6 millones de m<sup>2</sup> o una población de alrededor de 250 000 empleados. Los supuestos en altura y volumen limitan el desarrollo vertical a 10 niveles (casi 40 metros) y la proporción de área de suelo a 3:1. Se planea que la mayoría de los edificios sean de cinco a seis niveles con una cobertura de lote 50 a 60 por ciento.

Se construirá una red de conexiones regionales y calles locales para dar servicio al nuevo aeropuerto. La capacidad inicial desde vialidades externas hacia la Ciudad Aeropuerto y el nuevo aeropuerto será de cerca de 8 000 vehículos por hora y la capacidad eventual será de 30 000 vehículos por hora. La capacidad de tránsito se estima alrededor de 70 000 viajes por hora (20 000 viajes en cada una de dos líneas de metro y cerca de 30 000 viajes en múltiples rutas de Metrobús y trenes suburbanos).

Para la conexión con la Autopista Peñón – Texcoco en la Fase 1, se construirían nuevos pasos a desnivel en las conexiones a las dos calzadas arboladas norte-sur que conducen al complejo de la terminal. Estas calzadas arboladas se desarrollarían dentro de un espacio abierto de 850 m de ancho bajo las trayectorias de vuelo de las pistas 3 y 4 (calzada



arbolada Oeste) y 5 y 6 (calzada arbolada Central) y serían de 3 km de largo. Las calzadas arboladas serían una vialidad dual con dos carriles en cada sentido, con capacidad estimada de 3 500 vehículos por hora en cada dirección. Las calzadas arboladas estarían completamente separadas mediante pasos a desnivel y desembocarían en el complejo de la terminal. Se proporcionarían conexiones a la red de calles locales en el extremo sur de las calzadas arboladas; puentes sobre las calzadas arboladas conectarían a las calles locales al Este y al Oeste de las calzadas. Se desarrollará un tercer paso a desnivel en el extremo este del aeropuerto y una tercera calzada arbolada (en la parte del este) y este servirá de acceso a la zona industrial del este de la Aerotrópolis.

En la Fase 4, la terminal estará conectada con una futura carretera de paga que se planea para conectar con la Autopista Peñón - Texcoco con la carretera 142, cerca de la esquina noreste del nuevo aeropuerto. Cuando la nueva autopista esté abierta, se proporcionaría una nueva conexión de esta a la Avenida de Circunvalación.

Respecto al transporte público terrestre, en la Fase 1 se ofrecerá servicio de Mexibús a través del Circuito Exterior Mexiquense y luego en Avenida de Circunvalación y en el bulevar principal hacia el área de la terminal del aeropuerto. Las líneas 4 y 6 del Metrobús se extenderían hacia la Ciudad Aeropuerto y al área de la terminal aérea del aeropuerto vía Anillo Periférico y Peñón Texcoco hacia la Avenida de Circunvalación y el Bulevar Principal. En la Fase 2, conforme la Ciudad Aeropuerto se expanda, se proporcionarían servicios adicionales de Metrobús y Mexibús.

- **Instalaciones de apoyo al NAICM**

Las instalaciones de apoyo al aeropuerto y las instalaciones auxiliares consisten en las siguientes:

- Carga
- Mantenimiento de aeronaves
- Mantenimiento de aeropuertos
- Equipos de Servicio en Tierra (GSE- Ground Service Equipment)
- Servicio de catering para aeronaves
- Combustible para aeronaves
- Aviación general
- Centro de logística
- Administración del aeropuerto
- Planta Central de Servicios
- Instalaciones Militares y de Gobierno

Las instalaciones de apoyo del aeropuerto se encuentran la zona de operaciones Este y Oeste, hacia el norte de los satélites de la terminal de pasajeros. El enfoque general que se ha tomado en la planeación de la mayoría de las instalaciones fue el de adaptarlos inicialmente para cumplir con la demanda del 2028, para así determinar el área total del sitio requerido para la zona de operaciones Oeste, y luego volverlas a reducir para cumplir con la



demanda inicial del 2018. La zona de operaciones Este está diseñada para suplir la demanda desde el 2028 hasta el 2062.

Para efectos del análisis de riesgo ambiental del NAICM, reviste especial importancia el sistema de recepción, almacenamiento y distribución de combustible (turbosina) y la Planta Central de Servicios (CUP).

- **Sistema de recepción, almacenamiento y distribución de turbosina**

Con base en las características del anteproyecto del NAICM establecidas por ARUP y entregadas por ASA, se tiene que el sistema de recepción, almacenamiento y distribución de combustible (turbosina) a la instalación se realizará de la siguiente manera:

- **Llegada del turbosinoducto de Pemex proveniente de Tula:** Se considera la llegada del turbosinoducto de Pemex de 12 pulgadas de diámetro, proveniente de la Refinería de Tula, Hidalgo, al área de tanques de almacenamiento de turbosina del NAICM.
- **Almacenamiento de turbosina en el NAICM:** Se considera la instalación de 6 tanques de almacenamiento de turbosina en la Fase 1, con una capacidad de 66 600 barriles cada uno. Se prevé la instalación de otros 6 tanques de la misma capacidad al término de la Fase 4 (2062).
- **Suministro de turbosina al sistema de hidrantes en plataforma:** Se considera el bombeo y la salida de combustible del área de tanques de almacenamiento al sistema de suministro de turbosina a plataformas, mediante dos ductos de 24 pulgadas de diámetro.

La ubicación de los ductos y los tanques de almacenamiento de turbosina en la Fase 1 del anteproyecto del NAICM se muestran en la Figura 1-12 y la Figura 1-13. El ducto de 300 mm de diámetro (12 pulgadas) proveniente de la Refinería de Tula, suministrará turbosina a los tanques de almacenamiento del NAICM. En el 2062 se tendrá el máximo crecimiento de esta área con un total de 12 tanques de almacenamiento de 66 600 barriles en una superficie de 130 000 m<sup>2</sup>. El anteproyecto del NAICM delimita esta zona para el desarrollo de las instalaciones de combustible a través de las distintas fases de crecimiento.

Las plataformas y puestos de estacionamiento de aeronaves, desde la Fase 1 del NAICM, deberán contar con servicio de abastecimiento de hidrantes de turbosina. El combustible deberá abastecer al sistema de hidrantes de combustible de la terminal desde los tanques de almacenamiento de combustible. Dos tuberías principales de combustible de 600 mm (24 pulgadas) que saldrán del área de los tanques de almacenamiento de combustible abastecerán de turbosina a la tubería de hidrantes de combustible de la plataforma y los puestos de la terminal. Cada 600 mm, la tubería principal se interconectará con la otra en una bóveda subterránea de válvulas de aislamiento.



- - - - - Turbosinoducto de 12" proveniente de la Refinería de Tula, Hidalgo.
- - - - - Turbosinoductos de 24" para suministro de turbosina a aeronaves.

Figura 1-12 Principales ductos de turbosina en el NAICM (Fase 1)



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

**Figura 1-13 Ubicación de los tanques de almacenamiento de turbosina en el NAICM**

## • **Planta Central de Servicios**

La Planta Central de Servicios proveerá agua fría y caliente para calefacción, según sea necesario, para las siguientes instalaciones del NAICM:

- Terminales del aeropuerto
- Torre de control de tráfico aéreo
- Hangares
- Sala de información
- Edificios de apoyo

La capacidad de agua fría es de aproximadamente 16 000 ton y será generada por los enfriadores eléctricos. La capacidad del sistema de agua caliente para calefacción es de aproximadamente 37 800 kW y será generado por el calor residual proporcionado por un sistema de cogeneración. Todos los componentes principales estarán provistos de una alimentación de emergencia y tendrán redundancia N + 1.

La planta de cogeneración se proporcionará como una alternativa. La opción alternativa (sin planta de cogeneración) requiere que se provean generadores stand-by de diesel en la Planta Central de Servicios para soportar las cargas críticas del aeropuerto. Para cubrir los requisitos críticos de carga de stand-by del NAICM en la Fase 1, se requiere de generadores de diésel de reserva (stand-by) con una capacidad total de 10 MW o 5 x 2.5 MW, 13.2 kV de salida. Se deberán proporcionar cinco generadores con transformadores elevadores de 13,2 kV /23 kV conectados a un dispositivo de distribución de stand-by de 23 kV en la Planta Central de Servicios. Estos generadores operarán únicamente cuando haya pérdida de la energía normal y restauran la energía de reserva al NAICM.

La Planta Central de Servicios y el patio de servicios se diseñarán con un área de aproximadamente 30 000 m<sup>2</sup>, de la cual 10 000 m<sup>2</sup> estarán dedicados a la base de la Planta.

La Planta Central de Servicios estará compuesta de un nivel de piso, un nivel de entrepiso y un nivel de azotea con el equipo distribuido de la siguiente manera:

- a) Nivel de piso:
- Enfriadores por agua fría
  - Bombas primaria y secundaria para agua fría
  - Bombas de agua condensada
  - Generadores de vapor de recuperación de calor
  - Generadores de turbina
  - Turbinas de vapor de calor residual
  - Equipo auxiliar del sistema de condensación y vapor
  - Equipo auxiliar para protección contra incendios, agua fría doméstica y agua fría
  - Sistemas de conducción de gas y de combustible diesel
  - Conmutador de alta y media tensión
  - Taller, almacenamiento

- b) Nivel de entrepiso:
  - Cuarto de control, sanitarios, regaderas, cocina, almacenamiento
- c) Nivel de azotea:
  - Torres de enfriamiento
  - Filtro de aire tipo banco para combustión
  - Tubos de escape de los generadores de vapor de recuperación de calor
- d) Patio de servicios:
  - Área de tanques de almacenamiento de agua doméstica de refrigeración
  - Área de tanques de almacenamiento para agua de protección contra incendios
  - Torres de enfriamiento
  - Área de tanques de almacenamiento de agua potable
  - Tanques de almacenamiento de combustible diesel
  - Tanques de almacenamiento de gas propano licuado

En la Figura 1-14 aparece la ubicación de la Planta Central de Servicios en el NAICM, mientras que en la Figura 1-15 se presenta el arreglo del patio de la Planta Central de Servicios.

La Planta Central de Servicios (CUP) contendrá un sistema de agua fría (CHW) y un sistema de agua caliente (HHW) donde el calor es producido por un sistema de cogeneración. Todas las cargas para la CUP en energía de emergencia serán soportadas por los generadores de diesel locales ubicados en el patio de servicios. La capacidad aproximada del sistema de agua fría es de 16 000 toneladas y será generado por enfriadores eléctricos. El calor expulsado de la planta será a través de torres de refrigeración por evaporación que se encuentran en el techo de la CUP. La capacidad aproximada del sistema de agua caliente de calefacción es de 37 800 kW y será generado por el calor residual que proporciona el sistema de cogeneración. Se proporcionarán calderas de agua caliente adicionales para redundancia, según sea necesario. Todos los componentes principales recibirán energía de reserva y será N + 1 redundante. Todas las cargas y capacidades de equipos están diseñadas para soportar cargas hasta la Fase 2 del proyecto (2023). Las cargas adicionales esperadas después de esta fase se podrán alcanzar con el uso de una Planta Central de Servicios adicional.

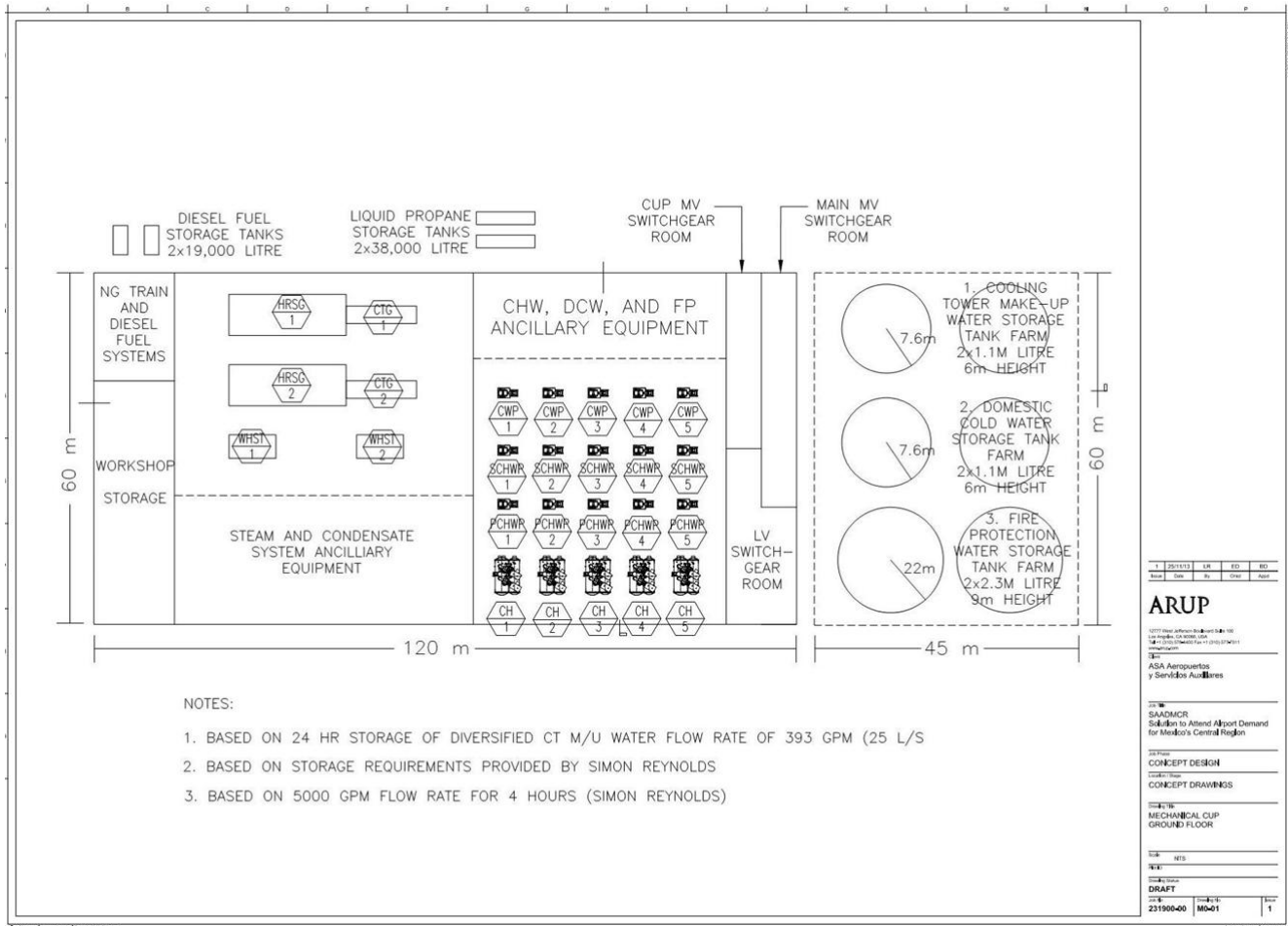
El sistema de agua caliente para calefacción, se genera principalmente de calor residual provisto por el sistema de cogeneración, con calderas acutubulares flexibles de reserva para los remanentes de la carga de calentamiento y la redundancia. La máxima carga supuesta de calefacción en invierno (Fase 2023) es de 37 830 kW.





Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

**Figura 1-14 Ubicación de la Planta Central de Servicios (CUP) en el NAICM**



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

Figura 1-15 Arreglo general del patio de la Planta Central de Servicios

El sistema distribuirá 82°C en el suministro y 60°C en el retorno para las unidades de manejo de aire y los serpentines terminales de recalentamiento. El sistema de agua caliente para calefacción constará de los siguientes componentes:

- Bombas de alimentación de caldera: BFP-1,2,3 con un tamaño apropiado para 4.5 l/s y un cabezal de 1 375 kPa, cada una
- Recuperadores de calor
- Bombas de volumen variable

El sistema de cogeneración constará de los siguientes componentes:

- Turbinas de combustión: CTG-1,2 con el tamaño apropiado para 7 965 kW de potencia de salida y una tasa de calor de 10 505 kJ/kW-hr cada una
- Generador de vapor para la recuperación de calor: HRSG-1,2 de tamaño apropiado para mover 16 420 kg/h cada uno

- Compresor de gas: GC-1,2 de tamaño apropiado para 72 m<sup>3</sup>/min de capacidad, cada uno
- Desaireador: DA-1 con tamaño apropiado para una capacidad de 11 600 kg/h
- Tanque atmosférico de almacenamiento horizontal: CST-1

El sistema de cogeneración en la Planta Central de Servicios se debe considerar como una alternativa, como se estableció anteriormente. El sistema base para la energía eléctrica debe utilizar la fuente de poder eléctrica; como alternativa se podrá considerar la planta de cogeneración. La planta de cogeneración utilizará dos combustibles (gas natural y diesel) en una mezcla de 40:60.

El sistema de cogeneración será de alta presión, con un suministro de gas natural de 220 psig mínimo. Las turbinas de combustión tendrán serpentines de enfriamiento del aire entrante para que éstas puedan mantener su operación con la salida pico durante condiciones ambientales de aire caliente. Los serpentines de enfriamiento están diseñados para utilizar la planta de agua fría como líquido de rechazo de calor. La turbina de aire de combustión contará también con un filtro de aire de tipo barrera para evitar que entre la suciedad y los escombros a la turbina, éste filtro será de tipo auto limpiante y pulsante, y utilizará aire comprimido.

Un desaireador común empaquetado soportará la capacidad generadora combinada de agua caliente de calefacción de los generadores de vapor y de las calderas de reserva. Los generadores de vapor y las calderas de reserva estarán almacenados en un espacio contiguo cerrado y separado de otros espacios de acuerdo con el código relativo.

El sistema de cogeneración proveerá el soporte para todas las cargas de la energía de emergencia, el sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), asegurará que solamente las cargas críticas sean soportadas por la planta de cogeneración, en caso de que la energía eléctrica esté fuera de línea.

Con el fin de proveer la suficiente energía para las operaciones del Aeropuerto, se proporcionarán dos subestaciones receptoras para proveer servicios de energía eléctrica para el proyecto. Las subestaciones receptoras a su vez se alimentarán desde las subestaciones de transmisión separadas. El equipo de infraestructura ocupará una dimensión de manera que en caso de falla de cualquiera, la subestación receptora transferirá todas las cargas de la subestación receptora que funciona correctamente.

La energía de ambas subestaciones receptoras se alimentará a 23 kV a la Planta Central de Servicios (CUP). En la CUP, plantas de cogeneración de ciclo combinadas alimentarán de energía al sistema de distribución de potencia de 23 kV. Estas plantas de cogeneración funcionarán de manera paralela con la red para el funcionamiento óptimo de las plantas y para abastecer de energía eléctrica de alta resistencia al aeropuerto. Las plantas de cogeneración serán modulares en capacidad, con la posibilidad de agregar unidades adicionales cuando la carga del aeropuerto vaya creciendo.



Después de la distribución de la corriente de 23 kV, todas las cargas críticas serán recibidas mediante subestaciones de doble terminal. Las cargas de seguridad (de emergencia) serán recibidas por los generadores de diesel locales.

Las cargas más críticas serán además provistas de generadores de diesel de reserva locales y sin sistemas de interruptores UPS para satisfacer las cargas operativas críticas. Las principales salas de comunicaciones dispondrán de UPS sin interruptores.

El proyecto tendrá en cuenta el aprovisionamiento de la provisión de 5 PV MW de generación. La generación de energía consistirá en generadores PV que van desde 50 kW hasta 500 kW de capacidad y será distribuido en varios lugares sobre la base de áreas factibles disponibles. La energía generada por los sistemas PV se vinculará a la distribución local de electricidad trifásica a 480 V.

Habrá un almacén de agua potable prevista para un día en la CUP para el aeropuerto. Esto evitará tensiones innecesarias sobre los servicios de abastecimiento local de agua para atender la demanda pico. Se prevé que el nivel del agua en los tanques bajará durante las horas pico del día y que se repondrán durante la hora no pico y la noche. Los tanques se encuentran fuera de la CUP debido a su tamaño. Las bombas de agua se encuentran dentro de la CUP. Los tanques se han dimensionado para almacenar 1 800 m<sup>3</sup> para la primera fase, dispuestos como 3 tanques que sostienen cada uno 600 m<sup>3</sup> de agua; las fases posteriores añadirán tanques adicionales de 600 m<sup>3</sup>, y el diseño final considera que se necesitarán 3 000 m<sup>3</sup> de almacenamiento de agua. Los tanques están organizados en múltiplos para permitir drenar la limpieza y el mantenimiento de un solo tanque mientras que se mantiene un almacenamiento activo para abastecer las necesidades del aeropuerto. El flujo máximo durante la primera fase es de 85 l/s y de 150 l/s durante la última fase de construcción. Las bombas se organizarán en paralelo con múltiples bombas utilizadas para abastecer la demanda, lo que permitirá que se les pueda dar mantenimiento a las bombas y puedan ser reemplazadas, mientras se mantiene un suministro activo al aeropuerto. Debido al gran volumen de agua almacenada es necesario tratar el agua mediante el uso de dióxido de cloro o un desinfectante similar con propiedades residuales.

Los tanques de almacenamiento de combustible para abastecer a los generadores de emergencia se deben localizar en el patio de servicios y configurarse como pared doble sobre los tanques de almacenamiento en tierra. Cada tanque tendrá 8 000 galones de combustible y se agregarán a medida que aumente la capacidad del aeropuerto, añadido como los aumentos de capacidad aeroportuaria. Inicialmente, se requerirán dos tanques para abastecer los generadores.

Se requerirán tanques de almacenamiento de propano para suministrar gas LP a las instalaciones de cocina en el aeropuerto. Los tanques se han dimensionado en 30 000 galones para la fase inicial y 60 000 galones hacia el final de la construcción. Los tanques deberán acomodarse en múltiplos de tanques de 10 000 galones.

- **Actividades altamente riesgosas en el NAICM**

Partiendo de la descripción de los procesos que se llevarán a cabo en el NAICM, las sustancias que se manejarán que se encuentran en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas y sus respectivas cantidades de reporte son las siguientes:

- Turbosina (10 000 barriles)
- Gas LP (50 000 kg)
- Gas natural (500 kg, como metano)

En función de la descripción contenida en el anteproyecto del NAICM, las cantidades máximas que se manejarán de cada una de las sustancias mencionadas en la fase final (2062) son las siguientes:

- Turbosina (799 200 barriles)
- Gas LP (122 634 kg)
- Gas natural (no especificado)

Dado que el anteproyecto del NAICM no especifica la cantidad de gas natural que se utilizará y los procesos en los cuales se empleará, se ha procedido a omitir el análisis de riesgo de dicha sustancia.

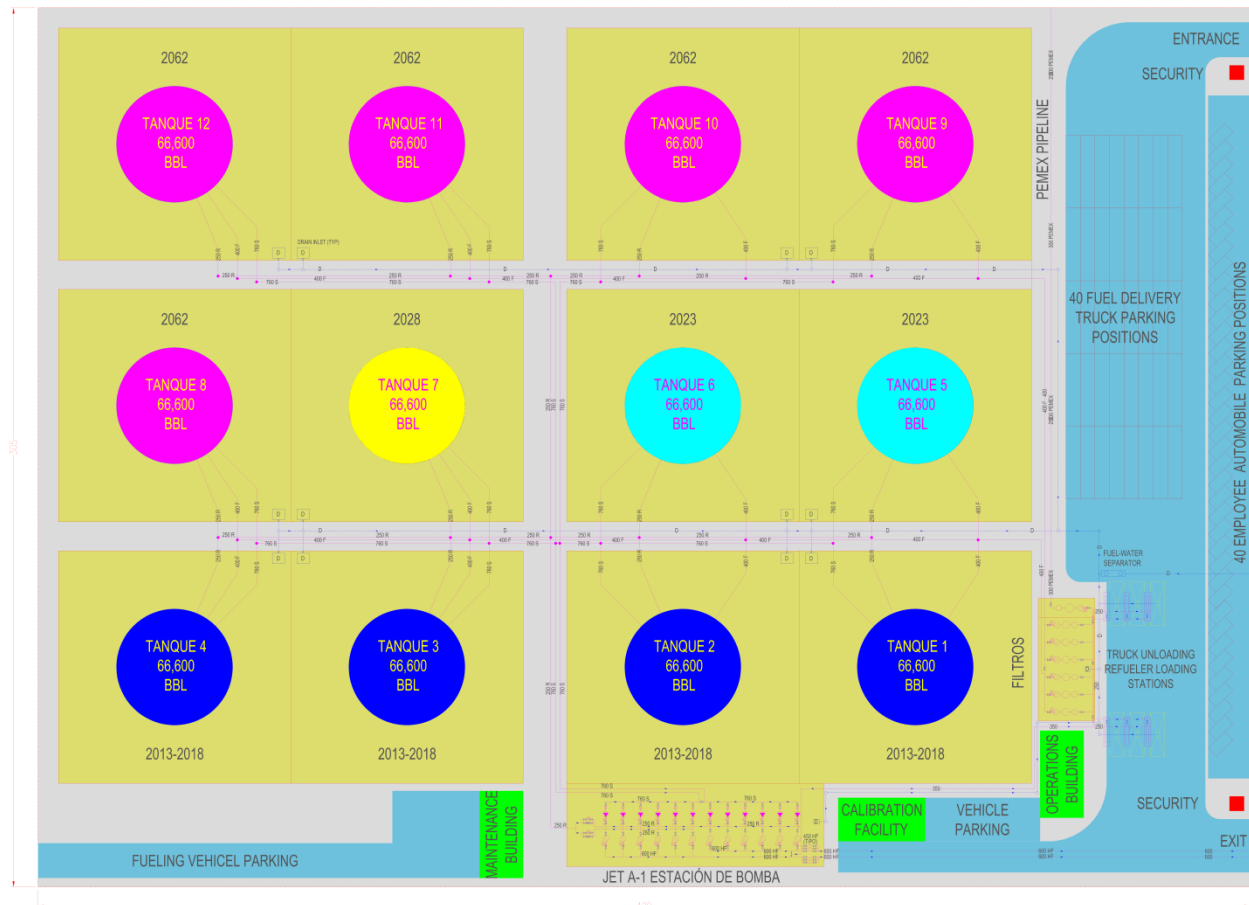
### **1.2.1 Hojas de seguridad**

En el Anexo 1 se incluyen las hojas de datos de seguridad (MSDS) de la turbosina, del gas LP y del gas natural, que contienen las propiedades fisicoquímicas que se emplearán en el análisis de consecuencias (simulaciones) de los eventos riesgosos asociados a las mismas en el NAICM.

### **1.2.2 Almacenamiento**

El gas LP se almacenará en 6 tanques de 10 000 galones (20 439 kg) cada uno; el arreglo propuesto por ARUP para la ubicación de los tanques en el Patio Central de Servicios se muestra en la Figura 1-15.

La turbosina se almacenará en doce tanques construidos bajo la Norma API 650, de 66 600 barriles cada uno. La Figura 1-16 muestra a detalle el área de tanques de almacenamiento de turbosina, en la etapa final del NAICM (Fase 4, 2062).



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

**Figura 1-16 Arreglo de los tanques de almacenamiento de turbosina en el NAICM**

Las instalaciones de almacenamiento de combustible deberán contar con los siguientes componentes:

- Hasta doce tanques de almacenamiento de 66 600 barriles de turbosina construidos bajo la Norma API 650 en el año 2026.
- Sistema de control de inventarios.
- Sistema de controladores lógicos programables (PLC) para la instrumentación y el control de las instalaciones de almacenamiento y de las bóvedas de las válvulas de aislamiento.
- Sistemas de protección catódica de corriente aplicada subterránea del tanque.
- Sistema de emergencia de cierre de combustible.
- Estación abastecedora doble de carga inferior, teniendo cada uno una tasa de carga de 600 gpm (38 l/s).
- Sistema de contención de derrames de tanque de combustible.
- Seis estaciones de descarga de camión repartidor de combustible para reactores sobre el camino con almohadillas de contención de derrames y un separador de aceite-agua.



- Filtros micrónicos de recepción de combustible de 750 gpm (47 l/s) y filtros separadores de 600 gpm (38 l/s).
- Medidores receptores de combustible de desplazamiento positivo.
- Tubería de llenado del tanque.
- Tubería de succión del tanque.
- Ventilación del depósito de combustible para reactores API 650 con apaga llamas.
- Estación de abastecimiento de bombeo de combustible con bombas centrífugas horizontales API 610 y separadores de filtro conforme a El 1581, una almohadilla de contención de derrames y separador aceite-agua.
- Válvulas de control de recirculación del sistema de abastecimiento de combustible.
- Sistema de tuberías de recirculación de la estación de bombeo.
- Un sistema de transferencia tanque a tanque / recirculación / arrastre de combustible para reactores de 600 gpm (38 l/s) con filtro micrónico y filtro de arcilla de 600 gpm (38 l/s).
- Protectores de cárter de tanque de almacenamiento de combustible para reactores, uno por tanque.
- Un edificio de operaciones completo con laboratorio de pruebas de combustible.
- Un administrador del sistema de abastecimiento, un medidor de repostado de aeronaves y una instalación de calibración de control de presión.
- Una instalación de mantenimiento de vehículos de combustible.
- Sistema de medición automático del tanque.
- Un área de almacenamiento de 8 posiciones para la descarga de los camiones de entrega de combustible para reactores.
- Un área de almacenamiento de 32 posiciones para la descarga de los camiones de entrega de combustible para reactores fuera de la reja de seguridad de la instalación.
- 22 puestos de estacionamiento de automóviles para el personal del sistema de abastecimiento de combustible.
- Tanque de recuperación de combustible para reactores.

Los tanques de almacenamiento de combustible API 650 estarán provistos de un tanque de radar de onda guiada con sistema de medición con la capacidad de medir el nivel de agua en la parte inferior del tanque. El sistema de medición de tanques se comunicará con la sala de control de las instalaciones de combustible en el edificio de operaciones y reportará el nivel de combustible y los niveles de agua en régimen de tiempo real. La precisión deseada del sistema de medición de tanques es de 1 mm de nivel de combustible.

Se dispondrá de un sistema de alarma de nivel tipo radar en el interior de los tanques de almacenamiento, para controlar lo siguiente:

- Alarma de nivel alto del llenado del tanque.
- Alarma de alto nivel de llenado y cierre de la válvula de llenado.
- Alarma de bajo nivel en el tanque.
- Alarma de bajo nivel de combustible en el tanque y cierre de bomba de combustible.



El equipo de alarma de nivel será diseñado para el control de nivel y el servicio de alarma y tendrá una precisión de 5 mm o menos. El sistema se comunicará con el cuarto de control de las instalaciones de combustible en el edificio de operaciones y reportar las condiciones de alarma sobre una base de tiempo real.

Toda la tubería subterránea será protegida contra la corrosión galvánica por medio un sistema de protección catódica de corriente aplicada. La protección catódica se ha diseñado para tener una vida útil de 30 años.

Tanto los tanques de almacenamiento de turbosina como el sistema de abastecimiento de hidrantes de combustible, deberán contar con un sistema de instrumentación y control, el cual deberá contener lo siguiente:

- Transmisores de presión con pantallas:
  - En la conexión de los ductos de Pemex al equipo receptor aguas arriba de la válvula de cierre de Pemex
  - En todas las descargas de bomba
  - En toda la tubería de succión de bombas
  - En todos los filtros micrónicos, tratadores de arcilla y filtros separadores (de tipo diferencial)
  - En los probadores de medidores (*meter provers*)
  - En todos los medidores de flujo
  
- Transmisores de temperatura con pantallas locales:
  - En todos los medidores para compensación de temperatura de las lecturas del medidor
  - En múltiples niveles verticales de cada tanque de almacenamiento API 650 para tener compensación de temperatura del sistema de medición de nivel.
  - En los medidores de probadores
  - En los sistemas de inyección de aditivos
  
- Transmisores de conducción:
  - En el punto de conexión a los ductos de Pemex
  - En cada estación de descarga de camiones
  - En cada sistema de inyección de aditivos para la inyección de Statix 450, si se requiere.
  
- Transmisores de densidad:
  - En cada medidor de flujo
  - En cada sistema de inyección de aditivos
  - En cada sistema de descarga de camiones
  
- Medidores de flujo (todos deberán estar certificados para transferencia de custodia):
  - En la conexión a los ductos de Pemex, ultrasónicos o tipo Coriolis
  - En cada estación de descarga de camiones, del tipo de desplazamiento positivo con transmisores electrónicos o tipo turbina.



- En cada ensamblaje de equipo de filtración para monitorear la tasa de flujo y para ajustar la válvula de control de flujo del filtro separador, tipo placa con orificios con transmisor y pantalla local.
- En cada descarga de la bomba, tipo placa con orificios con transmisor y pantalla local para monitorear las tasas de flujo de la bomba y para secuenciamiento de la bomba en el sistema de control.
- En cada tubería de estación de carga inferior de cada estación de carga de autotanques (estaciones de doble propósito), desplazamiento positivo con transmisor electrónico.
- Transmisores de nivel:
  - En cada tanque API 650 tipo radar con onda guiada:
    - nivel bajo bajo - Específico para el tanque
    - nivel bajo - Específico para el tanque
    - nivel alto - 90% lleno
    - nivel alto alto - 95% lleno
  - En cada tanque que no sea API 650 - Magnetoestrictivo o tipo radar:
    - nivel bajo bajo - Específico para el tanque
    - nivel bajo - Específico para el tanque
    - nivel alto - 90% lleno
    - nivel alto alto - 95% lleno
- Transmisores de alarma de nivel:
  - En cada tanque API 650 - tipo radar con onda
  - En tanques que no sean API 650 - tipo capacitivo o magnetoestrictivo.

El sistema de control tendrá una sala central de control con el PLC relacionado, computadoras e interfaces HMI para el monitoreo y control de las instalaciones de almacenamiento de combustible y el sistema de abastecimiento de hidrantes de combustible.

El sistema de control deberá monitorear y controlar lo siguiente:

- Todas las válvulas operadas con motor - estatus, abierto, cerrado, falla
- Todos los sensores y las alarmas de nivel de tanque
- Todos los transmisores de temperatura
- Todos los transmisores de presión
- Todos los medidores de flujo
- Todos los transmisores de conducción
- Todos los transmisores densitómetros
- La condición de supervisión de cada cable de los sistemas de instrumentación.

Las operaciones de transferencia de custodia consisten en medir y reportar la cantidad de combustible que se mueve hacia los tanques de almacenamiento y fuera del almacenamiento, recibos de recepción de Pemex, recibos de autotanques de combustible, el combustible que se carga en los reabastecedores y el combustible que se carga en las



aeronaves. Las emisiones de combustible y los recibos de recepción de combustible deben ser iguales en una situación ideal.

Para las recepciones de combustible se deben hacer pruebas de agua, tierra (prueba de miliporos), densidad, claridad y color para asegurar que el combustible sea turbosina y que esté en condiciones aceptables. Estas pruebas se deben realizar utilizando equipo en el área de recepción.

Para las emisiones de combustible, cada vehículo estará equipado con medidores que tengan impresión de boletas y/o transmisores para reportar la cantidad de combustible entregada a la sala de control. Todo el combustible que se drene en forma manual de los tanques se debe medir, reportar y documentar para ser entregado a la sala de control.

Se realizó un análisis de los tanques de almacenamiento para determinar cuál es el tamaño óptimo que deben tener con base en los requerimientos de almacenamiento de combustible para 7 días para los años 2013, 2018, 2023, 2028 y 2062.

La cantidad de almacenamiento y el tamaño del tanque se determinaron haciendo la división del consumo de 7 días para abastecimiento del NAICM entre el número sugerido de tanques por año hasta que se obtuvo una constante de tamaño para cada uno. Se empleó un rango de nivel de fluido operacional de 42 ft para determinar el diámetro del tanque. Los resultados se presentan en la Tabla 1-7.

**Tabla 1-7 Cálculo de las dimensiones y número de tanques de almacenamiento de turbosina en el NAICM**

<b>Año de diseño</b>	<b>Número de tanques</b>	<b>Tamaño del tanque (barriles)</b>	<b>Diámetro del tanque (Pies / Metros)</b>
2013	3	74,250	125 / 38.1
2018	4	60,730	113 / 34.5
2023	6	64,800	117 / 35.7
2028	7	63,550	115 / 35.1
2062	12	66,600	118 / 36

Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

Los resultados muestran que un tanque de 66 600 barriles tiene el tamaño óptimo para almacenar turbosina en el NAICM.

### 1.2.3 Equipos de proceso y auxiliares

- **Ducto de llegada de turbosina a los tanques de almacenamiento del NAICM**

Pemex Refinación le suministrará combustible al aeropuerto por medio de un ducto desde la Refinería de Tula. El ducto sólo suministrará turbosina. El diseño del flujo de combustible deberá basarse en un esquema con horario de entrega de 16 horas por día (08:00 a 23:59).

En la Tabla 1-8 se muestra el tamaño mínimo sugerido para el ducto, de acuerdo con lo establecido en el anteproyecto de ARUP. El tamaño es en relación con las 16 horas de operación diarias y una tasa de flujo de 10 ft/s (3.05 m/s) por año. El tamaño estimado que se requiere para el ducto es de 14 pulgadas (350 mm) de diámetro.

**Tabla 1-8 Cálculo del ducto de turbosina al NAICM**

Año del diseño	Suministro diario de combustible (galones/ barriles)	Tasa de flujo (gpm / l/s)	Diámetro del ducto (pulgadas/ mm)
2013	1 366 497 / 32 535	1 423 / 90	8 / 200
2018	1 457 512 / 34 702	1 518 / 96	8 / 200
2023	2 332 045 / 55 525	2 429 / 154	10 / 250
2028	2 668 869 / 63 545	2 780 / 175	12 / 300
2062	4 797 724 / 114 232	4 997 / 315	14 / 350

Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

No obstante, tanto ASA como Pemex Refinación han considerado la instalación de un ducto de 12" de diámetro para el abastecimiento de turbosina al NAICM, para satisfacer la demanda de combustible planeada al 2028. Sin embargo, el análisis de riesgo se realizará considerando la información de ARUP, es decir, un ducto de 14" de diámetro.

La recepción de la turbosina se realizará en la parte norte del predio, mediante un ducto de 12", donde se interconectará al ducto de 12" de Pemex proveniente de la Refinería de Tula. En la Figura 1-17 se muestra la simbología de la red de registros para válvulas e hidrantes, mientras que en la Figura 1-18 se incluye a mayor detalle la trayectoria del ducto de 12" que se conectará con el ducto proveniente de Tula.

- **Bombeo de turbosina a la red de hidrantes del NAICM**

La capacidad mínima requerida para la estación de bombeo, ya sea para los tanques de carga de la aeronave o para el suministro de combustible al sistema de hidrantes, o ambos, es igual a la tasa de flujo de la demanda de combustible del aeropuerto. El cálculo de la capacidad se muestra en la Tabla 1-9.

**Tabla 1-9 Cálculo del sistema de bombeo de turbosina a red de hidrantes**

Año del diseño	Tasa de flujo total (gpm)	Capacidad de la estación de bombeo (gpm)	Cantidad de bombas	Capacidad de las bombas (gpm)	Cantidad de separadores de filtros	Capacidad de separadores de filtros (gpm)
2013	8 775	9 000	11	1 000	11	1 250
2018	9 306	10 000	12	1 000	12	1 250
2023	11 475	12 000	14	1 000	14	1 250
2028	11 994	12 000	14	1 000	14	1 250
2062	18 394	18 000	20	1 000	20	1 250

Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

### SIMBOLOGIA DE TUBERIA DE RED DE HIDRANTES EN PLATAFORMAS

- 1 REGISTRO PARA VALVULA DE CONTROL Y JUNTA DE EXPANSION EN TUBERIA DE HIDRANTE.
- 2 REGISTRO PARA CAMBIO DE DIRECCION DE TRAYECTORIA DE TUBERIA.
- 3 REGISTRO PARA VALVULAS DE CONTROL DE FLUJO.
- 4 REGISTRO PARA VALVULA DE CONTROL DE FLUJO.
- 4A REGISTRO PARA VALVULA DE CONTROL DE FLUJO, Y PUNTO DONDE SE EFECUTUARA LIMPIEZA INTERIOR DE TRAYECTORIA DE TUBERIAS.
- 5,6 REGISTRO PARA DRENADO Y VENTEO DE TUBERIA Y PUNTO DONDE SE EFECTUARA LIMPIEZA INTERIOR DE LAS TRAYECTORIAS DE LAS TUBERIAS.
- 6A REGISTRO PARA DRENADO Y VENTEO DE TUBERIA DE ACERO Y PUNTO DONDE SE EFECTUARA LIMPIEZA INTERIOR DE LAS TRAYECTORIAS DE LAS TUBERIAS.
- 7 REGISTRO PARA DRENADO Y VENTEO DE TUBERIA Y PUNTO DONDE SE EFECTUARA LIMPIEZA INTERIOR DE LAS TRAYECTORIAS DE LAS TUBERIAS.
- 8 REGISTRO PARA VALVULAS DE CONTROL DE FLUJO.
- 9 REGISTRO PARA VALVULAS DE CONTROL DE FLUJO, DRENADOS Y VENTEOS Y PUNTO DONDE SE EFECTUARA LIMPIEZA INTERIOR DE LAS TRAYECTORIAS DE LAS TUBERIAS.

- TUBERIA DE ACERO AL CARBON DE 24",16",14",12",10" Y 8"Ø
- TUBERIA DE ACERO AL CARBON DE 6" (RED DE HIDRANTES)
- HIDRANTE DE PLATAFORMA
- REGISTRO EN TRAYECTORIA DE TUBERIA(S). DE LA RED DE HIDRANTES

**NOTAS:**

LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA NO DEBE UBICARSE DEBAJO DE EDIFICACIONES NI POR CUALQUIER TIPO DE ESTRUCTURA DE CONCRETO O METALICA.

LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA DEL TURBOSINODUCTO, DEBE UBICARSE EN AREA DE DERECHO DE VIA DE LAS VIALIDADES.

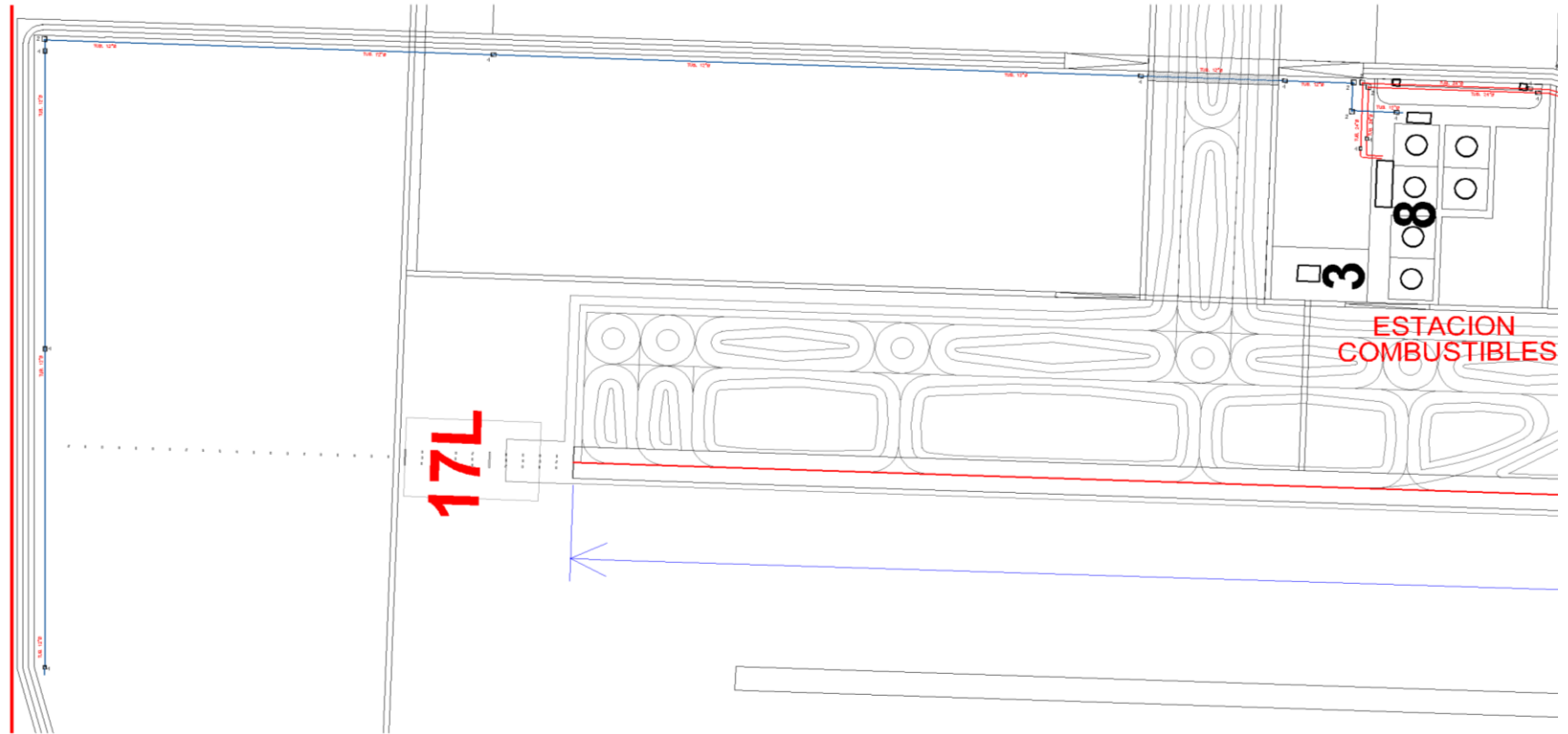
LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA DEL TURBOSINODUCTO Y RED DE HIDRANTES DEBE ESTAR RETIRADA DE LINEAS DE ENERGIA ELECTRICA.

COLOCAR VALVULAS DE SECCIONAMIENTO EN LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA DEL TURBOSINODUCTO. CONSIDERAR TRINCHERAS DE CONCRETO ARMADO PARA ALBERGAR TUBERIA DEL TURBOSINODUCTO EN EN SU TRAYECTORIA A PLATAFORMA.

TODAS LAS AERONAVES INDICADAS EN EL ANTEPROYECTO (231900-00) TIENEN DOS TOMAS PARA SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE.

Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

Figura 1-17 Nomenclatura del sistema de hidrantes en el NAICM



Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

**Figura 1-18 Trayectoria del ducto de 12" de diámetro de llegada de turbosina al NAICM**



La capacidad estimada que requiere una estación de bombeo con base en la tasa de flujo para el 2062 es de 18 000 gpm (1 135 l/s). La estación de bombeo deberá contar con un total de 20 bombas, 18 en operación de 1 000 gpm (63 l/s) y dos de repuesto. También deberá contar con 18 filtros separadores más dos de repuesto de 1 250 gpm (79 l/s). Los filtros separadores que se estipulan están sobredimensionados y están disponibles como un producto de diseño estándar. El exceso de capacidad le permitirá a la válvula de control de flujo aguas abajo del separador del filtro que exceda su tasa de flujo de 1 000 gpm (63 l/s) sin que afecte el funcionamiento del filtro / separador.

- **Suministro de turbosina a la red de hidrantes del NAICM**

En la Tabla 1-10 se muestra el número y el tamaño (pulgadas) de los tubos de hidrantes de combustible para todos los suministros a las aeronaves por medio de un sistema de hidrantes de combustible que utilizan una velocidad máxima de flujo de 6 a 7 ft/s (1.83 a 2.13 m/s).

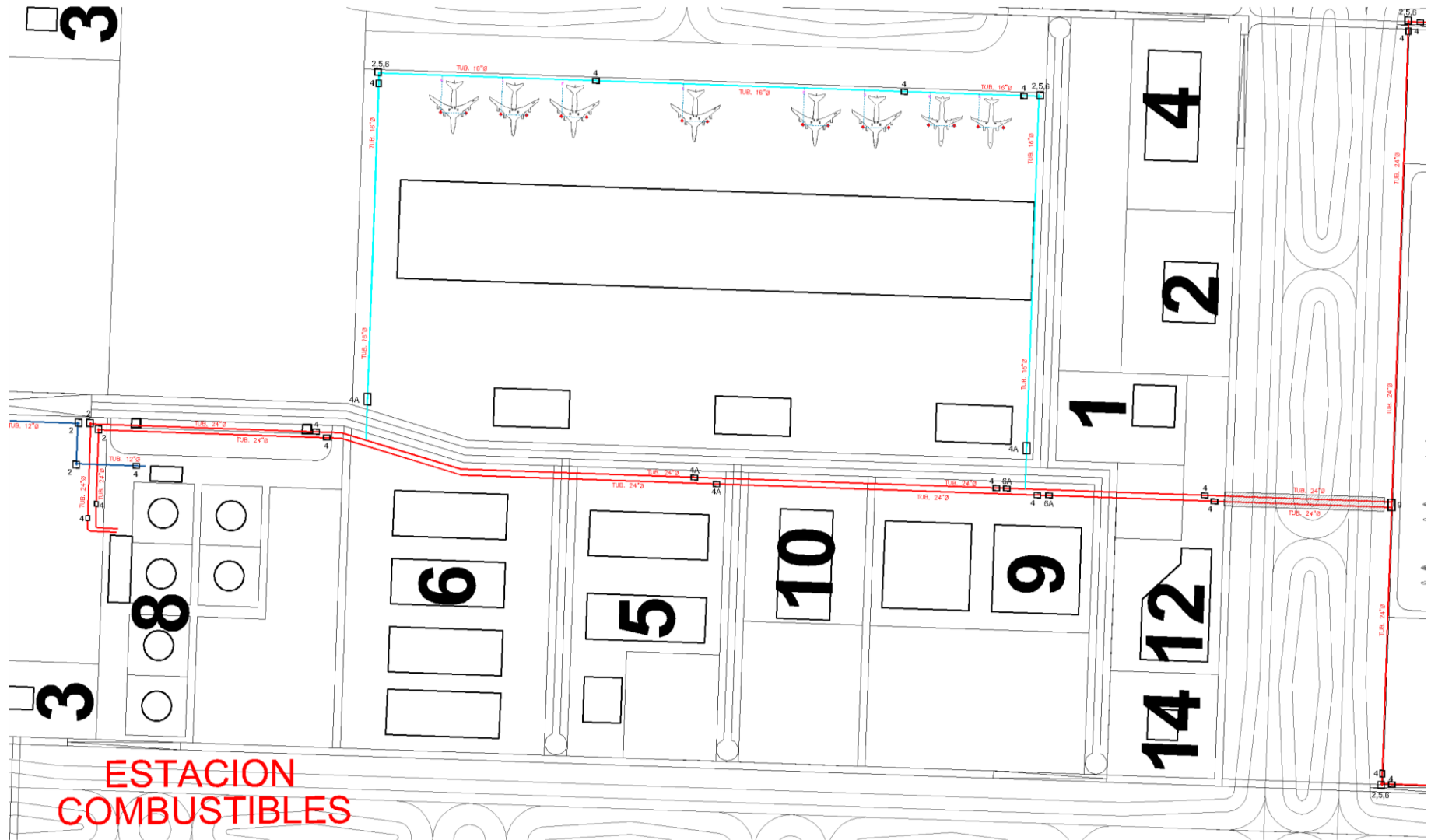
**Tabla 1-10 Cálculo de las dimensiones del sistema de hidrantes de turbosina**

<b>Año del diseño</b>	<b>Tasa de flujo total (gpm)</b>	<b>Tasa de flujo para cada uno de 2 tubos (gpm)</b>	<b>Tamaño del ducto para cada uno de 2 tubos (pulgadas/mm)</b>
2013	8 775	4 388	18 / 450
2018	9 306	4 653	18 / 450
2023	11 475	5 738	20 / 500
2028	11 994	5 997	20 / 500
2062	18 394	9 197	24 / 600

Fuente: ARUP Latin America, S.A.U. 2014.

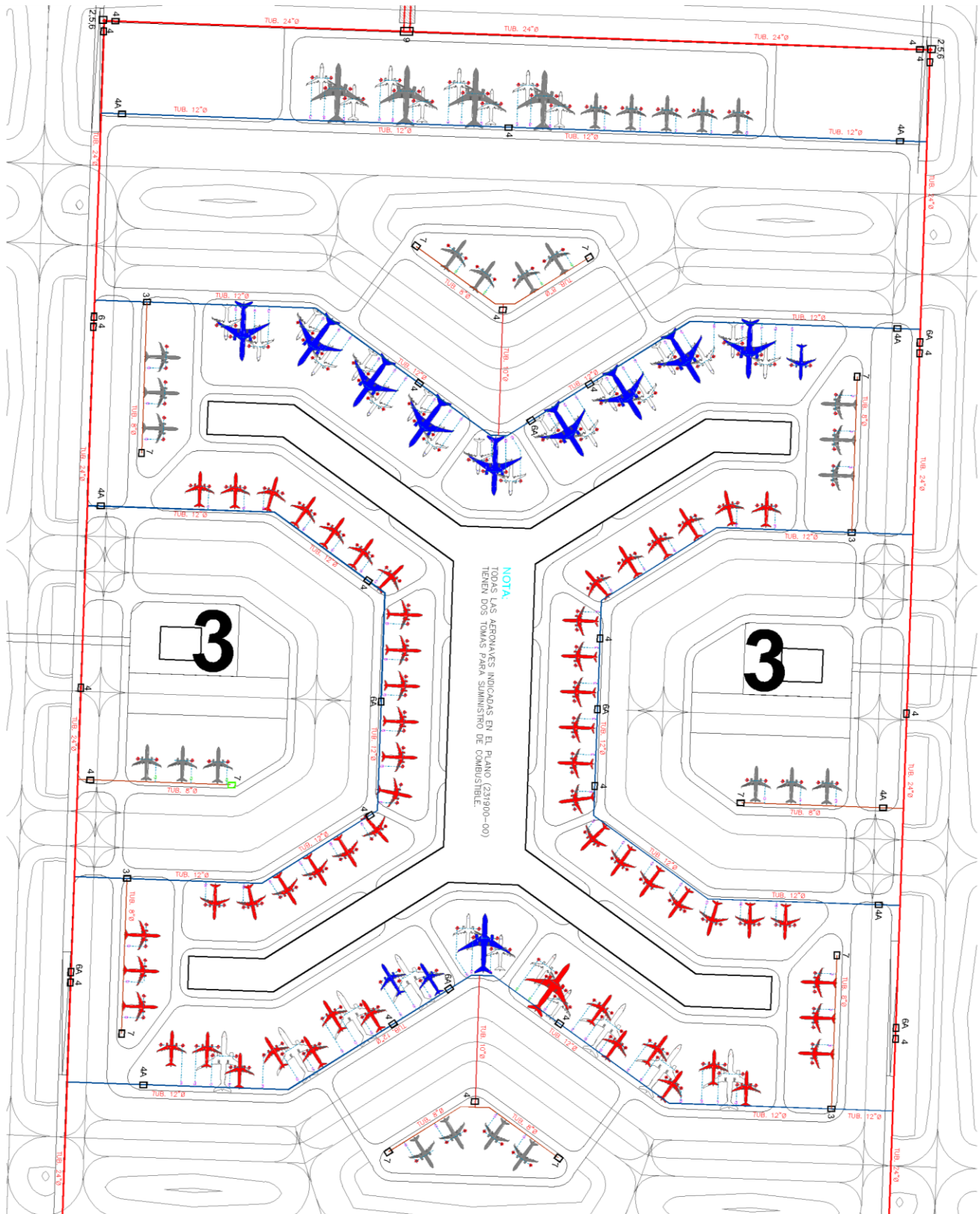
El tamaño del tubo de combustible se basó en la tasa total de suministro para el 2062, dando como resultado dos tubos de combustible de 24 pulgadas (600 mm) de diámetro.

A partir del arreglo propuesto por ARUP, ASA realizó el diseño del sistema de hidrantes del NAICM en plataforma basado en sus especificaciones de ingeniería. El diseño propuesto por ASA de la red de ductos para el suministro de turbosina al sistema de hidrantes del NAICM se muestra de la Figura 1-19 a la Figura 1-21.



Fuente: ASA, 2014.

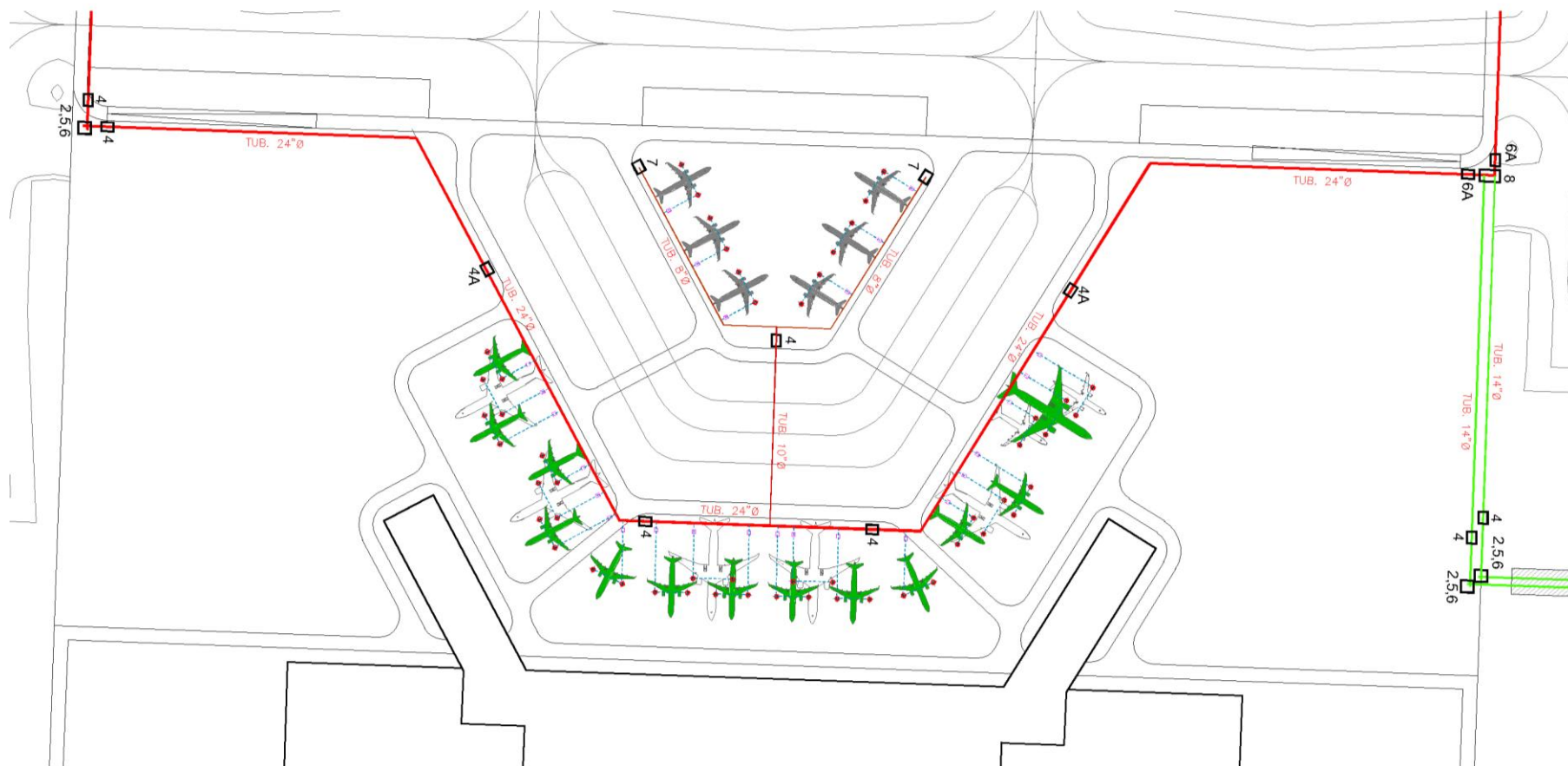
Figura 1-19 Trayectoria de los ductos de 24" de suministro de turbosina a red de hidrantes del NAICM



Fuente: ASA, 2014.

**Figura 1-20 Red de hidrantes en plataforma satélite Oeste del NAICM**





Fuente: ASA, 2014.

Figura 1-21 Sistema de hidrantes en plataforma principal del NAICM

#### 1.2.4 Pruebas de verificación

A los tanques de almacenamiento de turbosina, una vez que se haya finalizado la construcción de cada uno de ellos, se deberá realizar una inspección final para su autorización por parte de un inspector certificado en la Norma API 653 (*Tank inspection, repair, alteration and reconstruction*).

En las pruebas de verificación se toman en cuenta todos los aspectos claves de la instalación de los equipos, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y corresponden a las especificaciones aprobadas en el diseño. Una calificación de instalación incluye los siguientes aspectos:

- Verificación de cumplimiento de especificaciones.
- Verificación de las condiciones de instalación.
- Verificación de la correcta instalación.
- Historial del equipo.
- Información del fabricante.
- Especificaciones de diseño del equipo.
- Información de la orden de compra.
- Especificaciones del equipo en planta.
- Información de mantenimiento.
- Lista de insumos que utiliza el equipo o para su mantenimiento.
- Especificaciones de sistema de apoyo crítico.
- Características de los sistemas de control y monitoreo.
- Calibración.
- Mantenimiento preventivo.
- Listado de repuestos.
- Descripción del equipo auxiliar.
- Planos de instalación.
- Calibración de instrumentos.
- Desarrollo de la documentación involucrada.
- Descripción del equipo y su capacidad de trabajo.

**Calificación operacional.** Es la verificación de que los equipos funcionan en la forma esperada y son capaces de operar satisfactoriamente sobre todo el rango de los parámetros operacionales para los que han sido diseñados.

**Calificación de desempeño.** Aquí se demuestra la efectividad y reproducibilidad del proceso, bajo dos tipos de condiciones: la primera son las normales de operación, y la segunda bajo límites de operación.

- **Pruebas de integridad mecánica.**

Son todos los esfuerzos enfocados en asegurar que la integridad de los sistemas que contengan fluidos peligrosos y/o de proceso sea mantenida durante la vida útil de los

equipos, desde la fase de diseño, fabricación, instalación, construcción, operación y mantenimiento, para garantizar la protección al personal, comunidad, medio ambiente e instalaciones. Los elementos que conforman o componen la integridad mecánica en las instalaciones de proceso son los siguientes:

- Aseguramiento de la calidad de equipos.
- Inspección y pruebas.
- Procedimientos de mantenimiento.
- Capacitación en mantenimiento.
- Control de calidad de materiales de mantenimiento y partes de repuesto.
- Ingeniería de confiabilidad.
- Reparaciones y modificaciones.
- Auditorías.

A continuación se presenta la descripción de pruebas e inspecciones que se realizarán durante la instalación de equipo y operación de los tanques de almacenamiento de turbosina y el sistema de distribución de hidrantes:

- **Pruebas No Destructivas (PND).**

Las pruebas no destructivas son técnicas de inspección que se utilizan para la detección y evaluación de las posibles discontinuidades que puedan existir tanto en la superficie como en el interior de los materiales metálicos (placa rolada, material forjado, piezas de fundición, soldadura, etc.) que se emplean para la fabricación de recipientes sujetos a presión, tanques atmosféricos, válvulas, árboles, cabezales, tubería, etc.; porque al aplicarlas, los materiales no se destruyen ni se ven afectadas sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y/o características dimensionales.

Las principales aplicaciones de las pruebas no destructivas se encuentran en:

- Detección de discontinuidades (internas y superficiales).
- Determinación de composición química.
- Detección de fugas.
- Medición de espesores y monitoreo de corrosión.
- Adherencia entre materiales.
- Inspección de uniones soldadas.

Las pruebas no destructivas son sumamente importantes en el continuo desarrollo industrial. Gracias a ellas es posible, por ejemplo, determinar la presencia de defectos en los materiales o en las soldaduras de equipos tales como recipientes a presión, en los cuales una falla catastrófica puede representar grandes pérdidas en dinero, vida humana y daño al medio ambiente.

Las etapas o situaciones en las que son aplicables las pruebas no destructivas se describen a continuación:



- a) Recepción de materia prima.- Las pruebas no destructivas son aplicables por muestreo o al 100% para verificar que los materiales que se reciban en el almacén efectivamente cumplen con los requisitos de calidad indicados en los certificados y/o órdenes de compra.
- b) Procesos de fabricación.- Las pruebas no destructivas se aplican en algunas etapas críticas de fabricación estratégicamente seleccionadas, con la finalidad de detectar oportunamente la posible presencia de discontinuidades y así poder tomar acciones correctivas para subsanar las causas que las originan.
- c) Maquinado o Ensamble Final.- Las pruebas no destructivas son aplicadas para verificar si las superficies con acabado final no tienen imperfecciones que hayan aflorado a la superficie después del maquinado para dar las medidas finales y que afectan su utilidad interna o futura.
- d) Procesos de soldadura.- Las pruebas no destructivas son aplicadas inmediatamente después de concluida y enfriada una unión con soldadura (algunos aceros requieren de 48 a 72 horas, después de concluida la soldadura), con la finalidad de evaluar la sanidad superficial e interna tanto de la soldadura así como de la zona afectada por el calor.
- e) Procesos de reparación con soldadura.- Las pruebas no destructivas se aplican para ir monitoreando la remoción de los defectos inicialmente encontrados, para eliminarlos o reducir a un tamaño aceptable; después de la remoción de los defectos, las zonas exploradas se rellenan con soldadura y esta soldadura es necesario se evalúe su sanidad superficial e interna utilizando las pruebas no destructivas.
- f) Mantenimiento preventivo.- Las pruebas no destructivas son una de las herramientas utilizadas para evaluar la integridad mecánica de los materiales en servicio que son susceptibles de sufrir: corrosión, picaduras, erosión y grietas por fatiga, grietas por corrosión bajo esfuerzo, etc.

Las principales pruebas no destructivas se muestran a continuación:

- Inspección Visual.
- Pruebas Hidrostáticas.
- Líquidos Penetrantes.
- Pruebas Magnéticas, principalmente Partículas Magnéticas.
- Ultrasonido.
- Pruebas Radiográficas.
- Pruebas Electromagnéticas, principalmente Corrientes Eddy.
- Pruebas de Fuga.
- Emisión Acústica.
- Pruebas Infrarrojas.

### **a) Inspección Visual (IV).**

La inspección visual es sin duda una de las pruebas no destructivas (PND) más ampliamente utilizada, ya que gracias a esta, uno puede obtener información rápidamente de la condición superficial de los materiales que se estén inspeccionando, con el simple uso del ojo humano.

Durante la inspección visual, en muchas ocasiones el ojo humano recibe ayuda de algún dispositivo óptico, ya sea para mejorar la percepción de las imágenes recibidas por el ojo humano (anteojos, lupas, etc.) o bien para proporcionar contacto visual en áreas de difícil acceso; tal es el caso de la inspección visual del interior de tuberías de diámetro pequeño, en cuyo caso se pueden utilizar boroscopios, ya sean éstos rígidos o flexibles, pequeñas videocámaras, etc.

Es importante marcar que, el personal que realiza la inspección visual debe tener conocimiento sobre los materiales que esté inspeccionando, así como del tipo de irregularidades o discontinuidades a detectar en los mismos. El personal que realiza la inspección visual debe tener cierto nivel de experiencia en la ejecución (por ejemplo, la IV de uniones soldadas).

### **b) Pruebas Hidrostáticas.**

Es la prueba que se realiza a tuberías y equipos para verificar su hermeticidad, confirmar su integridad mecánica y avalar que estén en óptimas condiciones de operación. Este tipo de pruebas son utilizadas en cambiadores de calor, calentadores, recipientes sujetos a presión, calderas y tuberías, y deberán cumplir con la norma NOM-020-STPS-2002, Recipientes sujetos a presión y calderas-Funcionamiento-Condiciones de seguridad.

La Dirección General de Exploración y Explotación de Hidrocarburos, dependiente de la Secretaría de Energía, es la dependencia encargada de otorgar, previo estudio y dictamen de la solicitud de autorización correspondiente, los permisos de construcción, operación y desmantelamiento de obras tales como plataformas, pozos, ductos marinos y terrestres, monoboyas, estaciones de compresión y bombeo, complejos, baterías de separación, tanques y plantas de almacenamiento, entre otros. Para el caso de los ductos de turbosina se requieren gestionar los trámites para obtener los permisos de construcción, realización de pruebas hidrostáticas y permisos de operación.

El permiso de construcción lo otorga la dependencia basado en la información del proyecto de ingeniería correspondiente; el contenido del estudio que se debe entregar es el siguiente:

- Nombre del proyecto
- Ubicación de los puntos inicial y final del ducto de turbosina
- Justificación técnica del proyecto
- Datos de presión máxima/normal/mínima a la que estará sometida la tubería
- Cálculo del diámetro y espesor de la tubería
- Especificaciones técnicas de tubos, válvulas y conexiones
- Estimación de la presión de operación

- Tipo de protección anticorrosiva
- Productos que serán manejados (en caso de proyectos asociados con Pemex)
- Flujo máximo/normal/mínimo
- Detalle de las instalaciones de bombeo, compresión, regulación, medición y dispositivos que se instalen
- Sistemas de seguridad para evitar accidentes en las instalaciones
- Programa de ejecución de las obras por etapas
- Características y especificaciones de obras especiales (cruzamientos)
- Diagrama de proceso
- Diagrama mecánico de flujo
- Especificaciones técnicas particulares del proyecto
- Relación de normas, códigos, estándares y reglamentos
- Manuales y recomendaciones aplicables a la obra

El permiso para la realización de las pruebas hidrostáticas lo otorga la Secretaría de Energía para el posterior permiso de operación de los ductos, por lo que se deberá solicitar la presencia de un funcionario de la dependencia en dicho evento. El permiso de operación que otorga esta dependencia considera la presentación de los dos permisos anteriores (de construcción y de pruebas hidrostáticas).

A la tubería para transporte de hidrocarburos, ya sea nueva, reparada o en condiciones diferentes a las de diseño, se le debe probar hidrostáticamente en fábrica y antes de entrar en operación. Esta actividad consistirá en llenar el equipo con agua y someterlo a alta presión para identificar fugas o pérdidas de presión. Las pruebas hidrostáticas se realizan con la finalidad de probar la presión de diseño del ducto antes de iniciar la operación de este, con el objetivo de identificar posibles fallas de materiales o de uniones soldadas.

La prueba hidrostática se llevará a cabo con la finalidad de detectar cualquier posible fuga y consistirá en lo siguiente:

- En primer término, se correrán escudos o tacos de limpieza (diablos), para purgar el aire de la línea, limpiarla de incrustaciones, rebaba o polvo.
- Posteriormente se deja correr el agua hasta que ésta salga limpia. La fuente se elegirá tomando en cuenta la cercanía, volumen y calidad del agua.
- Una vez llena la línea, se conecta la bomba de alta presión hasta alcanzar 1.5 veces la presión de operación durante un período de 24 h sin que sea necesario bombear más agua. En caso de que se presenten fugas, se extrae el agua y se seca la línea, pasando varias veces los diablos a una velocidad de 6 a 9 km/h.
- Una vez terminada la prueba hidrostática, se procede a desalojar el agua de la tubería.

La dirección de las operaciones de prueba será confiada a un técnico calificado que controlará todas las operaciones relacionadas con la instalación del bombeo y la estación de prueba. Las personas responsables de las operaciones, estarán presentes en todas las fases de la prueba.



Antes del inicio de los trabajos, todo el personal asignado a las operaciones de prueba será instruido de manera apropiada y deberá estar consciente de los riesgos específicos asociados con las actividades.

Sólo el personal asignado estará presente cuando se realicen las pruebas. El resto de los trabajadores se mantendrán lejos y no se les permitirán entrar y/o transitar en las áreas donde se realizan las operaciones de prueba.

Los sistemas de medida (manómetros, balanza de peso muerto, contadores, etc.) serán colocados en una posición segura, de tal manera que facilite su lectura durante todo el procedimiento de prueba sin tener que acercarse a los cabezales de prueba.

Todo el equipo y la instrumentación deberán verificarse para asegurar su correcto funcionamiento, su conveniencia y la compatibilidad con las operaciones de prueba para ser realizadas.

Todos los instrumentos tendrán certificados válidos de calibración los cuales deberán ser aprobados por ASA previo a su utilización en la prueba hidrostática.

El buen funcionamiento de las bombas, compresores y equipos de generación eléctrica, será comprobado.

La estación de bombeo y áreas de prueba deberán estar suficientemente iluminadas, cuando se tengan trabajos de noche.

Antes del inicio de las pruebas, la eficacia y la conveniencia y la presión máxima de trabajo de las partes que constituyen los cabezales de prueba, serán verificadas.

Los cabezales de prueba, las válvulas, los tanques, y demás tuberías en la estación de bombeo y prueba, etc., serán instalados de tal manera que no constituyan un peligro para el personal que opera. La comunicación entre todos los puntos de trabajo será asegurada.

Antes de proceder con las operaciones, las tuberías y/o mangueras serán revisadas para asegurar su integridad y correcto funcionamiento, además deberán estar correctamente ancladas en posición estable y segura.

La apertura de válvulas se hará de manera lenta y cuidadosa. El operador estará siempre a un costado de la válvula nunca arriba o en frente. Las válvulas se accionarán muy lentamente al inicio.

El agua de descarga será encausada mediante el uso apropiado y anclado de tubería metálica o manguera, de tal manera que evite daños a personas y/o equipos y al medio ambiente.

Durante el llenado, deben asegurarse las tuberías y mangueras de llenado de manera apropiada, para evitar daños (abrasión por rozamiento, superficies agudas, etc.).



Las estaciones de prueba, las áreas donde se realizan las operaciones de prueba, la tubería y el equipo usado en la prueba serán delimitadas con la advertencia apropiada y se proporcionarán letreros de prohibición de acceso.

El área cerca a los cabezales de prueba deberá estar señalizada de manera apropiada de tal manera que se impida el acceso a particulares y a personal ajeno a la prueba hidrostática.

La caseta de prueba será ubicada a por lo menos 15 m del cabezal de prueba.

Solo el personal autorizado podrá transitar en las áreas de cabezales e instalaciones de bombeo y cabina de instrumentos.

Todo personal involucrado en la prueba debe permanecer a una distancia prudente del cabezal de prueba, de la bomba de llenado o de la bomba de presión.

Todo el personal asignado será equipado con el medio de comunicación entre los diferentes puntos de trabajo.

### **c) Líquidos Penetrantes (LP).**

El método o prueba de líquidos penetrantes se basa en el principio físico de la capilaridad y consiste en la aplicación de un líquido, con buenas características de penetración en pequeñas aberturas, sobre la superficie limpia del material a inspeccionar. Una vez que ha transcurrido un tiempo suficiente para que el líquido penetrante recién aplicado penetre considerablemente en cualquier abertura superficial, se realiza una remoción o limpieza del exceso de líquido penetrante mediante el uso de algún material absorbente (papel, trapo, etc.), y a continuación se aplica un líquido absorbente, comúnmente llamado revelador, de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya penetrado en las aberturas superficiales.

Por consiguiente, las áreas en las que se observe la presencia de líquido penetrante después de la aplicación del líquido absorbente, son áreas que contienen discontinuidades superficiales (grietas, perforaciones, etc.).

En general, existen dos principales técnicas del proceso de aplicación de los líquidos penetrantes: la diferencia entre ambas es que en una se emplean líquidos penetrantes que son visibles a simple vista o con ayuda de luz artificial blanca y, en la segunda, se emplean líquidos penetrantes que solo son visibles al ojo humano cuando se les observa en la oscuridad y utilizando luz negra o ultravioleta, lo cual les da un aspecto fluorescente.

Estas dos principales técnicas son comúnmente conocidas como: líquidos penetrantes visibles y líquidos penetrantes fluorescentes. Cada una de estas pueden, a su vez, ser divididas en tres subtécnicas: aquellas en las que se utiliza líquidos removibles con agua, aquellas en las que se utiliza líquidos removibles con solvente y aquellas en las que se utilizan líquidos posemulsificables.



Cada una de las técnicas existentes del método de líquidos penetrantes tiene sus ventajas, desventajas y sensibilidad asociada. En general, la elección de la técnica a utilizar dependerá del material en cuestión, el tipo de discontinuidades a detectar y el costo. A continuación se muestran las técnicas de aplicación de los líquidos penetrantes:

- Líquidos visibles.
  - Lavables con agua.
  - Lavables con solvente.
  - Posemulsificables.
  
- Líquidos fluorescentes.
  - Lavables con agua.
  - Lavables con solvente.
  - Posemulsificables.

#### **d) Pruebas Magnéticas.**

Este método de prueba no destructiva se basa en el principio físico de magnetismo, el cual exhibe principalmente los materiales ferrosos como el acero, y consiste en la capacidad o poder de atracción entre metales. Cuando un metal es magnético, atrae en sus extremos o polos a otros metales igualmente magnéticos o con capacidad para magnetizarse.

De acuerdo con lo anterior, si un material magnético presenta discontinuidades en su superficie, éstas actuarán como polos, y por tal, atraerán cualquier material magnético o ferromagnético que esté cercano a las mismas. De esta forma, un metal magnético puede ser magnetizado local o globalmente y se le pueden esparcir sobre su superficie, pequeños trozos o diminutas partículas magnéticas y así observar cualquier acumulación de las mismas, lo cual es evidencia de la presencia de discontinuidades sub-superficiales y/o superficiales en el metal.

Este método está limitado a la detección de discontinuidades superficiales y en algunas ocasiones sub-superficiales. Asimismo, su aplicación también se encuentra limitada por su carácter magnético, es decir, solo puede ser aplicada en materiales ferromagnéticos. Aun así, este método es ampliamente utilizado en el ámbito industrial y algunas de sus principales aplicaciones se encuentran en:

- El control de calidad o inspección de componentes maquinados.
- La detección de discontinuidades en la producción de soldaduras.
- Los programas de inspección y mantenimiento de componentes críticos en plantas químicas y petroquímicas (recipientes a presión, tuberías, tanques de almacenamiento, etc.).
- La detección de discontinuidades de componentes sujetos a cargas cíclicas (discontinuidades por fatiga).

En general existen dos principales medios o mecanismos mediante los cuales se pueden aplicar las partículas magnéticas: vía húmeda y vía seca. Cuando las partículas se aplican en

vía húmeda, normalmente se encuentran suspendidas en un medio líquido tal como el aceite o el agua. En la aplicación de las partículas magnéticas vía seca, éstas se encuentran suspendidas en aire.

Asimismo, existen dos principales tipos de partículas magnéticas: aquellas que son visibles con luz blanca natural o artificial y aquellas cuya observación debe ser bajo luz negra o ultravioleta, conocidas comúnmente como partículas magnéticas fluorescentes.

Cada medio de aplicación (húmedo o seco) y cada tipo de partículas magnéticas (visibles o fluorescentes) tienen sus ventajas y desventajas. El medio y el tipo de partícula a utilizar lo determinan distintos factores, entre los que se pueden enunciar el tamaño de las piezas a inspeccionar, el área a inspeccionar, el medio ambiente bajo el cual se realizará la prueba, el tipo de discontinuidades a detectar y el costo. El personal que realiza este tipo de pruebas generalmente realiza un análisis de los factores anteriores para determinar cuál es el medio y tipo óptimo de partícula magnética a utilizar para cierta aplicación específica. Otro factor importante a considerar es la forma o mecanismo mediante el cual se magnetizarán las piezas o el área a inspeccionar, lo cual puede conseguirse de distintas formas, ya sea mediante el uso de un yugo electromagnético, puntas de contacto, imanes permanentes, etc.

#### **e) Ultrasonido.**

El método de ultrasonido se basa en la generación, propagación y detección de ondas elásticas (sonido) a través de los materiales. Se utiliza un sensor o transductor, que contiene un elemento piezoeléctrico cuya función es convertir pulsos eléctricos en pequeños movimientos o vibraciones, las cuales a su vez generan sonido con una frecuencia en el rango de los megahertz (inaudible al oído humano). El sonido o las vibraciones, en forma de ondas elásticas, se propagan a través del material hasta que pierde por completo su intensidad o hasta que topa con una interfase, es decir, algún otro material tal como el aire o el agua y, como consecuencia, las ondas pueden sufrir reflexión, refracción, distorsión, etc., lo cual puede traducirse en un cambio de intensidad, dirección y ángulo de propagación de las ondas originales.

De esta manera, es posible aplicar el método de ultrasonido para determinar ciertas características de los materiales tales como:

- Velocidad de propagación de ondas.
- Tamaño de grano en metales.
- Presencia de discontinuidades (grietas, poros, laminaciones, etc.).
- Adhesión entre materiales.
- Inspección de soldaduras.
- Medición de espesores de pared.

Como puede observarse, con el método de ultrasonido es posible obtener una evaluación de la condición interna del material en cuestión. Sin embargo, el método de ultrasonido es más complejo en la práctica y en teoría, lo cual demanda personal calificado para su aplicación e interpretación de indicaciones o resultados de prueba.

## **f) Radiografía.**

La radiografía, como método de prueba no destructivo, se basa en la capacidad de penetración que caracteriza principalmente a los rayos X y a los rayos gamma. Con este tipo de radiación es posible irradiar un material y, si internamente este material presenta cambios internos considerables como para dejar pasar, o bien retener dicha radiación, entonces es posible determinar la presencia de dichas irregularidades internas, simplemente midiendo o caracterizando la radiación incidente contra la radiación retenida o liberada por el material.

Comúnmente, una forma de determinar la radiación que pasa a través de un material consiste en colocar una película radiográfica, cuya función es cambiar de tonalidad en el área que recibe radiación. En la parte de arriba se encuentra una fuente radiactiva, la cual emite radiación a un material metálico, el cual a su vez presenta internamente una serie de poros, los cuales por contener aire o algún otro tipo de gas, dejan pasar más cantidad de radiación que en cualquier otra parte del material. El resultado queda plasmado en la película radiográfica situada en la parte inferior del material metálico. Como puede observarse, el método de radiografía es sumamente importante, ya que nos permite obtener una visión de la condición interna de los materiales. De aquí que sea ampliamente utilizada en aplicaciones tales como:

- Medicina.
- Evaluación de soldaduras.
- Control de calidad en la producción de diferentes productos.
- Otros.

Sin embargo, este método también tiene sus limitaciones. El equipo necesario para realizar una prueba radiográfica puede representar una seria limitación si se considera su costo de adquisición y mantenimiento. Más aún, dado que en este método de prueba se manejan materiales radiactivos, es necesario contar con un permiso autorizado para su uso, así como con detectores de radiación para asegurar la integridad y salud del personal que realiza las pruebas radiográficas.

## **g) Pruebas Electromagnéticas.**

Las pruebas electromagnéticas se basan en la medición o caracterización de uno o más campos magnéticos generados eléctricamente e inducidos en el material de prueba. Distintas condiciones, tales como discontinuidades o diferencias en conductividad eléctrica, pueden ser las causantes de la distorsión o modificación del campo magnético inducido.

La técnica más utilizada en el método electromagnético es la de corrientes de Eddy. Esta técnica puede ser empleada para identificar una amplia variedad de condiciones físicas, estructurales y metalúrgicas en materiales metálicos ferromagnéticos y en materiales no metálicos que sean eléctricamente conductores. De esta forma, la técnica se emplea principalmente en la detección de discontinuidades superficiales. Sus principales aplicaciones se encuentran en la medición o determinación de propiedades tales como la conductividad eléctrica, la permeabilidad magnética, el tamaño de grano, dureza,

dimensiones físicas, etc. También sirve para detectar traslapos, grietas, porosidades e inclusiones.

Este tipo de pruebas ofrecen la ventaja de que los resultados de prueba se obtienen casi en forma instantánea; además, dado que lo único que se requiere es inducir un campo magnético, no hay necesidad de tener contacto directo con el material de prueba; con esto se minimiza la posibilidad de causar algún daño al material de prueba. Sin embargo, la técnica está limitada a la detección de discontinuidades superficiales y a materiales conductores.

## **h) Pruebas de Fuga.**

Las pruebas de detección de fugas son un tipo de prueba no destructiva que se utiliza en sistemas o componentes presurizados o que trabajan en vacío, para la detección y localización de fugas, así como la medición del fluido que escapa por éstas. Las fugas son orificios que pueden presentarse en forma de grietas, fisuras, hendiduras, etc., donde puede recluirse o escaparse algún fluido.

La detección de fugas es de gran importancia, ya que una fuga puede afectar la seguridad o desempeño de distintos componentes y reduciendo enormemente su confiabilidad. Generalmente, las pruebas de detección de fugas se realizan:

- Para prevenir fugas de materiales que puedan interferir con la operación de algún sistema.
- Para prevenir fuego, explosiones, contaminación ambiental o daño al ser humano.
- Para detectar componentes no confiables o aquellos en donde el volumen de fuga exceda los estándares de aceptación.

El propósito de estas pruebas es asegurar la confiabilidad y servicio de componentes y prevenir fallas prematuras en sistemas que contienen fluidos trabajando a presión o en vacío. Los componentes o sistemas a los cuales generalmente se les realiza pruebas de detección fugas son:

- **Recipientes y componentes herméticos.** Para prevenir la entrada de contaminación o preservar internamente los fluidos contenidos. Por ejemplo: dispositivos electrónicos, circuitos integrados, motores y contactos sellados.
- **Sistemas herméticos.** Para prevenir la pérdida de los fluidos contenidos. Por ejemplo: sistemas hidráulicos y de refrigeración; en la industria petroquímica: válvulas, tuberías y recipientes.
- **Recipientes y componentes al vacío.** Para asegurar si existe un deterioro rápido del sistema de vacío con el tiempo. Por ejemplo: tubos de rayos catódicos, artículos empacados en vacío y juntas de expansión.

- **Sistemas generadores de vacío.** Para asegurar que las fugas se han minimizado y mejorar su desempeño. Las pruebas de fuga comúnmente utilizadas se basan en uno o más de los siguientes principios:
  - *Ultrasonido.* Este ensayo comúnmente se aplica en la detección de fugas de gas en líneas de alta presión. Dependiendo de la naturaleza de la fuga, el gas al escapar produce una señal ultrasónica que puede detectarse con una sensibilidad aproximada de  $10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/s.
  - *Por Burbujeo.* Este ensayo se basa en el principio de generación o liberación de aire o gas de un contenedor, cuando este se encuentra sumergido en un líquido. Se emplean frecuentemente en instrumentos presurizados, tuberías de proceso y recipientes. Es una prueba más bien cualitativa que cuantitativa, ya que es difícil determinar el volumen de la fuga.
  - *Por Tintas Penetrantes.* Consiste en rociar tintas penetrantes en las zonas de alta presión donde se desea detectar fugas. Si existe alguna fuga, la presión diferencial del sistema hará filtrar la tinta hacia el lado de baja presión del espécimen ensayado.
  - *Por Medición de Presión.* Este tipo de prueba se utiliza para determinar si existen flujos de fuga aceptables, si existen condiciones peligrosas y para detectar componentes y equipo defectuoso. Se puede obtener una indicación de fuga relativamente exacta al conocer el volumen y presión del sistema y los cambios de presión respecto al tiempo que provoca la fuga. Algunas ventajas de este método son que se puede medir el flujo total de la fuga independientemente del tamaño del sistema y que no es necesario utilizar fluidos trazadores.
  - *Por Detección de Halógenos (Diodo de Halógeno).* Este tipo de prueba es más sensitivo que los anteriores. Fugas tan pequeñas como  $10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/s pueden detectarse con facilidad. Las dos limitantes de este ensayo son que se necesitan gases de trazado especiales y el uso de calentadores de alta temperatura, lo cual resulta inconveniente en ambientes peligrosos.
  - *Por Espectrómetro de Helio.* Se considera la técnica de detección de fugas más versátil tanto industrial como de laboratorio. Tiene las mismas limitantes que el ensayo por detección de halógenos porque se requiere de helio como gas de trazado, y el tubo del espectrómetro se mantiene a alta temperatura mediante filamentos calefactores. Sin embargo, el helio es completamente inerte y menos caro que los gases halógenos. La sensibilidad es del orden de  $10^{-11}$  cm<sup>3</sup>/s.
  - *Con Radioisótopos Trazadores.* En esta técnica se utilizan radioisótopos de vida corta como fluidos trazadores para probar cavidades selladas herméticamente y circuitos cerrados de tubería. La pérdida de flujo o la detección del gas trazador en sitios no esperados son la evidencia de fuga.

Esta técnica tiene la misma sensibilidad que el ensayo por espectrómetro de helio, aunque es más caro y es necesario establecer medidas de seguridad adecuadas debido a la radiación.

La selección del método a utilizar generalmente se basa en el tipo de fuga a detectar, el tipo de servicio del componente en cuestión y el costo de la prueba. En cualquier caso es necesario, al igual que en otros métodos de pruebas no destructivas, que el personal que las realice esté calificado en la aplicación de las mismas.

### **i) Emisión Acústica.**

Hoy en día, uno de los métodos de pruebas no destructivas más recientes y, que ha venido teniendo gran aplicación a nivel mundial en la inspección de una amplia variedad de materiales y componentes estructurales, es sin duda el método de emisión acústica (EA).

Este método detecta cambios internos en los materiales, o dicho de otra manera, detecta micro-movimientos que ocurren en los materiales cuando, por ejemplo, existe un cambio micro-estructural, tal como lo son las transformaciones de fase en los metales, el crecimiento de grietas, la fractura de los frágiles productos de corrosión, cedencia, deformación plástica, etc. La detección de estos mecanismos mediante emisión acústica, se basa en el hecho de que cuando ocurren, parte de la energía que liberan es transmitida hacia el exterior del material en forma de ondas elásticas (sonido), es decir, emiten sonido (emisión acústica). La detección de estas ondas elásticas se realiza mediante el uso de sensores piezo-eléctricos, los cuales son instalados en la superficie del material.

Los sensores, al igual que en el método de ultrasonido, convierten las ondas elásticas en pulsos eléctricos y los envía hacia un sistema de adquisición de datos, en el cual se realiza el análisis de los mismos.

Si la discontinuidad crece o se desarrolla, sus señales de emisión acústica asociadas revelarán su existencia durante su crecimiento. Esta es una de las principales ventajas de la técnica de emisión acústica “Monitoreo en Tiempo Real”.

### **j) Rayos Infrarrojos.**

La principal técnica empleada en las pruebas infrarrojas es la Termografía Infrarroja (TI). Esta técnica se basa en la detección de áreas calientes o frías mediante el análisis de la parte infrarroja del espectro electromagnético. La radiación infrarroja se transmite en forma de calor mediante ondas electromagnéticas a través del espacio. De esta forma, mediante el uso de instrumentos capaces de detectar la radiación infrarroja, es posible detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en los materiales.

Generalmente, en la técnica de Termografía Infrarroja se emplean una o más cámaras que proporcionan una imagen infrarroja (termograma), en la cual las áreas calientes se diferencian de las áreas frías por diferencias en tonalidades.

De esta forma, se puede obtener un termograma típico de una pieza o componente sin discontinuidades. Posteriormente, si hubiese alguna discontinuidad, ésta interrumpirá el flujo o gradiente térmico normal, lo cual será evidente en el termograma. La técnica de Termografía Infrarroja ofrece grandes ventajas: no se requiere contacto físico, la prueba se efectúa con rapidez incluso en grandes áreas, los resultados de la prueba se obtienen en forma de una imagen o fotografía, lo cual agiliza la evaluación de los mismos. En general, existen dos principales técnicas de TI: la termografía pasiva y la termografía activa.

Para la inspección de los equipos y tuberías, se deberán utilizar los diferentes tipos de pruebas no destructivas de acuerdo con las características de los procesos y materiales de los equipos. Los fabricantes de los equipos de proceso también realizarán pruebas no destructivas y pruebas de hermeticidad durante las etapas de ensamble y acabado.

### 1.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

A continuación se presentan las condiciones de operación del sistema de recepción, almacenamiento y distribución de turbosina en el NAICM.

- Ducto de recepción de turbosina:
  - Temperatura: ambiente
  - Diámetro del ducto: 14" (350 mm)
  - Gasto a manejar: 4 997 gpm (315 l/s)
  
- Tanques de almacenamiento de turbosina:
  - Presión: atmosférica
  - Temperatura: ambiente
  - Capacidad: 66 600 barriles = 10 589.4 m<sup>3</sup>
  - Dimensión de los diques: 80 x 80 m = 6 400 m<sup>2</sup>
  - Altura del fluido en el dique en caso de derrame total: 1.654 m
  
- Ducto de suministro a la red de hidrantes de turbosina:
  - Diámetro del ducto: 24" (600 mm)
  - Gasto a manejar: 9 197 gpm
  - Presión máxima permitida en "estado constante": 285 psig (20 bar)
  - Presión de diseño para el sistema de abastecimiento de hidrantes: 150 psig (10 bar)
  - Presión mínima de operación a la salida de la válvula del hidrante: 75 psig (5.2 bar)
  
- Hidrantes de turbosina en plataforma:
  - Diámetro del ducto de los hidrantes: 6" (152.4 mm) de acero al carbón
  - Gasto a manejar: 300 gpm (máximo)
  - Presión de diseño para el sistema de abastecimiento de hidrantes: 150 psig (10 bar)
  - Presión mínima de operación a la salida de la válvula del hidrante: 75 psig (5.2 bar)

- Tanque de almacenamiento de gas L.P.
  - Capacidad: 10 000 gal (20 439 kg)

Los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) de los procesos de manejo y almacenamiento de turbosina y gas LP serán desarrollados cuando se realice el proyecto definitivo del NAICM.

Tanto los tanques de almacenamiento de turbosina como el sistema de abastecimiento de hidrantes de combustible, deberán contar con un sistema de instrumentación y control, el cual deberá contener lo siguiente:

- Transmisores de presión con pantallas:
  - En la conexión de los ductos de Pemex al equipo receptor aguas arriba de la válvula de cierre de Pemex
  - En todas las descargas de bomba
  - En toda la tubería de succión de bombas
  - En todos los filtros micrónicos, tratadores de arcilla y filtros separadores (de tipo diferencial)
  - En los probadores de medidores (*meter provers*)
  - En todos los medidores de flujo
- Transmisores de temperatura con pantallas locales:
  - En todos los medidores para compensación de temperatura de las lecturas del medidor
  - En múltiples niveles verticales de cada tanque de almacenamiento API 650 para tener compensación de temperatura del sistema de medición de nivel.
  - En los medidores de probadores
  - En los sistemas de inyección de aditivos
- Transmisores de conducción:
  - En el punto de conexión a los ductos de Pemex
  - En cada estación de descarga de camiones
  - En cada sistema de inyección de aditivos para la inyección de Statix 450, si se requiere.
- Transmisores de densidad:
  - En cada medidor de flujo
  - En cada sistema de inyección de aditivos
  - En cada sistema de descarga de camiones
- Medidores de flujo (todos deberán estar certificados para transferencia de custodia):
  - En la conexión a los ductos de Pemex - ultrasónicos o tipo Coriolis
  - En cada estación de descarga de camiones - Del tipo de desplazamiento positivo con transmisores electrónicos o tipo turbina.



- En cada ensamblaje de equipo de filtración para monitorear la tasa de flujo y para ajustar la válvula de control de flujo del filtro separador - tipo placa con orificios con transmisor y pantalla local.
- En cada descarga de la bomba - tipo placa con orificios con transmisor y pantalla local para monitorear las tasas de flujo de la bomba y para secuenciamiento de la bomba en el sistema de control.
- En cada tubería de estación de carga inferior de cada estación de carga de autotanques (estaciones de doble propósito) - desplazamiento positivo con transmisor electrónico.
- Transmisores de nivel:
  - En cada tanque API 650 tipo radar con onda guiada:
    - nivel bajo bajo - Específico para el tanque
    - nivel bajo - Específico para el tanque
    - nivel alto - 90% lleno
    - nivel alto alto - 95% lleno
  - En cada tanque que no sea API 650 - Magnetoestrictivo o tipo radar:
    - -nivel bajo bajo - Específico para el tanque
    - -nivel bajo - Específico para el tanque
    - -nivel alto - 90% lleno
    - -nivel alto alto - 95% lleno
- Transmisores de alarma de nivel:
  - En cada tanque API 650 - tipo radar con onda
  - En tanques que no sean API 650 - tipo capacitivo o magnetoestrictivo.

El sistema de control tendrá una sala central de control con el PLC relacionado, computadoras e interfases HMI para el monitoreo y control de las instalaciones de almacenamiento de combustible y el sistema de abastecimiento de hidrantes de combustible. El sistema de control deberá monitorear y controlar lo siguiente:

- Todas las válvulas operadas con motor - estatus, abierto, cerrado, falla
- Todos los sensores y las alarmas de nivel de tanque
- Todos los transmisores de temperatura
- Todos los transmisores de presión
- Todos los medidores de flujo
- Todos los transmisores de conducción
- Todos los transmisores densitómetros
- La condición de supervisión de cada cable de los sistemas de instrumentación.

Las operaciones de transferencia de custodia consisten en medir y reportar la cantidad de combustible que se mueve hacia los tanques de almacenamiento y fuera del almacenamiento, recibos de recepción de Pemex, recibos de autotanques de combustible, el combustible que se carga en los reabastecedores y el combustible que se carga en las aeronaves. Las emisiones de combustible y los recibos de recepción de combustible deben ser iguales en una situación ideal.



Para las recepciones de combustible se deben hacer pruebas de agua, tierra (prueba de miliporos), densidad, claridad y color para asegurar que el combustible sea turbosina y que esté en condiciones aceptables. Estas pruebas se deben realizar utilizando equipo en el área de recepción.

Para las emisiones de combustible, cada vehículo de combustible estará equipado con medidores que tengan impresión de boletas y/o transmisores para reportar la cantidad de combustible entregada a la sala de control.

### **1.3.1 Especificación del cuarto de control**

Las especificaciones del cuarto de control del manejo y almacenamiento de turbosina y gas LP serán desarrollados cuando se realice el proyecto definitivo del NAICM.

### **1.3.2 Sistemas de aislamiento**

Todos los tanques de almacenamiento de combustible contarán con un sistema de contención de derrames diseñado y construido conforme a la norma NFPA 30 y a los códigos y normas locales.

Los tanques de almacenamiento de turbosina que cumplen con la API 650 deben tener un sistema de contención que consiste en paredes de contención de concreto de aproximadamente 1.83 metros de alto como máximo y un piso de concreto con recubrimiento de membrana elastomérica debajo del piso. El sistema de contención deberá estar diseñado considerando el asentamiento del área de contención y el asentamiento diferencial entre las cimentaciones de tanque con soporte de pilotes y el sistema de contención con piso y membrana. Cada área contenida deberá tener una entrada para válvulas de drenaje pluvial conectadas al sistema de residuos industriales de las instalaciones del área de almacenamiento de combustible.

El sistema de revestimiento elastomérico consistirá de un revestimiento elastomérico, un forro de tela protectora por debajo y por encima de la membrana elastomérica para protegerla del desgaste y de perforaciones causadas por el suelo y la grava. El revestimiento elastomérico deberá sujetarse al muro circular del tanque con sellos elastoméricos, listones de acero inoxidable, pernos epoxi para anclaje, arandelas y tuercas. Si el asentamiento diferencial se vuelve excesivo para la montura del revestimiento al muro, entonces pueden agregarse extensiones de membrana para aliviar la tensión en la membrana existente.

El área de contención constará de diques de concreto intermedios de 0.915 metros, según los requisitos de la norma NFPA 30, para minimizar los derrames causados por viajar de un tanque a otro (por consideraciones relacionadas con incendios).

Cada zona de diques en el parque de combustible tendrá una cuenca de drenaje con una válvula de cierre normal en la entrada de la respectiva tubería de drenaje. La tubería de drenaje se debe conectar al sistema de desechos industriales. Se abrirá la válvula de descarga del foso de sumidero sólo si no hay ninguna indicación visible de hidrocarburos en



la superficie del agua de lluvia contenida. Si se detectan cantidades importantes de hidrocarburos, esto debe corregirse eliminando la mayor cantidad de líquidos de hidrocarburos como sea posible antes de que se libere el agua contenida hacia el sistema de desechos industriales.

El tanque horizontal de almacenamiento de combustible UL 2085 es un tanque de doble pared resistente al fuego y a impactos. La pared exterior del tanque califica como un sistema de contención para la parte interna del mismo, el cual contiene la turbosina recuperada. Aunque este tipo de tanque califica para ser colocado sobre una losa de concreto con canaletas de contención de derrames, el tanque deberá colocarse sobre una losa de concreto que tenga muros de contención de concreto con una membrana debajo del piso del concreto y unida a los muros de contención. Se deberá colocar un material textil de protección y arena debajo y encima de la membrana para proteger la membrana de cualquier perforación. La losa deberá ser de un solo colado de concreto reforzado con acero. Se deberá sellar la unión de la losa a los muros de contención con un sellador elastomérico resistente a turbosina y con juntas *waterstop* coladas en la losa de concreto y en los muros de contención. El espacio encima de las juntas coladas en el sitio se deberá llenar con un sellador resistente a la turbosina diseñado para esta aplicación. El sistema de contención deberá tener un tubo de drenaje y una válvula externa instaladas en una caja de válvulas. La válvula de drenaje deberá mantenerse cerrada y sólo se abrirá para drenar agua y pequeñas cantidades de combustible hacia el sistema de tubería de drenaje. El sistema de tubería de drenaje deberá ser parte del sistema de drenaje de desechos industriales del área de almacenamiento de turbosina, que deberá contener un separador aceite-agua. La descarga del separador de aceite-agua deberá conectarse con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Para grandes cantidades de turbosina en la contención de derrames, la turbosina se deberá extraer mediante un camión vaciador que se utiliza para sacar turbosina y agua de los pits de hidrantes y de las bóvedas de válvulas.

El sistema de contención deberá diseñarse en cumplimiento con la NFPA 30 y con códigos y normas locales.

## 1.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

### 1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

Cualquier instalación de manejo de combustibles a gran escala asociada a Pemex, tiene la imagen intrínseca en la sociedad de eventos potenciales de explosiones y/o incendios; casos como el de San Juanico están todavía presentes en la memoria de la población y la opinión pública en general. Por ello, las autoridades han establecido que las empresas que desarrollan actividades consideradas como altamente riesgosas, cuenten con elementos de seguridad tales que reduzcan a su mínima expresión el riesgo que implica el manejo de todo tipo de combustibles derivados del petróleo.

Por tal razón, ASA lleva una relación de los eventos que se han suscitado en el manejo y almacenamiento de turbosina en las estaciones de combustibles distribuidas en todo el país. De la información recabada por la entidad, se tiene que el 73% de los derrames ocurre en



vialidades (área de carga y descarga), y el restante 27% ocurre dentro de los diques de contención de los tanques de almacenamiento, debido a fallas en bridas, purgas, etc.

Se tiene una relación de las emergencias ambientales ocurridas de 2007 a la fecha, para tener una idea de porcentaje de ocurrencia de los mismos:

- Derrame por sobrellenado en el tanque TV-1 ocurrido el 10 de julio de 2007 en la Estación de Combustibles de Colima, con una cantidad de 4 462 litros de turbosina (falla por llenado incorrecto de formato de campo y supervisión de descarga; asimismo, no existía dique impermeable).
- Derrame por sobrellenado en el tanque TV-3 ocurrido el 29 de agosto de 2007 en la Estación de Combustibles de México, con una cantidad de 342 444 litros de turbosina (falta de aviso a personal de Pemex para parar el bombeo del ducto y falla del dique de contención de derrames contaminando el subsuelo y suelo adyacente).
- Derrame por sobrellenado en el tanque TV-4 ocurrido el 18 de diciembre de 2007 en la Estación de Combustibles de Cozumel, con una cantidad de 9 685 litros de turbosina (falla por llenado incorrecto de formato de campo y supervisión de descarga; asimismo, falla del dique de contención de derrames contaminando el subsuelo adyacente y toda la trayectoria del drenaje industrial).
- Derrame de turbosina en hidrante fuera de servicio contiguo al hidrante de la posición 10 de la plataforma, debido a ruptura de un empaque de la brida ciega. Ocurrido el 10 de mayo de 2011 en la plataforma del Aeropuerto de Mazatlán, con una cantidad de 49 036 litros de turbosina.
- Derrame al estar prestando un servicio de suministro con un dispensador remolcable a una aeronave, detectando una baja de presión, lo que activa el paro de emergencia. Se localiza derrame de producto en la posición 7, debido a desprendimiento de junta de expansión. Ocurrido el 1 de diciembre de 2011 en la plataforma del Aeropuerto de Chihuahua con una cantidad de 3 150 litros de turbosina.
- El 6 de diciembre del 2011 se identificó en la cisterna que se localiza entre el Edificio Terminal y la Torre de Control del Aeropuerto de La Paz, una “nata” de hidrocarburo sobre la superficie del agua, derivándose lo anterior de fuga en el tramo de la posición 5 de 4” de diámetro por falla geológica. La cantidad estimada derramada es de aproximadamente 200 000 litros de turbosina.
- Derrame por volcadura de autotanque dentro de las instalaciones de la Estación de Combustibles México, ocurrido el 26 de mayo de 2012 con una cantidad de 5 100 litros de turbosina, debido a exceso de velocidad en curva.
- Derrame por sobrellenado en el tanque TV-4 ocurrido el 4 de agosto de 2012 en la Estación de Combustibles de Guadalajara, con una cantidad de 18 205 litros de

turbosina (falla en las operaciones del dique de contención de derrames contaminando el subsuelo adyacente y arroyo en el aeropuerto).

- Derrame por volcadura de autotanque dentro de las instalaciones de la Estación de Combustibles Torreón, ocurrido el 25 de febrero de 2013 con una cantidad de 17 200 litros de turbosina, debido a vencimiento por corrosión de patín de tanque con combustible a su máxima capacidad por reparación del motor desacoplado para su mantenimiento).
- Derrame por sobrellenado de tanque de producto no conforme de Pemex dentro de las instalaciones de la Estación de Combustibles México, ocurrido el 22 de noviembre de 2013 con una cantidad de 2 000 litros de turbosina (falla en válvula de Pemex provocando el sobrellenado del tanque, asimismo dique no era hermético).

De manera similar, se tiene el reporte de derrames de combustible ocurridos en 2013 en el área de plataformas del actual Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), los cuales se describen a continuación:

- 13 de enero, 09:20 horas. Posición 35. Volaris. Durante la descarga de combustible, el dispensador de ASA Combustibles presentó falla ocasionando que se derramara por la válvula por aproximadamente 2 m.
- 06 de febrero, 07:17 horas. Posición 36. Alaska Airlines. Durante la recarga de combustible, se presentó una equivocación errónea.
- 06 de febrero, 07:35 horas. Posición 63. Aeroméxico. Derrame aproximado de 8 m<sup>2</sup> por falla del hidrante.
- 06 de febrero, 08:01 horas. Posición 68. Aeroméxico Connect. Derrame de líquido hidráulico.
- 09 de febrero, 09:40 horas. Posición 22. Iberia. Derrame de 130 m<sup>2</sup>.
- 11 de marzo, 19:35 horas. Posición 62. ASA Combustibles. Falla en empaque del dispensador durante el abastecimiento de la aeronave de Aeroméxico Connect, ocasionando un derrame de 20 m<sup>2</sup>.
- 20 de marzo, 10:10 horas. Posición 20. United Airlines. Derrame ocasionado por falla de válvula de la aeronave.
- 07 de abril, 19:43 horas. Posición S7. United Airlines. Personal de la aerolínea reporta plataforma contaminada por combustible de aproximadamente 60 m<sup>2</sup>.
- 29 de abril, 13:21 horas. Posición 31. American Airlines. Falla en la indicación de carga.



- 31 de mayo, 07:15 horas. Posición 18. Volaris. Durante el abastecimiento de combustible, se genera derrame de 1 m<sup>2</sup>.
- 16 de junio, 16:00 horas. Posición 25. Interjet. Durante el abastecimiento de combustible, la manguera del dispensador se zafó del equipo, contaminando la plataforma por aproximadamente 25 m<sup>2</sup>.
- 14 de julio, 06:25 horas. Posición 33. Air Canada. Durante el abastecimiento de combustible, la manguera del dispensador no se desconectó de la aeronave y al mover se daña el cople de la aeronave, ocasionando un derrame de 15 m<sup>2</sup>.
- 02 de agosto, 15:20 horas. Posición 4. Dispensador de combustible con fuga. CREI realiza trabajos de protección.
- 27 de agosto, 13:37 horas. Posición 63. Aeroméxico. Falla en válvula de la aeronave.
- 22 de septiembre, 09:35 horas. Posición 44. Aero Unión. Falla de equipo, afectando un área de 50 m<sup>2</sup>.
- 09 de octubre, 00:10 horas. Posición 18. Volaris. Problema con el hidrante de la posición, por lo que se derrama combustible por aproximadamente 4 m<sup>2</sup>.
- 25 de octubre, 03:05 horas. Posición 12. Interjet. Se reporta derrame de líquido hidráulico en la rueda 4 del tren principal.
- 01 de noviembre, 06:57 horas. Posición 2. Interjet. Fuga de combustible en la toma de la aeronave al abrir la válvula de la presión del combustible.
- 05 de noviembre, 17:20 horas. Posición 54. Aeroméxico. Falla en la válvula de la semi-ala.

Aun cuando no hay reportes específicos de fugas o derrames en ductos de turbosina, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) posee registros de las emergencias ambientales reportadas a la dependencia en el período del 2000 al 2012. Del total de eventos relacionados con los medios de transporte de sustancias (5 899), el 51.2% (1 974 eventos) ocurrieron en ductos a nivel nacional.

#### 1.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización

En esta sección se presentan los resultados de la identificación y evaluación de riesgos. El análisis se realizó mediante la técnica conocida como *What If?* (*¿Qué pasa si ...?*) a los procesos asociados al manejo de turbosina y gas LP del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM).

El análisis de riesgo se realizó con base en la información existente a la fecha referente al Anteproyecto del NAICM, proporcionada al Instituto de Ingeniería por personal de ASA

(anteproyecto realizado por ARUP), y relacionada con los procesos que se mencionan en la misma, con énfasis particular en el almacenamiento, transporte y manejo de turbosina; asimismo, se incluyeron los escenarios relacionados al almacenamiento y manejo de gas LP. En algunos casos que resultó indispensable, se complementó dicha información a partir de la literatura o de otros documentos ajenos al propio Anteproyecto del NAICM.

#### **1.4.2.1 Métodos de análisis.**

Riesgo se define como la combinación de la frecuencia esperada y de las consecuencias de los accidentes que pueden ocurrir como resultado de una actividad determinada. La evaluación de riesgos es un proceso formal para mejorar la comprensión que se tiene del riesgo asociado a una actividad. Para evaluar los riesgos se deben contestar las siguientes preguntas básicas:

- ¿Qué puede ocurrir?
- ¿Cuál es la probabilidad de que ocurra?
- ¿Qué impacto tendría?

Por lo tanto, la evaluación de riesgos consiste en identificar los accidentes de interés que puedan ocurrir, estimar la frecuencia de que ocurran y evaluar sus posibles consecuencias.

La *evaluación cualitativa de riesgo* consiste en identificar los accidentes de interés de la instalación. Con este fin, y con base en la información disponible, se ha utilizado el método *What if?*, que se describe más adelante. Para poder aplicar la metodología HazOp, se requiere de los Diagramas de Flujo de Proceso (DFP's) y de los Diagramas de Tubería e Instrumentos (DTI's), mismos que al momento no se encuentran disponibles para el NAICM.

La *evaluación cuantitativa de riesgo* consiste en evaluar los otros dos aspectos del riesgo, la frecuencia de ocurrencia y la consecuencia. Para efectuar una evaluación cuantitativa de riesgo se pueden usar diferentes técnicas de análisis dependiendo de cuáles sean los objetivos del estudio. El enfoque técnico utilizado en este estudio ha sido adaptado para satisfacer las necesidades actuales de ASA, para lo cual se utilizó la técnica Análisis de Capas (o barreras) de Protección, LOPA, del inglés *Layer of Protection Analysis*. Esta técnica constituye una poderosa herramienta analítica para evaluar la efectividad de las capas de protección empleadas para mitigar el riesgo de los procesos.

#### **1.4.2.2 Análisis de riesgos *What if?***

La metodología de análisis de riesgos conocida como *What if?*, consiste en el planteamiento de las posibles desviaciones en el diseño, construcción, modificaciones y operación de una determinada instalación industrial, utilizando la pregunta que da origen al nombre del procedimiento: "*¿Qué pasa si ...?*".

Esta técnica se puede aplicar a cualquier instalación, área o proceso: instrumentación de un equipo, seguridad eléctrica, protección contra incendios, almacenamientos, sustancias peligrosas, etc. Las preguntas se formulan y aplican tanto a proyectos como a plantas en



operación, siendo muy común para cambios en instalaciones ya existentes o para diseño de nuevas plantas o sistemas.

El grupo de trabajo lo conforman personas especialistas de diversas especialidades, con documentación detallada de la planta, proceso, equipos, procedimientos, seguridad, normas, etc. Dado que es una técnica de intercambio de ideas, el resultado es un listado de posibles escenarios o sucesos incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción o eliminación del riesgo.

El grupo aplica un procedimiento creativo para la identificación de problemas o situaciones de riesgo (escenarios de accidente potencial), resultantes de desviaciones posibles de diseño, construcción, modificación u operación, que pueden llevar a consecuencias indeseables. Un líder del equipo guía sistemáticamente al grupo multidisciplinario a través de todas las condiciones de un proceso, con el propósito de promover una tormenta de ideas que permita identificar desviaciones potenciales de las intenciones de operación y diseño de la planta.

Es deseable que el análisis *What if?* se realice a las diversas partes del proceso involucradas, en función de sus características específicas de diseño u operación, por lo que es recomendable que la instalación sea seccionada en procesos o nodos de acuerdo con la intención de diseño. La secuencia del análisis puede ser la siguiente:

- a) Seleccionar un proceso o nodo (ya sea una sección del proceso o paso de operación)
- b) Describir la intención de diseño del nodo
- c) Describir las condiciones de operación
- d) Definir una desviación a la intención de diseño u operación mediante la pregunta *¿Qué pasa si ...?*
- e) Mencionar las posibles causas de la desviación analizada, que pueden provenir ya sea de una falla en cualquier parte del proceso o de circunstancias ajenas al mismo
- f) Establecer las consecuencias asociadas con la desviación, en cualquier parte del proceso aun cuando no pertenezca al nodo analizado
- g) Identificar las salvaguardas existentes para prevenir, mitigar o minimizar la desviación, debiendo excluirse instrumentos de indicación, señales operativas, etc.
- h) Evaluar el grado de tolerancia al riesgo (TR) de la desviación mediante la determinación de la frecuencia (F) y las consecuencias (C)
- i) Proponer las recomendaciones pertinentes para prevenir, mitigar o minimizar la desviación
- j) Definir una nueva desviación de la intención de diseño u operación, repitiendo del inciso (d) al (i)
- k) Una vez analizadas todas las desviaciones posibles del nodo, proseguir el análisis en otra sección del proceso

El reporte final de un análisis *What if?* contiene una lista de las situaciones peligrosas analizadas, sus consecuencias, salvaguardas y opciones posibles para la prevención o mitigación de consecuencias. Los resultados del equipo multidisciplinario deben incluir aspectos tales como la identificación de situaciones potenciales de peligro, la detección de





problemas de operación, mejoras para incrementar el nivel de seguridad de las instalaciones y las recomendaciones que conduzcan hacia áreas de estudio en donde no sea posible tener alguna conclusión al respecto por falta de información. Los resultados son registrados en un formato que permite dar seguimiento de manera sencilla al proceso seguido en el análisis. La Tabla 1-11 muestra un ejemplo de un reporte *What if?*.

**Tabla 1-11 Ejemplo de reporte de la técnica de análisis de riesgos *What if?***

<b>Dependencia:</b>								
<b>Nombre de la Instalación:</b>						<b>Fecha:</b>		
<b>Diagrama No.</b>								
<b>Nodo No.</b>								
<b>Intención de diseño:</b>								
<b>Condiciones de operación:</b>								
No.	¿Qué pasa si...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	C	F	TR	Recomendaciones

### 1.4.2.3 *Análisis de capas (o barreras) de protección, LOPA (Layer of Protection Analysis)*

LOPA se basa en reconocidas técnicas de análisis de riesgo de proceso, aplicando medidas semicuantitativas para la evaluación de la frecuencia de incidentes potenciales y la probabilidad de falla de las capas de protección. A través de esta metodología es posible entonces identificar las salvaguardas que cumplan con los criterios de capas de protección independientes (IPL, del inglés Independent Protection Layer) establecidos por la CCPS (CCPS/AIChE, Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes, 1993). Aun cuando los IPLs son sistemas extrínsecamente seguros, pueden usarse de manera activa o pasiva siempre y cuando cumplan con lo siguiente:

- *Especificidad:* El IPL es capaz de detectar y prevenir o mitigar las consecuencias de eventos especificados, potencialmente peligrosos, tales como una reacción fuera de control, pérdida de contención, o una explosión por ejemplo.
- *Independencia:* Un IPL es independiente de todas las otras capas de protección asociadas con el evento potencialmente peligroso identificado. La independencia requiere que no se vea afectado el rendimiento del IPL por el fracaso de otra capa de protección o por las condiciones que causaron la falla de otra capa de protección. Lo más importante de todo, es que la capa de protección es independiente de la causa de iniciación.
- *Fiabilidad:* La protección proporcionada por la IPL reduce el riesgo identificado por una cantidad determinada y especificada.
- *Auditabilidad:* La IPL está diseñada para permitir la validación periódica regular de la función protectora.

Ejemplos de IPLs incluyen:



- Procedimientos operativos estándar,
- Sistemas de control de proceso básico,
- Alarmas con respuesta definida de operador,
- Sistemas instrumentados de seguridad,
- Dispositivos de alivio de presión,
- Diques y muros de contención,
- Sistemas de fuego y gas,
- Sistemas de diluvio, entre otros.

LOPA no es sólo otra herramienta de evaluación de riesgos, es una herramienta de ingeniería utilizada para asegurar que el riesgo del proceso en cuestión es mitigado con éxito a un nivel aceptable. LOPA es una metodología racional y defendible que provee un medio rápido y rentable para la identificación de los IPLs, que bajen la frecuencia y/o la consecuencia de incidentes peligrosos específicos. LOPA proporciona criterios específicos y restricciones para la evaluación de IPLs, eliminando la subjetividad de métodos cualitativos a un costo sustancialmente menor que las técnicas totalmente cuantitativas.

En el estudio de identificación de riesgos del NAICM, uno de los objetivos es identificar los peligros en los procesos y examinar de qué manera se pueden reducir o eliminar los riesgos que presentan estos peligros a los trabajadores, a la instalación o al medio ambiente. Para lograr dicho objetivo, se organizó un equipo multidisciplinario para realizar la identificación de riesgos en los procesos y evaluar cualitativamente los peligros potenciales asociados a los procesos durante la operación de la instalación. El grupo multidisciplinario participante en la identificación de riesgos se conformó exclusivamente con personal del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

A partir del análisis *What if?* fueron identificados los escenarios de accidente potencial más relevantes con base en su efecto y posibilidad de ocurrencia. Cada escenario de accidente potencial identificado en el análisis, fue sometido a la técnica LOPA con el fin de determinar su frecuencia. Esto permitió jerarquizar los escenarios y priorizar las recomendaciones emitidas por el grupo multidisciplinario con el fin de prevenir, minimizar y/o atender los posibles accidentes inherentes a la operación del NAICM.

Con base en los resultados de jerarquización obtenidos y en el método de evaluación de riesgos descrito en la Norma Inglesa BS EN 1473:2007\* (British Standard), se determinaron los rangos de frecuencia (Tabla J.1\*), las categorías de consecuencia (Tabla K.1\*) y la tolerancia al riesgo (Tablas L.1, L.2\*). Como un criterio adicional para la jerarquización de riesgos, se puede establecer un índice de riesgo (IR), definido como el producto de la categoría de frecuencia por la categoría de consecuencia de cada evento identificado. En este caso, los valores del índice de riesgo están en el rango de 1 (riesgo máximo) hasta 35 (riesgo mínimo), lo cual implica que mientras menor es el índice resultante, más énfasis se debe poner en la mitigación de dicho evento.



**Table J.1 — Frequency ranges for hazard assessment**

Range 1:	Frequency of occurrence of more than <i>once in 10 years</i> .
Range 2:	Frequency of occurrence in the range between <i>once in 10 years and once in 100 years</i> .
Range 3:	Frequency of occurrence in the range between <i>once in 100 years and once in 1 000 years</i> .
Range 4:	Frequency of occurrence in the range between <i>once in 1 000 years and once in 10 000 years</i> .
Range 5:	Frequency of occurrence in the range between <i>once in 10 000 years and once in 100 000 years</i> .
Range 6:	Frequency of occurrence in the range between <i>once in 100 000 years and once in 1 000 000 years</i> .
Range 7:	Frequency of occurrence of <i>less than once in 1 000 000 years</i> (i.e. falling of meteorite etc.)

**Table K.1 — Classes of consequence for hazard assessment**

	Criteria unit	Class 1	Class 2 <sup>a</sup>	Class 3	Class 4	Class 5
Fatalities	Dead persons	More than 10	1 to 10	0	0	0
Accident with loss time	Injured persons	More than 100	11 to 100	2 to 10	1	0
Release of hydrocarbons	Tons	More than 100	10,01 to 100	1,01 to 10	0,1 to 1	Less than 0,1

<sup>a</sup> The class is close to SEVESO Directive criteria [Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances].

**Table L.1 — Determination of level of risk inside plant boundary**

Risk		Consequences class	Consequences Class	Consequences Class	Consequences Class	Consequences Class
Frequency for all plant accidents	Cumulative frequency (per year)	5	4	3	2	1
Range 1	> 0,1	2	2	3	3	3
Range 2	0,1 to 0,01	1	2	2	3	3
Range 3	0,01 to 0,001	1	1	2	2	3
Range 4	0,001 to 10 <sup>-4</sup>	1	1	1	2	2
Range 5	10 <sup>-4</sup> to 10 <sup>-5</sup>	1	1	1	1	2
Range 6	10 <sup>-5</sup> to 10 <sup>-6</sup>	1	1	1	1	1
Range 7	< 10 <sup>-6</sup>	1	1	1	1	1

**TOLERABILITY OF HAZARDS:**  
 1 = normal situation  
 2 = ALARP region  
 3 = not acceptable

**Table L.2 — Determination of level of risk outside the Boundary plant**

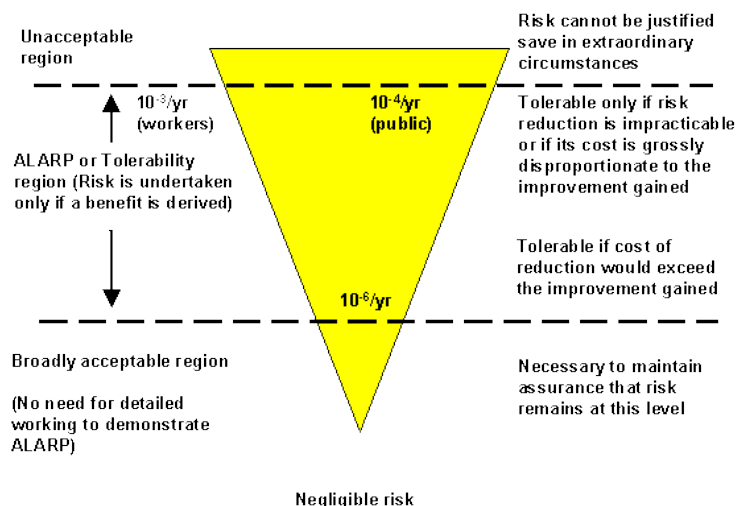
Risk		Consequences class	Consequences Class	Consequences Class	Consequences Class	Consequences Class
Frequency for all plant accidents	Cumulative frequency (per year)	5	4	3	2	1
Range 1	> 0,1	2	3	3	3	3
Range 2	0,1 to 0,01	2	2	3	3	3
Range 3	0,01 to 0,001	1	2	2	3	3
Range 4	0,001 to 10 <sup>-4</sup>	1	1	2	2	3
Range 5	10 <sup>-4</sup> to 10 <sup>-5</sup>	1	1	1	2	2
Range 6	10 <sup>-5</sup> to 10 <sup>-6</sup>	1	1	1	1	2
Range 7	< 10 <sup>-6</sup>	1	1	1	1	1

**TOLERABILITY OF HAZARDS:**  
 1 = normal situation  
 2 = ALARP region  
 3 = not acceptable

En la tabla anterior, los niveles significan lo siguiente:

- Nivel 1 (situación normal), se refiere a un nivel de riesgo aceptable.
- Nivel 2 corresponde a aquella situación que podrá ser mejorada; es decir, un nivel al cual se demostrará que el riesgo se hace tan bajo como sea razonablemente práctico (As Low As Reasonably Practical, ALARP).
- Nivel 3 situación que es indeseable y no puede ser tolerada. Se requiere una acción remedial inmediata. Por lo tanto el nivel es No aceptable.

Con referencia a las diferentes frecuencias de ocurrencia que involucran el nivel 2 (ALARP), la siguiente figura establece los valores establecidos tanto para el personal de trabajo como para la población.



#### 1.4.2.4 Eventos potenciales de riesgo identificados mediante el análisis *What if?*

El análisis *What if?* del NAICM se realizó considerando los diversos sistemas que lo componen, con énfasis en el sistema de abastecimiento, almacenamiento, transporte y manejo de turbosina, así como de almacenamiento de gas LP. Para el estudio de riesgo se consideró el análisis típico de un sistema de suministro de combustible en aeropuertos, el cual se puede apreciar en la Figura 1-22.

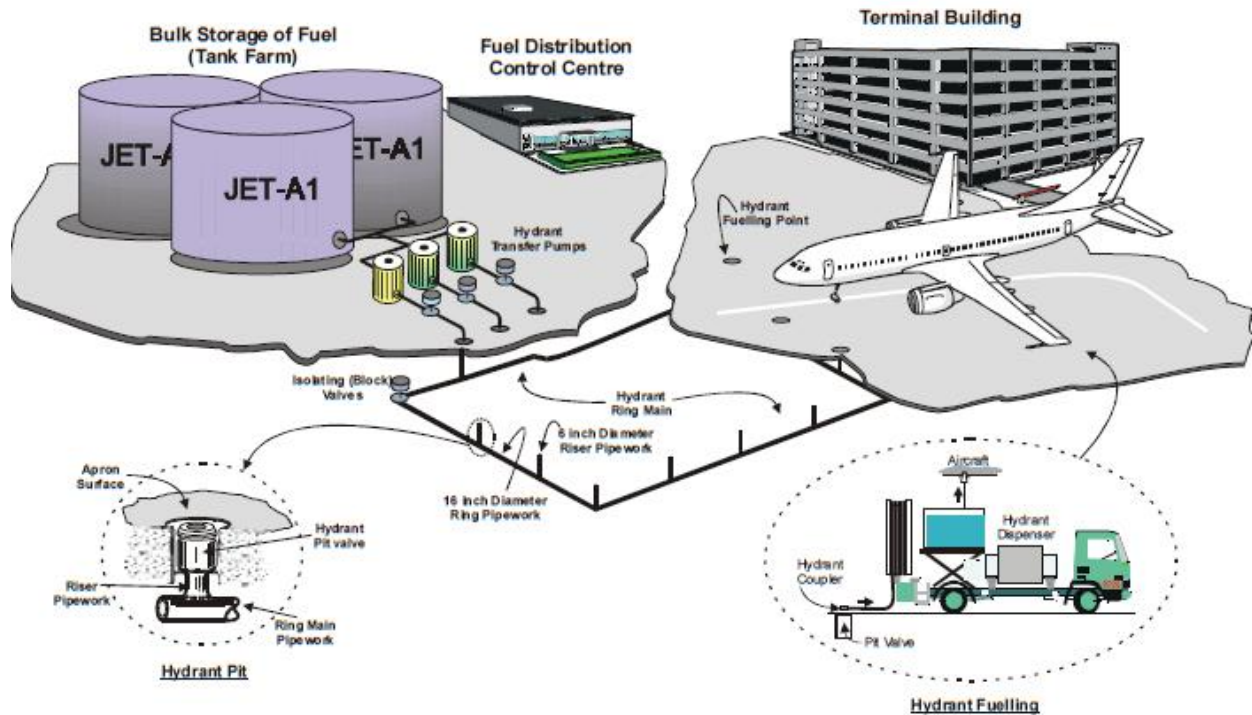


Figura 1-22 Sistema típico de suministro de combustible en aeropuertos

- Generalidades

Históricamente, los accidentes graves en depósitos o tanques de suministro han sido dominados por la presencia de almacenamiento de combustibles (principalmente gasolina), donde se pueden formar mezclas explosivas en un tanque y donde las nubes inflamables pueden evaporarse en caso de derrames y prenderse causando incendios.

Combustibles como la gasolina emiten un vapor que desprende un olor cuando es manipulado en cualquier circunstancia. Si la concentración del vapor en el aire es muy baja, entonces puede ser oído, pero no se encenderá. Si la concentración es suficientemente alta (pero no demasiado), puede encenderse (tal vez por una llama, o el motor de un vehículo que transita). Si se enciende, entonces el vapor puede quemarse hasta alcanzar su fuente de ignición y encender el combustible líquido. Por esta razón las estaciones de llenado y las bombas se diseñan cuidadosamente para que la operación sea segura.



En condiciones normales, combustibles como el diésel y la turbosina pueden oler un poco, pero no emiten vapores inflamables. Esto es porque el diésel y la turbosina son menos volátiles que la gasolina y emiten menos vapores. A temperatura ambiente, el vapor sobre un charco de gasolina será inflamable, mientras que el vapor por encima de un charco para el caso de la turbosina no será inflamable.

Hidrocarburos (incluyendo turbosina) en estado líquido no suelen encenderse o quemarse de manera espontánea por sí solos. En un incendio de líquido, el calor del fuego eleva la temperatura de la superficie del charco, el vapor se desprende, y es la mezcla de esos vapores con el aire que se quema. Por esta razón un derrame de turbosina es muy difícil de encender, mientras que un derrame de gasolina es relativamente fácil de encender, aunque en cualquier caso tiene que estar presente una fuente de ignición para encenderse. Esta distinción, basada en el punto de inflamación (flash point) está incorporada en los códigos internacionales para almacenamiento de combustible.

La turbosina es ampliamente utilizada en todo el mundo y es almacenada en tanques del mismo diseño a los propuestos para el NAICM; incluso se llega a utilizar en lugares donde la temperatura ambiente es tal que el vapor sobre la superficie del combustible puede ser inflamable (por ejemplo, Kuwait, Kuala Lumpur).

Es común que las terminales de combustible coexistan cerca de zonas residenciales y otras industrias que implican grandes poblaciones y posibles fuentes de ignición fuera del sitio, ya que generalmente no son vistos como un alto riesgo. La turbosina rutinariamente se maneja con seguridad en grandes cantidades en los aeropuertos para propósitos de recarga de combustible, y se encuentra directamente adyacente a posibles fuentes de ignición tales como aeromotores y en la cercanía de grandes cantidades de pasajeros. Por ejemplo, un avión 747 tiene 4 grandes motores de jet y típicamente pueden llevar aproximadamente 200 m<sup>3</sup> de turbosina y 400 pasajeros.

- **Escenarios potenciales de riesgo**

Los escenarios potenciales de riesgo están asociados con la recepción, almacenamiento y suministro de turbosina para las instalaciones identificadas dentro del alcance del estudio. Además, se ha considerado el almacenamiento de gas LP conforme lo establecido en el anteproyecto del NAICM elaborado por ARUP.

Con base en ello, se procedió a establecer diversas secciones del proceso (nodos) para los eventos potenciales relacionados con el uso y manejo de las sustancias altamente riesgosas manejadas en el NAICM. Los nodos de estudio considerados para el análisis de riesgo del NAICM son los siguientes:

- Nodo 1: Ducto de llegada de turbosina de 14" de diámetro al área de tanques de almacenamiento.
- Nodo 2: Tanques de almacenamiento de turbosina.
- Nodo 3: Bombeo y suministro de turbosina mediante los ductos de 24" de diámetro a la zona de plataformas.



- Nodo 4: Hidrantes de turbosina.
- Nodo 5: Recipientes de almacenamiento de gas LP.

Dentro de los posibles escenarios, se ha hecho una selección basada en eventos que tienen el potencial de consecuencias significativamente diferentes. Por ejemplo, una explosión de nube de vapor produce un riesgo de sobrepresión; un incendio en los diques produce un peligro de radiación térmica; un derrame por ebullición y expansión abrupta produciría un peligro debido a la expulsión del líquido ardiente desde la parte superior del tanque en llamas; y una liberación instantánea de un tanque puede llegar a producir un impulso que alcance a sobrepasar la pared del dique resultando en un área de riesgo potencialmente mayor que un incendio en el propio dique.

Existen causas típicas de fuga o ruptura de varios tipos de equipos de proceso que se consideran en un análisis de riesgo en procesos, las cuales se mencionan en la Tabla 1-12. En general, no se toman en cuenta otras causas genéricas de riesgo de proceso, ni tampoco se mencionan como causas de desviaciones del proceso la mayoría de los eventos externos. Sin embargo, se consideran los efectos de daños en los equipos y de fugas producidas por los impactos externos más comunes (choque de vehículos, choque de cargas de grúas, etc.).

**Tabla 1-12 Causas típicas de fuga o ruptura para ciertos tipos de secciones de proceso**

<b>Sección del proceso</b>	<b>Causas</b>
Líneas y bombas	Cavitación de una bomba
	Corrosión/erosión
	“Carga muerta” por descarga cerrada
	Fuego exterior
	Impacto exterior
	Falla de empaquetaduras de bridas y sellos
	Golpe de ariete
	Mantenimiento inadecuado
	Falla de líneas de instrumentos
	Defectos de materiales
	Falla por no apertura de dispositivos de seguridad bajo demanda
	Expansión térmica cuando el equipo o las tuberías están bloqueados
	Válvula con fuga o mal alineada, que descarga en la atmósfera
Tanques y recipientes	Vibración
	Corrosión
	Fuego externo
	Impacto externo
	Falla de empaquetaduras de bridas y sellos
	Mantenimiento inadecuado
	Falla de línea en un instrumento
	Defecto de material
	Falla por no apertura de dispositivos de seguridad bajo demanda
Vacío	
Válvula con fuga o mal alineada, que descarga en la atmósfera	

A continuación se describen aquellas consecuencias que a partir del análisis “what if” fueron consideradas como las más relevantes con base en su efecto y posibilidad de ocurrencia.

Las causas potenciales (o eventos iniciadores) y consecuencias de cada uno de los escenarios potenciales de riesgo seleccionados, así como la frecuencia de ocurrencia y el número de fatalidades, se discuten en la sección 2.1.

### **1) Nodo 1: Ducto de llegada de turbosina de 14” de diámetro**

Para el caso del ducto de suministro de turbosina al NAICM, en el trayecto de la entrada a la instalación hacia el área de los tanques de almacenamiento de turbosina, la principal consecuencia consiste en las afectaciones potenciales ocasionadas por un incendio debido a la fuga o la ruptura en el sistema de conducción, válvulas o accesorios instalados en el ducto.

Conforme lo solicita la guía de SEMARNAT, así como las recomendaciones del Banco Mundial, es factible considerar una fuga de combustible por un orificio equivalente al 20% del diámetro nominal del ducto, por alguna de las causas típicas mencionadas en la Tabla 1-12.

La mayor consecuencia estaría definida por la ruptura del ducto de suministro de turbosina hacia el aeropuerto, es decir, hacia el área de los tanques de almacenamiento. Para el caso del NAICM, la capacidad de transporte del ducto es de 4 997 gpm (1 133.32 m<sup>3</sup>/h) a través del ducto de 14”. La ruptura del ducto podría estar ocasionada por un impacto externo o un acto de sabotaje.

La trayectoria del ducto de suministro de turbosina a los tanques de almacenamiento es paralela a calles de rodamiento para servicios del NAICM.

### **2) Nodo 2: Tanques de almacenamiento de turbosina**

Para el análisis de este nodo se han considerado 3 eventos principales, a saber:

- **Incendio en el dique contenedor de un tanque de almacenamiento de turbosina**

Incendios en un dique pueden ocurrir como consecuencia de una liberación catastrófica de turbosina del tanque, por sobrellenado, por falla de una tubería o una válvula. Lo anterior incluye fallas de los materiales, errores del operador, errores de mantenimiento y riesgos naturales.

El área de contención del dique tendrá diques intermedios de 0.915 m, como lo exige la NFPA 30, para minimizar los derrames al transportar de un tanque a otro por razones relacionadas con el fuego.

Davies y col (Dique effectiveness in preventing escalation of tank farm fires, T Davies, A B Harding, I P McKay, R G J Robinson, A Wilkinson, Process Safety and Environmental protection, 74, Part B, 88-93, May 1996), sugieren una frecuencia de incendio en diques de  $1,2 \times 10^{-5}$ /año para un líquido inflamable. Este valor resulta conservador al ser comparado con los valores típicos de frecuencia obtenidos de combinar las frecuencias de falla de los componentes individuales de los tanques (válvulas automáticas, válvulas manuales, bridas, recipiente, bombas, tubería), con la probabilidad de aislar la fuga, y con una probabilidad de





ignición de 0.004). Sin embargo, los tanques diseñados para almacenamiento de combustible han logrado mejoras técnicas de diseño no contempladas en el valor sugerido por Davies, mismo que se reduce hasta  $3 \times 10^{-8}$ /año o menor para tanques como los que se emplearán en el NAICM. Por esta razón, para el caso presente de 12 tanques, la probabilidad de falla resulta  $3.6 \times 10^{-7}$ /año.

- **Incendio en la parte superior de un tanque de almacenamiento de turbosina**

Uno de los peligros de almacenamiento de combustible a presión atmosférica en los tanques, es la falla o colapso del techo, y la ignición de la superficie del combustible conduciendo a un incendio en la parte superior del tanque. El tanque puede debilitarse por encima del nivel del líquido debido a la exposición a la llama, pero el líquido proporciona enfriamiento de la estructura del tanque por debajo del nivel superficial del líquido, de tal forma que la distorsión en esa parte sería mínima y por tanto una falla por debajo del nivel del líquido no se considera un problema de interés.

Incendios en la parte superior del tanque pueden iniciarse por la presencia de una fuente de ignición con un vapor inflamable presente en el espacio libre del tanque. Esto podría dañar y hacer fallar el techo del tanque con el sello de la pared, exponiendo la superficie del combustible. Posibles fuentes de ignición de preocupación incluyen un rayo, generación de electricidad estática, trabajos en caliente y averías eléctricas de instrumentos.

Bajo condiciones normales de operación no habrá ninguna fuente de ignición presente a nivel de la parte superior del tanque; todas las instalaciones mecánicas y eléctricas dentro de los tanques se clasifican para ser llevadas a cabo en atmósferas inflamables y la mayor parte del vapor en el tanque no se encontraría dentro de la gama inflamable. Es posible que áreas muy localizadas puedan llegar a exceder el límite inferior de inflamabilidad dentro del espacio superior del tanque incluso para turbosina bajo condiciones ambientales extremas en México, porque el techo del tanque puede ser calentado por la luz del sol y superar el punto de inflamación de la turbosina (38 °C). Esto es, sin embargo, solamente un efecto localizado y el espacio conteniendo la mayor parte del vapor en el tanque no estaría en el rango inflamable y por ende no podría generar a una sobrepresión significativa incluso si se encendiera. Del mismo modo, la energía generada sería muy poco probable que encendiera la masa principal del líquido.

Lees (Loss prevention in the process industries, Second Edition, F P Lees, 1996) proporciona una estimación de la frecuencia de un incendio o una explosión en un tanque de almacenamiento de hidrocarburos de techo fijo de  $1.2 \times 10^{-3}$ /año, basado en la revisión de más de 500 tanques de hidrocarburos de techo fijo durante un período de 20 años. Se suele estimar un factor de reducción de 10 cuando se utiliza inertización (Lees), y aun cuando los tanques de almacenamiento en cuestión no serán específicamente inertizados, la turbosina almacenada estará normalmente por debajo de su punto de inflamación, lo cual se considera que tiene un efecto similar en la reducción de las posibilidades de ignición. Esta reducción en la probabilidad de ignición considerada para turbosina es por lo tanto adoptada en este estudio, dando una frecuencia de incendio en la parte superior del tanque de almacenamiento de  $1.2 \times 10^{-4}$ /año por tanque.



Por lo tanto, para el desarrollo final del proyecto del NAICM con 12 tanques, la frecuencia total de incendio en la parte superior de un tanque de almacenamiento es  $1,4 \times 10^{-3}$  /año.

No es de esperarse tener consecuencias directas fuera del sitio debido a una explosión en el espacio de la parte superior del tanque, además de las causadas por el incendio en esa zona del tanque. Existe la posibilidad de que, si la débil unión techo-estructura no falla, el tanque pueda fallar en la costura inferior del fondo en lugar de conducir a que salga disparado el tanque. Esto es muy poco probable de ocurrir en un tanque que contenga turbosina.

La llama del fuego en el tope del tanque, quedaría expuesta por encima del borde del tanque y la radiación térmica proporcionaría sólo un riesgo local a pocos metros de la orilla de la llama. Los niveles de flujo térmico y efectos que esto podría generar se cuantifican en la sección 2.1. No se espera en general que un incendio en la parte superior del tanque pueda causar algún riesgo significativo a la vida fuera del sitio, aunque la evacuación preventiva de los alrededores es recomendable para reducir la exposición de las poblaciones fuera del sitio ante cualquier aumento subsecuente del incidente. Por lo tanto el número de muertes fuera del sitio de este escenario es cero.

- **Incendio debido a un derrame desde la parte superior de un tanque de almacenamiento de turbosina, causado por sobrellenado**

El sobrellenado de los tanques de almacenaje a presión atmosférica ha ocurrido en muchas ocasiones en el pasado, incluyendo el reciente incidente mayor iniciado por exceso de un tanque de gasolina en Buncefield en el Reino Unido. A diferencia de Buncefield, el NAICM almacenará turbosina, que es mucho menos volátil que la gasolina.

La descarga máxima de flujo en un tanque del NAICM es 4 997 gpm (1 133.32 m<sup>3</sup>/h) a partir del ducto de suministro de 14" de diámetro. El tiempo total para el llenado de un tanque vacío sería de casi 10 horas.

Se dispondrá de un sistema de alarma de nivel tipo radar, para controlar lo siguiente:

- Alarma de nivel alto del llenado del tanque
- Alarma de alto alto nivel - llenado del tanque y cierre de la válvula
- Alarma de bajo bajo nivel de combustible del tanque y cierre de bomba de combustible

El equipo de alarma de nivel será diseñado para el control de nivel, y tendrá una precisión de 5 mm o menos. El sistema se comunicará con la sala de control de las instalaciones de combustible en el edificio de operaciones y reportará las condiciones de alarma sobre una base de tiempo real.

Las medidas de control estarán disponibles para cortar el suministro tanto en la sala de control del NAICM como en las instalaciones de suministro de Pemex.

Los tanques del NAICM tienen instrumentación similar a muchos otros tanques. En caso de que el sobrellenado se produzca, el exceso de turbosina se descarga a través de los orificios

de ventilación del tanque o a través de la costura del techo que se une con la estructura. El combustible bajaría por las paredes del tanque, posiblemente generando un aerosol de combustible local, pero no se espera generar alguna nube de vapor inflamable significativa. El resultado más probable es un derrame que se mantendría dentro de la zona del dique de contención, y esto se cubre adecuadamente dentro de la cuantificación de la situación de fuego en el dique.

La altura del tanque es de aproximadamente 13 m y su diámetro es de 36 m. La distancia desde la estructura del tanque a la pared del dique es 22 m. La altura de la pared del dique propuesto es 1.83 m con respecto al piso del dique. Los diques colindan por un lado con calle de rodamiento, y por otro con el área de almacenamiento.

Por exceso, la tasa máxima de descarga en la parte superior del tanque será 1 133 m<sup>3</sup>/h. Aunque puede ocurrir una fragmentación y algunas salpicaduras de líquido impactando en el piso del dique pueden ocurrir sobre la pared del dique, es de esperarse que se mantengan dentro del sitio interno. Es poco probable que cualquier cantidad importante de líquido pueda salpicar sobre el muro de seguridad, así como es de esperar que se mantuviera dentro de los drenajes de agua.

### **3) Nodo 3: Bombeo y suministro de turbosina mediante los ductos de 24" de diámetro a la zona de plataformas**

En este nodo también se identifican 2 eventos posibles, similares a los analizados en el nodo 1, es decir, fuga por un orificio equivalente al 20% diámetro nominal del ducto, que en este caso son 2 ductos de 24" de diámetro, y la ruptura total de alguno de ellos.

Fuera de la zona de los diques contenedores de tanques, existe una plataforma de bombeo que incluye tubería y accesorios para interconectar el sistema de suministro de turbosina a plataformas. La falla de alguno de estos componentes puede conducir a un derrame de turbosina que subsecuentemente podría encenderse.

La plataforma de bombeo se sitúa entre el dique contenedor del tanque y una calle de rodamiento. La ocurrencia de pequeñas fugas en los sellos de las bombas, bridas, etc., del lado de alta presión de la bomba pueden formar un spray (chorro atomizado) inflamable; sin embargo, dichos sprays no alcanzan más de unos cuantos metros desde la fuente y no representan un riesgo fuera del sitio. Un gran derrame en el área de la plataforma sí puede formar un incendio tipo charco si se enciende la turbosina.

La mayor consecuencia estaría entonces definida por la ruptura del ducto de suministro de turbosina hacia plataformas, es decir, hacia la red de hidrantes. Para el caso del NAICM, la capacidad de las bombas es de 9 197 gpm (2 085.8 m<sup>3</sup>/h) a través de dos ductos de 24".

Un incendio derivado de tal derrame se esperaría que condujera a daños mayores del equipo contenido en la plataforma de bombeo, aunque el suministro de combustible podría ser cortado de manera remota en los tanques que abastecen las bombas, aun cuando el equipo local se dañara (Sistema de cierre de emergencia de combustible, del inglés EFSO).

#### **4) Nodo 4: Hidrantes de turbosina en plataformas del NAICM**

Para este nodo, el caso que se analiza es el derrame de turbosina que ocurre en plataforma durante la carga de combustible a un avión. De acuerdo con la información proporcionada por ASA, se ha considerado un gasto de diseño de carga de 300 gpm (18.92 l/s) durante la carga de combustible, que tal como se puede apreciar en la sección 1.4.1, ha llegado a ocurrir en plataformas del AICM.

#### **5) Nodo 5: Recipientes de almacenamiento de gas LP**

Para el nodo de los recipientes de almacenamiento se analizan dos casos específicos, dada la carencia de información específica en el anteproyecto de ARUP respecto al manejo del combustible en el NAICM.

- **Expansión explosiva del vapor de líquido en ebullición de nube de vapor (BLEVE) de un recipiente de almacenamiento de gas LP**

Una BLEVE es un tipo de explosión mecánica cuyo nombre procede de sus iniciales en inglés: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, cuya traducción podría ser "Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición".

La BLEVE es un caso especial de estallido catastrófico de un recipiente a presión en el que ocurre un escape súbito a la atmósfera de una gran masa de líquido o gas licuado a presión sobrecalentados.

Para que se produzca una explosión BLEVE no es necesaria la existencia de reacciones químicas ni fenómenos de combustión. Podría producirse incluso en calentadores de agua y calderas de vapor. En principio podría originarse en cualquier líquido almacenado en un recipiente hermético, aunque hay explosiones que pueden confundirse con una BLEVE sin serlo. Las BLEVES son exclusivas de los líquidos o gases licuados en determinadas condiciones.

Normalmente las BLEVE se originan por un incendio externo que incide sobre la superficie de un recipiente a presión, especialmente por encima del nivel líquido, debilitando su resistencia y acabando en una ruptura repentina del mismo, dando lugar a un escape súbito del contenido, que cambia masivamente al estado de vapor, el cual si es inflamable da lugar a la conocida bola de fuego (fireball). Esta última se forma por deflagración (combustión rápida) de la masa de vapor liberada. Debido a que esta circunstancia es el escenario normal, al hablar de explosiones BLEVE's y sus consecuencias, se incluye en sentido amplio a la bola de fuego, aunque debe quedar claro que ésta última sólo ocurre cuando el producto es inflamable.

La característica fundamental de una BLEVE es la expansión explosiva de toda la masa de líquido evaporada súbitamente, aumentando su volumen más de 200 veces. La gran energía desarrollada en esa explosión repentina proyecta fragmentos rotos de distintos tamaños del recipiente a considerables distancias. Precisamente ésta es una prueba de confirmación de

una BLEVE. Los fragmentos proyectados pueden arrastrar tras de sí cierta masa de líquido en forma de gotas de finísima lluvia, con posibilidad de inflamación a considerables distancias.

Tras producirse el estallido del recipiente, la gran masa evaporada asciende en el exterior, arrastrando finísimas partículas de líquido y entrando en combustión -en caso de incendio- en forma de hongo, con la gran bola de fuego superior tras un instante y al haberse producido la difusión en el aire por debajo del límite superior de inflamabilidad. Dicha bola de fuego se irá expandiendo a medida que va ardiendo la totalidad de masa de vapor liberada.

Para que se origine una explosión BLEVE tienen que concurrir las condiciones siguientes que son interdependientes entre sí:

- *Producto en estado líquido sobrecalentado*

Se entiende como tal cuando su temperatura es superior a la que lo correspondería si se hallara en equilibrio con su presión de vapor. Esta situación de inestabilidad se presenta bajo una exposición del recipiente a un incendio o en recipientes sobrellenados. No toda temperatura de sobrecalentamiento permite la formación de BLEVES. Debe superarse una temperatura límite. En caso de fisura de un depósito, incluso pequeña, y producirse un descenso de la presión para igualarse a la atmosférica, el gas licuado estará ineludiblemente en condiciones de sobrecalentamiento que podría fácilmente llegar a ser muy peligroso.

- *Bajada súbita de la presión (isoentrópica) en el interior del recipiente*

Tal descenso de presión puede ser debido a causas tales como desprendimiento del disco de ruptura, pérdida de resistencia del recipiente en un incendio con la consiguiente rotura del mismo, perforación del recipiente por impacto, rotura por sobrellenado e incluso disparo de válvulas de seguridad mal diseñadas. Cuanto mayor sea la caída de presión, mayores serán también los efectos de la BLEVE en caso de producirse. El tamaño de la abertura inicial del depósito es determinante en la celeridad de la disminución de la presión y en la zona afectada. En determinadas condiciones de presión y temperatura, un líquido sobrecalentado que se ha expuesto a un descenso súbito de presión puede evaporarse de forma extremadamente violenta al cambiar de estado masivamente por un proceso de formación espontánea y generalizada de burbujas de vapor (nucleación).

La mayoría de estudios de investigación realizados sobre este proceso de nucleación espontánea coinciden en que la evaporación con formación de minúsculas burbujas no afectan a la totalidad de la masa, aunque la cantidad evaporada instantáneamente es de tal magnitud que arrastra al líquido restante en forma de finísimas gotas que se van vaporizando posteriormente. Si esta nucleación espontánea es homogénea por afectar a todo el conjunto, la explosión es mucho más violenta que en el caso de ser heterogénea, al concentrarse en zonas en contacto con la pared interior del recipiente. Igualmente es necesario evitar las nucleaciones heterogéneas, ya que también son peligrosas por sí mismas y pueden contribuir a acelerar la homogeneización de la nucleación. La nucleación heterogénea se



puede producir en condiciones de sobrecalentamiento focalizado sin alcanzar la temperatura límite.

Para el caso del NAICM, el riesgo potencial de una BLEVE se presenta en los recipientes de almacenamiento de gas LP.

- **Explosión por una fuga de gas LP en el área del Patio Central de Servicios**

En este caso se considera una explosión equivalente a cierta masa de TNT generada por la liberación instantánea del volumen del contenedor, acumulada en el área del Patio Central de Servicios (CUP) del NAICM ocasionada teóricamente por una fuga en la tubería del recipiente de almacenamiento de gas LP.

Una vez que se han definido los escenarios potenciales de mayor riesgo asociados al manejo de las sustancias altamente riesgosas en el NAICM, se procedió a hacer el análisis de cada evento mediante la técnica LOPA, con el fin de determinar las capas de protección y su frecuencia. Esto permitió jerarquizar los escenarios y priorizar las recomendaciones emitidas por el grupo multidisciplinario con el fin de prevenir, minimizar y/o atender los posibles accidentes inherentes a la operación del NAICM. En el Anexo 2 se incluyen las hojas de análisis de riesgo realizadas con la metodología LOPA.

Con base en lo anterior, los eventos identificados mediante la técnica “What if?” se presentan en la Tabla 1-13. En dicha tabla también se han incluido los rangos de frecuencia obtenidos a partir de la aplicación de la metodología LOPA, así como las categorías de consecuencia correspondientes.

A partir de estos valores se obtuvieron finalmente los niveles de riesgo, así como el índice de riesgo correspondiente a cada evento identificado.

Tal como se menciona anteriormente, se estableció un criterio adicional para la jerarquización de riesgos, mediante el índice de riesgo (IR), definido como el producto de la categoría de frecuencia por la categoría de consecuencia de cada evento identificado. En este caso, los valores del índice de riesgo están en el rango de 1 (riesgo máximo) hasta 35 (riesgo mínimo), lo cual implica que mientras menor es el índice resultante, más énfasis se debe poner en la mitigación de dicho evento.

A partir de los criterios de evaluación establecidos, en la Tabla 1-14 se realiza la jerarquización de los riesgos identificados, en donde en primer término aparecen los eventos más riesgosos.



**Tabla 1-13 Análisis What if? de los eventos relacionados con las actividades altamente riesgosas referidas en el anteproyecto del NAICM**

Notas: C = Consecuencia, F = Frecuencia, TR = Tolerancia al Riesgo, IR = Índice de Riesgo									
El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia (C) por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo									
									Fecha: Mayo 2014
Evento / Nodo	¿Qué pasa si ...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	C	F	TR	IR	Recomendaciones
1 / 1	Se presenta un derrame en la zona de suministro de combustible a través del ducto de 14" y encuentra una fuente de ignición?	Fuga de la tubería de suministro de turbosina de 14" por orificio equivalente al 20% del diámetro. Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	
2 / 1	Se presenta un derrame en la zona de suministro de combustible a través del ducto de 14" y encuentra una fuente de ignición?	Falla de la tubería de suministro de turbosina por ruptura total del ducto de 14". Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	
3 / 2	Se colapsa el tanque de almacenamiento de combustible, se derrama todo su contenido y se encuentra una fuente de ignición?	Falla catastrófica de la soldadura de placas inferiores. Otras causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio confinado en el dique de contención	Área de contención de diques con diques intermedios, procedimientos de emergencia, sistema contra incendio, plan de respuesta a emergencias	2	7	1	14	
4 / 2	Cae un rayo en el tanque de almacenamiento?	Tormenta eléctrica	Incendio confinado en la parte superior del tanque	Sistema de pararrayos, procedimientos de emergencia, detectores de flama, sistema contra incendio, Sistema sub-superficial de inyección de espuma, plan de respuesta a emergencias	4	7	1	28	



**Notas: C = Consecuencia, F = Frecuencia, TR = Tolerancia al Riesgo, IR = Índice de Riesgo**

**El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia (C) por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo**

**Fecha: Mayo 2014**

<b>Evento / Nodo</b>	<b>¿Qué pasa si ...?</b>	<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>	<b>Salvaguardas</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>TR</b>	<b>IR</b>	<b>Recomendaciones</b>
5 / 2	Hay sobrellenado del tanque de combustible, se derrama producto y encuentra una fuente de ignición?	Error de logística durante el abastecimiento de combustible al tanque	Incendio de charco no confinado en el dique	Área de contención de diques con diques intermedios, Medición y control de nivel con cierre de válvulas, procedimientos de emergencia, detectores de flama, sistema contra incendio, plan de respuesta a emergencias	3	6	1	18	
6 / 3	Se presenta un derrame a la salida de la casa de bombas hacia la red de hidrantes, y encuentra una fuente de ignición?	Fuga de la tubería de 24" en plataforma de bombeo por orificio equivalente al 20% del diámetro. Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco fuera del área de diques	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	
7 / 3	Se presenta un derrame a la salida de la casa de bombas hacia la red de hidrantes, y encuentra una fuente de ignición?	Falla de la tubería de 24" en plataforma de bombeo por ruptura total. Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco fuera del área de diques	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	2	7	1	14	
8 / 4	Se presenta un derrame en el área de hidrantes y encuentra una fuente de ignición?	Falla en el hidrante o en la manguera flexible de 6". Falla por error humano en la conexión o por desgaste de válvulas o accesorios.	Incendio de charco en el área de plataforma de carga	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), Deadman´s control (Control tipo hombre muerto), lanyard (cable de seguridad), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	1	5	2	5	





Notas: C = Consecuencia, F = Frecuencia, TR = Tolerancia al Riesgo, IR = Índice de Riesgo									
El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia (C) por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo									
									Fecha: Mayo 2014
Evento / Nodo	¿Qué pasa si ...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	C	F	TR	IR	Recomendaciones
9 / 5	Hay una fuerte liberación de gas LP que se prende y explota, con subsecuente incendio?	Impacto violento en regulador o en tubería	BLEVE del tanque de almacenamiento de gas LP	Acceso restringido, acceso de emergencia bien diseñado, muros de delimitación y protección del recipiente, sistema grande de suministro de agua, uso efectivo de toberas	1	5	2	5	
10 / 5	Hay una fuga en la tubería del almacenamiento de gas LP y encuentra una fuente de ignición?	Falla en la tubería de conexión de gas LP	Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP	Sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	1	6	1	6	Válvula interna automática de emergencia para aislamiento en los puertos de llenado y descarga del tanque



**Tabla 1-14 Jerarquización de los eventos riesgosos identificados mediante las técnicas What If? y LOPA referidas en el anteproyecto del NAICM**

Notas: C = Consecuencia, F = Frecuencia, TR = Tolerancia al Riesgo, IR = Índice de Riesgo									
El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia (C) por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo									
									Fecha: Mayo 2014
Evento / Nodo	¿Qué pasa si ...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	C	F	TR	IR	Recomendaciones
8 / 4	Se presenta un derrame en el área de hidrantes y encuentra una fuente de ignición?	Falla en el hidrante o en la manguera flexible de 6". Falla por error humano en la conexión o por desgaste de válvulas o accesorios.	Incendio de charco en el área de plataforma de carga	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), Deadman's control (Control tipo hombre muerto), lanyard (cable de seguridad), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	1	5	2	5	
9 / 5	Hay una fuerte liberación de gas LP que se prende y explota, con subsecuente incendio?	Impacto violento en regulador o en tubería	BLEVE del tanque de almacenamiento de gas LP	Acceso restringido, acceso de emergencia bien diseñado, muros de delimitación y protección del recipiente, sistema grande de suministro de agua, uso efectivo de toberas	1	5	2	5	
10 / 5	Hay una fuga en la tubería del almacenamiento de gas LP y encuentra una fuente de ignición?	Falla en la tubería de conexión de gas LP	Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP	Sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	1	6	1	6	Válvula interna automática de emergencia para aislamiento en los puertos de llenado y descarga del tanque



Notas: C = Consecuencia, F = Frecuencia, TR = Tolerancia al Riesgo, IR = Índice de Riesgo									
El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia (C) por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo									
									Fecha: Mayo 2014
Evento / Nodo	¿Qué pasa si ...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	C	F	TR	IR	Recomendaciones
3 / 2	Se colapsa el tanque de almacenamiento de combustible, se derrama todo su contenido y se encuentra una fuente de ignición?	Falla catastrófica de la soldadura de placas inferiores. Otras causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio confinado en el dique de contención	Área de contención de diques con diques intermedios, procedimientos de emergencia, sistema contra incendio, plan de respuesta a emergencias	2	7	1	14	
7 / 3	Se presenta un derrame a la salida de la casa de bombas hacia la red de hidrantes, y encuentra una fuente de ignición?	Falla de la tubería de 24" en plataforma de bombeo por ruptura total. Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco fuera del área de diques	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	2	7	1	14	
5 / 2	Hay sobrellenado del tanque de combustible, se derrama producto y encuentra una fuente de ignición?	Error de logística durante el abastecimiento de combustible al tanque	Incendio de charco no confinado en el dique	Área de contención de diques con diques intermedios, Medición y control de nivel con cierre de válvulas, procedimientos de emergencia, detectores de flama, sistema contra incendio, plan de respuesta a emergencias	3	6	1	18	
1 / 1	Se presenta un derrame en la zona de suministro de combustible a través del ducto de 14" y encuentra una fuente de ignición?	Fuga de la tubería de suministro de turbosina de 14" por orificio equivalente al 20% del diámetro. Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	



**Notas: C = Consecuencia, F = Frecuencia, TR = Tolerancia al Riesgo, IR = Índice de Riesgo**

**El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia (C) por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo**

**Fecha: Mayo 2014**

<b>Evento / Nodo</b>	<b>¿Qué pasa si ...?</b>	<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>	<b>Salvaguardas</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>TR</b>	<b>IR</b>	<b>Recomendaciones</b>
2 / 1	Se presenta un derrame en la zona de suministro de combustible a través del ducto de 14" y encuentra una fuente de ignición?	Falla de la tubería de suministro de turbosina por ruptura total del ducto de 14". Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	
6 / 3	Se presenta un derrame a la salida de la casa de bombas hacia la red de hidrantes, y encuentra una fuente de ignición?	Fuga de la tubería de 24" en plataforma de bombeo por orificio equivalente al 20% del diámetro. Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco fuera del área de diques	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	
4 / 2	Cae un rayo en el tanque de almacenamiento?	Tormenta eléctrica	Incendio confinado en la parte superior del tanque	Sistema de pararrayos, procedimientos de emergencia, detectores de flama, sistema contra incendio, Sistema sub-superficial de inyección de espuma, plan de respuesta a emergencias	4	7	1	28	



Hoja dejada en blanco intencionalmente



## **2 DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES**



Hoja dejada en blanco intencionalmente



## **CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES**

### **2.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN**

En esta sección se realiza el análisis de las consecuencias que derivan de los eventos iniciadores que se han descrito en la sección previa. Con base en dicho análisis derivado de las simulaciones que se presentan, se estima la clase de consecuencia de acuerdo con la clase de gravedad clasificada por la EN 1473.

Las consecuencias que se evaluarán son las siguientes:

1. Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 14" de suministro a los tanques de almacenamiento.
2. Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de 14" de suministro de turbosina a los tanques de almacenamiento.
3. Incendio de charco en el dique de contención de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles por falla catastrófica del tanque.
4. Incendio confinado al techo de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles ocasionado por la caída de un rayo en la parte superior del tanque.
5. Incendio no confinado que ocurre en el interior del dique de contención por derrame por sobrellenado de un tanque de almacenamiento de turbosina.
6. Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes.
7. Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de turbosina de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes.
8. Incendio no confinado por derrame de turbosina en plataforma, por falla de conexión en el hidrante o manguera de 6" de alimentación.
9. BLEVE en recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios.
10. Explosión por fuga en los tubos del recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios.

Para cada uno de las consecuencias se describen los parámetros de cálculo que alimentan el programa de simulación denominado Breeze-Haz, que incorpora tanto las rutinas de estimación del fenómeno de incendio (para los casos de turbosina) como las correlaciones desarrolladas por el Gas Research Institute de los Estados Unidos. Para los casos de gas LP





se han considerado los modelos correspondientes al BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, i.e. Expansión Explosiva del Vapor de Líquido en Ebullición), y el modelo de equivalencia de TNT considerando el factor de rendimiento de 10% como lo prescribe la guía de SEMARNAT.

Para llevar a cabo las simulaciones de los diferentes escenarios de riesgo prescritos, se tomaron como base las condiciones meteorológicas presentadas en el capítulo I, en donde la Estación Gran Canal resultó la más cercana al sitio del proyecto del NAICM. De acuerdo con la información de dicha estación, la temperatura máxima promedio es 24.7 °C y la máxima extrema es 36 °C. En ese mismo capítulo se reportó, a partir de datos de la Estación Observatorio Aeropuerto, una humedad relativa promedio del 59% y un rango de velocidades de viento de 4 a 6 m/s promedio.

Sin embargo, por lo que a la simulación matemática se refiere, es práctica común establecer valores que si bien deben de estar dentro del rango de datos meteorológicos reportados, permitan considerar un caso más conservador que dé lugar a un margen de seguridad mayor en la determinación de los radios de afectación. Por esta razón, dado que el efecto del viento sobre la flama es un arrastre que tiende a inclinar la misma y por ende a incrementar su área de afectación por radiación térmica, en las simulaciones se ha prescrito una velocidad del viento de 7 m/s (~20% mayor a la máxima promedio), la cual es factible de presentarse como viento sostenible (i.e. no ráfagas) en la zona del proyecto del NAICM. De igual manera, por lo que al efecto de radiación térmica se refiere, se especificó un valor de humedad relativa de 45% (~20% menor al reportado promedio de 59%), lo cual se traduce en una mayor transmisividad de la radiación y por ende mayor alcance. Finalmente, por lo que a la temperatura ambiente corresponde, se consideró un valor intermedio en el rango de la temperatura media máxima y la extrema, es decir, 28 °C. La presión atmosférica se consideró de 0.8 atm.

Las hojas de datos de parámetros físicos de la turbosina arrojan una densidad de 806.5 kg/m<sup>3</sup>, el calor de combustión de 44.6 MJ/kg y la intensidad de radiación de la flama de 135 kW/m<sup>2</sup>.

Para los casos de incendio de charco con un gasto continuo, el tiempo de simulación se prescribe en 90 s, ya que para dicho tiempo (generalmente) ya se tiene equilibrio en el tamaño del charco; esto es, el aporte de la fuga es igual a lo que se está consumiendo por combustión. Crowl y Louvar (Ref: US EPA RMP Offsite Consequence Analysis Guidance, 1996) sugieren el tiempo de 10 minutos para los casos catastróficos (Worst-case incidents).



## **1. Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 14" de suministro a los tanques de almacenamiento**

Este caso tiene la singular característica de que la tubería de 14" está conectada al ducto de Pemex, donde la estación de bombeo está en Tula, por lo que se habrá consumido una gran parte de la potencia de bombeo en el destino (NAICM). A partir de esta consideración, se tiene que el charco de incendio no confinado que se genera con la ignición inmediata, tendría el gasto de aporte de 5 000 gpm, esto es, 315.3 l/s, lo cual representa el gasto másico de 254.4 kg/s.

Considerando una fuga por un orificio del 20% de la sección del ducto como área de la fuga, y una presión residual de 118 kPa en el destino, el gasto de fuga sería 204.3 l/s, esto es, 164.8 kg/s. La presión manométrica de 1.2 atm (118 kPa) es una estimación aproximada de la presión de llegada al área de tanques de almacenamiento, e implica la energía cinética por medio de la ecuación siguiente:

$$V = \sqrt{2P/\rho}$$

El valor obtenido de V se emplea para el cálculo del gasto volumétrico Q:

$$Q = C_d * V * 0.2 * A$$

Con estos datos, el programa de simulación arroja los siguientes resultados:

### UNCONFINED POOL FIRE MODEL

#### STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

#### FUEL

Name : KEROSENE  
 Temperature : 26.85 °C  
 Pressure (absolute) : 0.81 bar  
 Physical state : Liquid phase only

#### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 120.2  
 Boiling point : 98.45 °C  
 Critical temperature : 540.6 K  
 Critical pressure : 27.4 bar  
 Heat of combustion : 4.46E+07 J/kg  
 Flame temperature : 1300 K

#### CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor : 0.005  
 Liquid density : 803.3 kg/cu m

#### RELEASE DATA

Type of spill : Continuous  
 Substance release rate : 164.80 kg/sec



Surface type : Concrete  
Target distance : 100.0 m  
Elevation of target : 1.0 m

**LOCAL AMBIENT CONDITIONS**

Air temperature : 28.0 °C  
Ambient pressure : 0.81 bar  
Wind speed : 7.0 m/s  
Relative humidity : 45.0%

**STEADY STATE RESULTS**

Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Time Interval (s)	Burning Rate (kg/m <sup>2</sup> s)	Flame Length (m)	Flame tilt from vertical (deg)	Flame drag ratio (kW/m <sup>2</sup> )	Effective emissive power (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	0.091	24.32	63.88	1.41	134.03
18.00	0.094	34.18	61.45	1.37	134.93
27.00	0.094	40.12	60.22	1.35	134.99
36.00	0.094	43.60	59.56	1.34	135.00
45.00	0.094	45.28	59.25	1.33	135.00
54.00	0.094	45.79	59.16	1.33	135.00
63.00	0.094	45.77	59.16	1.33	135.00
72.00	0.094	45.77	59.16	1.33	135.00
81.00	0.094	45.77	59.16	1.33	135.00
90.00	0.094	45.77	59.16	1.33	135.00

Time Interval (s)	Pool Radius (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m <sup>2</sup> )	Thermal flux to vertical target (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum flux to target (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	5.82	0.04	0.56	0.57
18.00	9.27	0.24	1.80	1.82
27.00	11.65	0.61	3.28	3.33
36.00	13.12	1.02	4.53	4.64
45.00	13.85	1.30	5.26	5.42
54.00	14.08	1.40	5.50	5.67
63.00	14.07	1.40	5.49	5.66
72.00	14.07	1.40	5.49	5.66
81.00	14.07	1.40	5.49	5.66
90.00	14.07	1.40	5.49	5.66

**Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size**

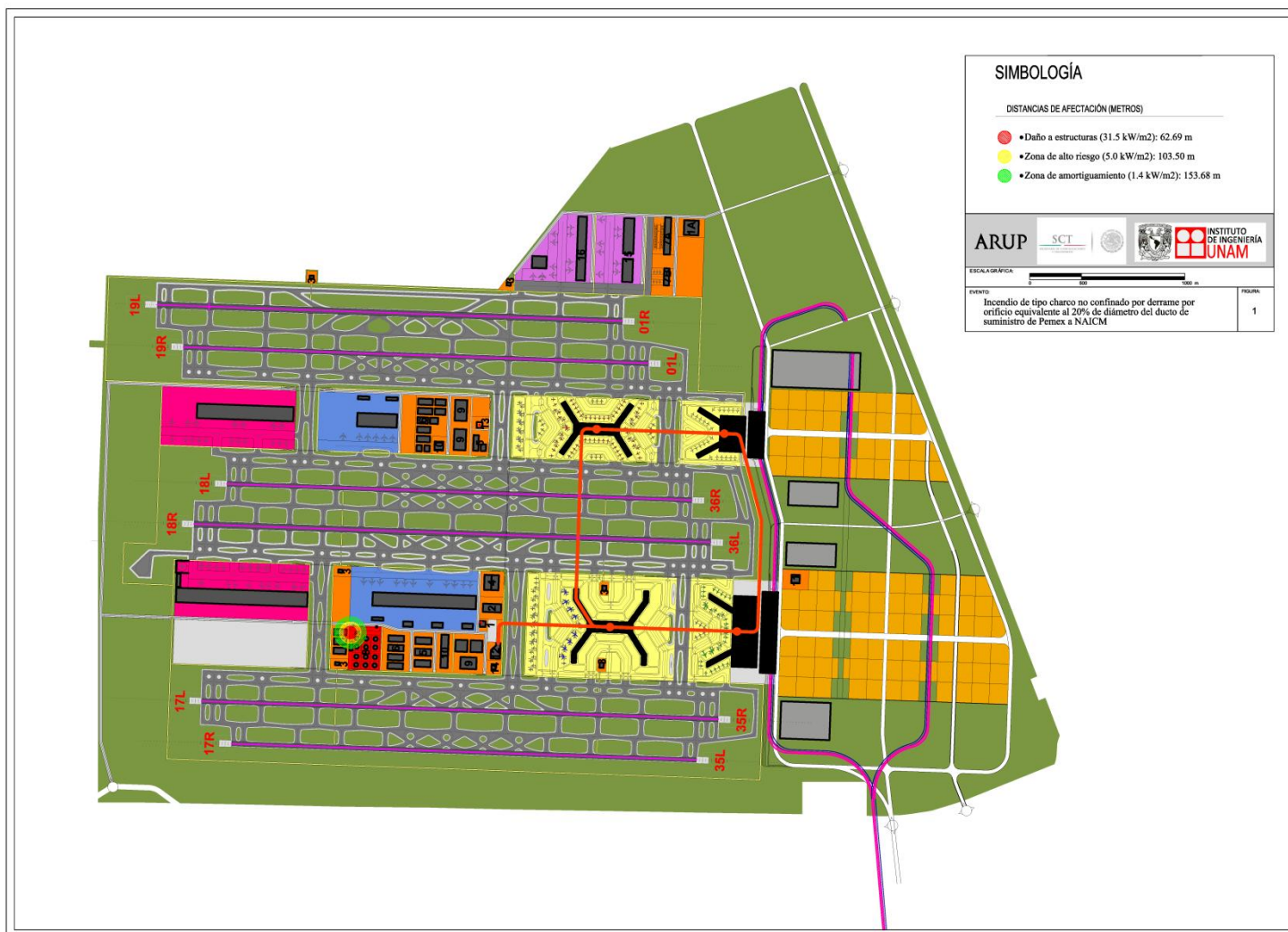
Maximum pool radius : 14.07 m  
Mass burning rate : 0.094 kg/m<sup>2</sup> s  
Flame length : 45.77 m  
Flame tilt from vertical : 59.16°  
Flame drag ratio : 1.33  
Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>  
Effective emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>



Thermal flux (kW/m <sup>2</sup> )	Distance From center of Pool (m)
31.5	62.69
5.0	103.50
1.4	153.68

En este caso, las distancias de afectación de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento resultan de 103.5 y 153.7 m, respectivamente. En la Figura 2-1 y el Plano 1 del Anexo de Planos se muestran dichas zonas.

La categoría de consecuencia se considera para este caso 3B, esto es, de 2 a 10 personas con daño potencial ocasionado por el incendio.



**Figura 2-1 Incendio de tipo charco no confinado por derrame por orificio equivalente al 20% de diámetro del ducto de suministro de turbosina al NAICM. El área roja delimita los daños a estructuras (63 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (103.5 m) y la verde la de amortiguamiento (153.7 m)**



## 2. Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de 14” de suministro de turbosina a los tanques de almacenamiento

Este caso es similar al caso anterior, solo que ahora se considera la ruptura total del ducto de 14” de diámetro.

Haciendo las mismas consideraciones que para el caso anterior, el charco de incendio no confinado que se genera con la ignición inmediata para la ruptura total del ducto, tendría el gasto de aporte de 5 000 gpm, esto es 315.3 l/s, lo cual representa el gasto másico de 254.4 kg/s. Con este dato el modelo de simulación arroja los siguientes resultados.

### UNCONFINED POOL FIRE MODEL

#### STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

#### FUEL

Name : KEROSENE  
 Temperature : 26.85 °C  
 Pressure (absolute) : 2.0 bar  
 Physical state : Liquid phase only

#### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 120.2  
 Boiling point : 98.45 °C  
 Critical temperature : 540.6 K  
 Critical pressure : 27.4 bar  
 Heat of combustion : 4.46E+07 J/kg  
 Flame temperature : 1300 K

#### CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor : 0.012  
 Liquid density : 803.5 kg/cu m

#### RELEASE DATA

Type of spill : Continuous  
 Substance release rate : 254.40 kg/sec  
 Surface type : Concrete  
 Target distance : 100.0 m  
 Elevation of target : 1.0 m

#### LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 28.0 °C  
 Ambient pressure : 0.81 bar  
 Wind speed : 7.0 m/s  
 Relative humidity : 45.0%

#### STEADY STATE RESULTS

Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Time Interval (s)	Burning Rate (kg/m <sup>2</sup> s)	Flame Length (m)	Flame tilt from vertical (deg)	Flame drag ratio (kW/m <sup>2</sup> )	Effective emissive power (kW/m <sup>2</sup> )
-----	-----	-----	-----	-----	-----



9.00	0.092	26.46	67.78	1.40	134.44
18.00	0.094	37.28	65.75	1.36	134.97
27.00	0.094	44.21	64.66	1.34	135.00
36.00	0.094	48.73	64.02	1.32	135.00
45.00	0.094	51.40	63.66	1.32	135.00
54.00	0.094	52.69	63.49	1.31	135.00
63.00	0.094	53.09	63.44	1.31	135.00
72.00	0.094	53.07	63.44	1.31	135.00
81.00	0.094	53.07	63.44	1.31	135.00
90.00	0.094	53.07	63.44	1.31	135.00

Time Interval (s)	Pool Radius (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m <sup>2</sup> )	Thermal flux to vertical target (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum flux to target (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	6.51	0.04	0.64	0.64
18.00	10.49	0.30	2.21	2.23
27.00	13.38	0.92	4.44	4.53
36.00	15.39	1.83	6.78	7.02
45.00	16.62	2.72	8.60	9.02
54.00	17.22	3.27	9.61	10.15
63.00	17.41	3.46	9.94	10.52
72.00	17.40	3.46	9.92	10.51
81.00	17.40	3.46	9.92	10.51
90.00	17.40	3.46	9.92	10.51

**Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size**

Maximum pool radius	: 17.4 m
Mass burning rate	: 0.094 kg/m <sup>2</sup> s
Flame length	: 53.07 m
Flame tilt from vertical	: 63.44°
Flame drag ratio	: 1.31
Maximum emissive power	: 135.0 kW/m <sup>2</sup>
Effective emissive power	: 135.0 kW/m <sup>2</sup>

Thermal flux (kW/m <sup>2</sup> )	Distance From center of Pool (m)
31.5	76.59
5.0	120.11
1.4	175.42

La Figura 2-2 y el Plano 2 del Anexo de Planos permiten apreciar las distancias de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento para este caso.

Se aprecia que el área de peligro se ha ubicado en la parte este de la granja de tanques, donde se ubica la parte superficial del ducto. No obstante, se puede considerar una categoría 3B de consecuencia; esto es, de 2 a 10 personas con daño.



**Figura 2-2** Incendio de tipo charco no confinado por ruptura total en ducto de suministro de turbosina al NAICM. El área roja delimita los daños a estructuras (77 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (120 m) y la verde la de amortiguamiento (175 m)





### **3. Incendio de charco en el dique de contención de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles por falla catastrófica del tanque.**

De acuerdo con el escenario descrito en la sección previa, es factible que el derrame catastrófico de un tanque de 66 mil barriles esté contenido en el dique previsto para tal eventualidad, y que dicho dique mantiene su integridad durante el evento de incendio, si bien la probabilidad de ignición para la turbosina es relativamente baja, i.e. 0.03.

El área del dique es un cuadrado de 80 x 80 metros, con una altura de la superficie libre del líquido a 1.50 m; lo cual se considera en el modelo de simulación que arroja los siguientes resultados.

#### CONFINED POOL FIRE MODEL

##### RECTANGULAR DIKE FIRE TRENCH FIRE

##### FUEL

Name : KEROSENE  
Pool temperature : 28.0 °C

##### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 120.2  
Boiling point : 98.45 °C  
Critical temperature : 540.6 K  
Critical pressure : 27.4 bar  
Heat of combustion : 4.46E+07 J/kg  
Flame temperature : 1300 K

##### CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor : 0.005  
Liquid density : 802.4 kg/cu m

##### DIMENSIONS

Pool width : 80.0 m  
Pool length : 80.0 m  
Pool Liquid Height : 1.5 m  
Height of flame base : 1.5 m  
Height for Radiation Calculations : 0.5 m

##### LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 28.0 °C  
Ambient pressure : 0.81 bar  
Wind speed : 7.0 m/s  
Relative humidity : 45.0%

##### RESULTS

Mass burning rate : 0.094 kg/m<sup>2</sup> s  
Flame length : 94.64 m  
Flame tilt from vertical (front view) : 52.36°  
Flame tilt from vertical (side view) : 52.36°  
Flame drag ratio (front view) : 1.11  
Flame drag ratio (side view) : 1.11



Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>  
 Effective emissive power (front view) : 135.0 kW/m<sup>2</sup>  
 Effective emissive power (side view) : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Front view (view along dike/trench width)

Thermal flux (kW/m <sup>2</sup> )	Distance from center of pool (m)
31.5	146.88
5.0	253.40
1.4	386.31

Side view (view along dike/trench length)

Thermal flux (kW/m <sup>2</sup> )	Distance from center of pool (m)
31.5	146.88
5.0	253.40
1.4	386.31

Maximum emissive power : 42,795 Btu/ft<sup>2</sup> hr  
 Front view (view along dike/trench width)

Distance from center of pool (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m <sup>2</sup> )	Thermal flux to vertical target (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum flux to target (kW/m <sup>2</sup> )
60.00	80.01	43.14	85.29
80.00	70.72	44.64	79.89
100.00	56.21	40.75	67.95
120.00	39.07	35.32	52.62
160.00	12.39	20.61	24.05
200.00	3.85	10.48	11.16
240.00	1.48	5.80	5.98
320.00	0.37	2.38	2.41
480.00	0.07	0.77	0.78
800.00	0.01	0.22	0.22

Side view (view along dike/trench length)

Distance from center of pool (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m <sup>2</sup> )	Thermal flux to vertical target (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum flux to target (kW/m <sup>2</sup> )
60.00	80.01	43.14	85.29
80.00	70.72	44.64	79.89
100.00	56.21	40.75	67.95
120.00	39.07	35.32	52.62
160.00	12.39	20.61	24.05
200.00	3.85	10.48	11.16
240.00	1.48	5.80	5.98
320.00	0.37	2.38	2.41



480.00	0.07	0.77	0.78
800.00	0.01	0.22	0.22

---

En vez de radios de afectación, se tienen las distancias a partir del borde del dique cuadrado, lo cual arroja áreas de afectación cuadradas. Considerando el tanque en el centro del dique, las distancias a partir de dicho centro hacia los puntos finales prescritos por la SEMARNAT para la zona de amortiguamiento ( $1.4 \text{ kW/m}^2$ ) y la de alto riesgo ( $5 \text{ kW/m}^2$ ) son 386 y 253 m respectivamente. Los equipos a una distancia menor de 147 m estarían en riesgo de daño significativo.

En la Figura 2-3 y el Plano 3 del Anexo de Planos se aprecia el alcance de estas distancias de afectación, y se observa que otros tanques estarán dentro de esta última zona. Para evitar que se propague el incendio con la falla de otros tanques debido a la intensa radiación, se requiere que se disponga para todos los tanques de sistemas de enfriamiento de acuerdo con la normatividad de NFPA, que operen de manera remota, i.e. sin la intervención directa de personal contra incendio.

Dada la ubicación muy lejana a la terminal, los usuarios del aeropuerto no están en peligro, pero los trabajadores si lo están; por la magnitud del incendio se considera una categoría 2A de consecuencia, de acuerdo con la EN 1473, i.e. de 1 a 10 fatalidades.

Tomando en cuenta que debido a la presencia de los otros tanques de combustible en la granja se debe considerar la posibilidad de un efecto dominó, se llevó a cabo un cálculo adicional para determinar la factibilidad de colapso de un tanque aledaño debido al incendio de uno de los tanques, suponiendo que también hay falla del sistema de enfriamiento individual del tanque.

En el listado siguiente se presenta el resultado del cálculo de la evolución de la temperatura en la pared del tanque aledaño en función del tiempo, considerando que la distancia del centro del tanque (con incendio en dique) a la pared del tanque adjunto es de 62 m de acuerdo con la geometría de la granja de tanques. Para un tanque de acero de las características requeridas de almacenamiento de combustible, de acuerdo con la Norma Standard API 620 (2012), el espesor mínimo de pared es de 8 mm; se consideran además las siguientes características del acero:

**MATERIAL PROPERTIES**

Material of construction	: Steel
Failure temperature	: 539.85 °C
Material density	: 7830.00 kg/m <sup>3</sup>
Specific heat	: 502.08 J/kg °K
Material thickness	: 8.00 mm
Material emissivity	: 0.55

CONFINED POOL FIRE MODEL  
RECTANGULAR DIKE FIRE  
TRENCH FIRE  
DYNAMIC TEMPERATURE RISE CALCULATIONS



## UNINSULATED VERTICAL TARGET

### FUEL

Name : KEROSENE  
Pool temperature : 28.0 °C

### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 120.2  
Boiling point : 98.45 °C  
Critical temperature : 540.6 K  
Critical pressure : 27.4 bar  
Heat of combustion : 4.46E+07 J/kg  
Flame temperature : 1300 K

### CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor : 0.005  
Liquid density : 802.4 kg/cu m

### DIMENSIONS

Pool width : 80.0 m  
Pool length : 80.0 m  
Pool Liquid Height : 1.5 m  
Height of flame base : 1.5 m  
Height for Radiation Calculations : 0.5 m  
Distance from the center of the pool : 62.0 m

### LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 28.0 °C  
Ambient pressure : 0.81 bar  
Wind speed : 7.0 m/s  
Relative humidity : 45.0%

### MATERIAL PROPERTIES

Material of construction : Steel  
Failure temperature : 539.85 °C  
Material density : 7830.00 kg/m<sup>3</sup>  
Specific heat : 502.08 J/kg °K  
Material thickness : 8.00 mm  
Material emissivity : 0.55

### RESULTS

Mass burning rate : 0.094 kg/m<sup>2</sup> s  
Flame length : 94.64 m  
Flame tilt from vertical (front view) : 52.36°  
Flame drag ratio (front view) : 1.11  
Flame tilt from vertical (side view) : 52.36°  
Flame drag ratio (side view) : 1.11  
Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>  
Effective emissive power (front view) : 135.0 kW/m<sup>2</sup>  
Effective emissive power (side view) : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

#### FRONT VIEW RESULTS

Radiant flux at target location : 43.81 kW/m<sup>2</sup>  
View factor at target location : 0.46  
Max. temperature target can attain : 466.4 °C  
Failure is not expected to occur under these conditions  
Time to attain maximum temperature : 1415.05 s



Time (s)	Temperature (°C)
0.00	28.00
90.00	95.29
180.00	157.80
270.00	214.22
360.00	263.79
450.00	306.18
540.00	341.52
630.00	370.28
720.00	393.20
810.00	411.14
900.00	424.97
990.00	435.51
1080.00	443.47
1170.00	449.43
1260.00	453.87
1350.00	457.17

**SIDE VIEW RESULTS**

Radiant flux at target location : 43.81 kW/m<sup>2</sup>  
 View factor at target location : 0.46  
 Max. temperature target can attain : 466.4°C  
 Failure is not expected to occur under these conditions  
 Time to attain maximum temperature : 1415.05s

Time (s)	Temperature (°C)
0.00	28.00
90.00	95.29
180.00	157.80
270.00	214.22
360.00	263.79
450.00	306.18
540.00	341.52
630.00	370.28
720.00	393.20
810.00	411.14
900.00	424.97
990.00	435.51
1080.00	443.47
1170.00	449.43
1260.00	453.87
1350.00	457.17

De acuerdo con Liu Y (2011), la temperatura de falla del acero es de 540 °C. Los resultados muestran que la temperatura máxima que se alcanzaría en la pared del tanque aledaño es de 466 °C, misma que se presenta aproximadamente 24 minutos después de iniciado el incendio, lo cual indica que aún si ocurriese la falla del sistema de enfriamiento del tanque aledaño al incendiado, la distancia de diseño es la adecuada para evitar el colapso del tanque adjunto.



Liu (*op cit*) determina también que si el tanque aledaño se encuentra lleno a una altura del 60% de su capacidad, la presencia del líquido implica la transferencia de calor por convección, lo cual genera un enfriamiento que ayuda a mantener la temperatura por abajo del umbral de falla. Si dicho tanque estuviese vacío, aun cuando se colapsara no se provocaría un segundo incendio. Por lo anterior, la posibilidad de un efecto dominó para este caso no se considera factible dadas las condiciones de diseño de la granja y las salvaguardas presentes.

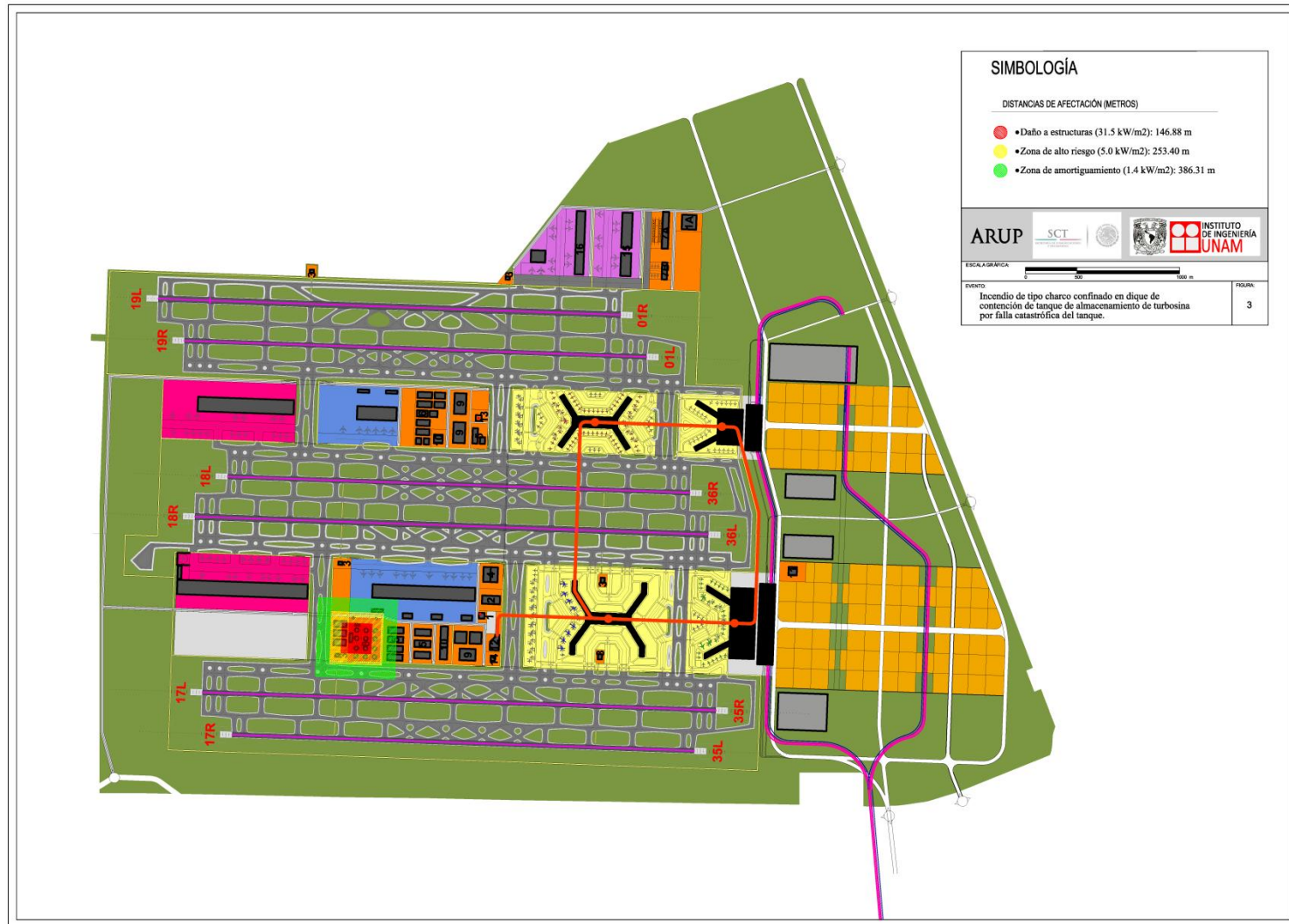


Figura 2-3 Incendio de tipo charco confinado en dique de contención de tanque de almacenamiento de turbosina. El área roja delimita los daños a estructuras (147 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (253 m) y la verde la de amortiguamiento (386 m)



#### **4. Incendio confinado al techo de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles ocasionado por la caída de un rayo en la parte superior del tanque.**

De acuerdo con la descripción del escenario, en este caso la flama estará a una altura de 13 m sobre el nivel del suelo y confinado el incendio dentro del área superficial del techo del tanque de 36 m de diámetro. El modelo de simulación arroja los siguientes resultados:

##### CONFINED POOL FIRE MODEL

##### CIRCULAR DIKE OR TANK FIRE

##### FUEL

Name : KEROSENE  
Pool temperature : 28.0 °C

##### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 120.2  
Boiling point : 98.45 °C  
Critical temperature : 540.6 K  
Critical pressure : 27.4 bar  
Heat of combustion : 4.46E+07 J/kg  
Flame temperature : 1300 K

##### CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor : 0.005  
Liquid density : 802.4 kg/cu m

##### DIMENSIONS

Pool diameter : 36.0 m  
Pool liquid height : 13.0 m  
Height of flame base : 13.0 m  
Height for Radiation Calculations : 0.5 m

##### LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 28.0 °C  
Ambient pressure : 0.81 bar  
Wind speed : 7.0 m/s  
Relative humidity : 45.0%

##### RESULTS

Mass burning rate : 0.094 kg/m<sup>2</sup> s  
Flame length : 54.33 m  
Flame tilt from vertical : 57.69°  
Flame drag ratio : 1.00  
Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>  
Effective emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Thermal flux (kW/m <sup>2</sup> )	Distance From center of Pool (m)
31.5	Unable to calculate distance to this flux
26.7	18.80
5.0	121.49





1.4

188.12

---



---

Distance from center of pool (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m <sup>2</sup> )	Thermal flux to vertical target (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum flux to target (kW/m <sup>2</sup> )
27.00	39.20	8.03	40.02
36.00	39.41	14.64	43.01
45.00	34.40	16.85	41.20
54.00	27.89	17.04	37.23
72.00	15.30	15.07	21.47
90.00	6.80	10.15	12.22
108.00	3.10	6.44	7.14
144.00	0.86	2.88	3.01
216.00	0.16	0.95	0.96
360.00	0.02	0.26	0.26

---

Las distancias correspondientes a las zonas de amortiguamiento y de peligro son 121.5 y 188 m, respectivamente. En la Figura 2-4 y el Plano 4 del Anexo de Planos se aprecian dichos radios de afectación.

Para este caso también es pertinente la observación respecto a los sistemas de enfriamiento. Sin embargo a nivel del suelo, el peligro es relativamente menor, por lo que la consecuencia se categoriza con el nivel 4B, i.e. por lo menos daños a una persona.

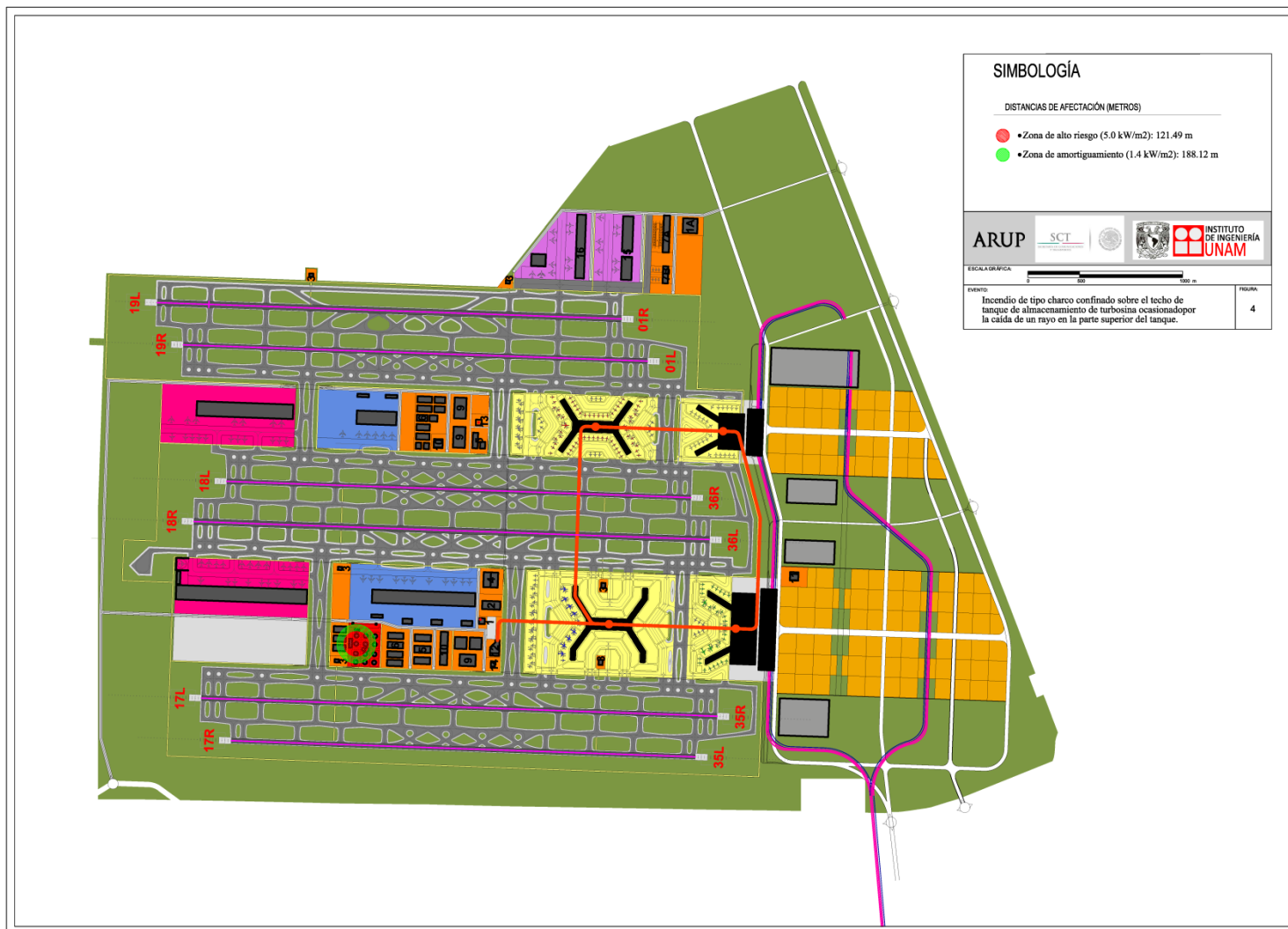


Figura 2-4 Incendio de tipo charco confinado sobre el techo de un tanque de almacenamiento de turbotina. El área roja delimita la zona de alto riesgo (121 m) y la verde la de amortiguamiento (188 m)



## 5. Incendio no confinado que ocurre en el interior del dique de contención por derrame por sobrellenado de un tanque de almacenamiento de turbosina.

De acuerdo con el escenario descrito en la sección previa, el charco de incendio no confinado que ocurre en el interior del dique, tendría el gasto de aporte de turbosina que llega del ducto de 14", esto es, 5 000 gpm o 315.3 l/s, lo cual representa el gasto másico de 254.4 kg/s. Con este dato el modelo de simulación arroja los siguientes resultados.

### UNCONFINED POOL FIRE MODEL

#### STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

##### FUEL

Name : KEROSENE  
 Temperature : 26.85 °C  
 Pressure (absolute) : 2.0 bar  
 Physical state : Liquid phase only

##### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 120.2  
 Boiling point : 98.45 °C  
 Critical temperature : 540.6 K  
 Critical pressure : 27.4 bar  
 Heat of combustion : 4.46E+07 J/kg  
 Flame temperature : 1300 K

##### CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor : 0.012  
 Liquid density : 803.5 kg/cu m

##### RELEASE DATA

Type of spill : Continuous  
 Substance release rate : 254.40 kg/sec  
 Surface type : Concrete  
 Target distance : 100.0 m  
 Elevation of target : 1.0 m

##### LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 28.0 °C  
 Ambient pressure : 0.81 bar  
 Wind speed : 7.0 m/s  
 Relative humidity : 45.0%

##### STEADY STATE RESULTS

Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Time Interval (s)	Burning Rate (kg/m <sup>2</sup> s)	Flame Length (m)	Flame tilt from vertical (deg)	Flame drag ratio	Effective emissive power (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	0.092	26.46	67.78	1.40	134.44
18.00	0.094	37.28	65.75	1.36	134.97
27.00	0.094	44.21	64.66	1.34	135.00
36.00	0.094	48.73	64.02	1.32	135.00



45.00	0.094	51.40	63.66	1.32	135.00
54.00	0.094	52.69	63.49	1.31	135.00
63.00	0.094	53.09	63.44	1.31	135.00
72.00	0.094	53.07	63.44	1.31	135.00
81.00	0.094	53.07	63.44	1.31	135.00
90.00	0.094	53.07	63.44	1.31	135.00

Time Interval (s)	Pool Radius (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m <sup>2</sup> )	Thermal flux to vertical target (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum flux to target (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	6.51	0.04	0.64	0.64
18.00	10.49	0.30	2.21	2.23
27.00	13.38	0.92	4.44	4.53
36.00	15.39	1.83	6.78	7.02
45.00	16.62	2.72	8.60	9.02
54.00	17.22	3.27	9.61	10.15
63.00	17.41	3.46	9.94	10.52
72.00	17.40	3.46	9.92	10.51
81.00	17.40	3.46	9.92	10.51
90.00	17.40	3.46	9.92	10.51

**Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size**

Maximum pool radius	: 17.4 m
Mass burning rate	: 0.094 kg/m <sup>2</sup> s
Flame length	: 53.07 m
Flame tilt from vertical	: 63.44°
Flame drag ratio	: 1.31
Maximum emissive power	: 135.0 kW/m <sup>2</sup>
Effective emissive power	: 135.0 kW/m <sup>2</sup>

Thermal flux (kW/m <sup>2</sup> )	Distance From center of Pool (m)
31.5	76.59
5.0	120.11
1.4	175.42

La Figura 2-5 y el Plano 5 del Anexo de Planos permiten apreciar las zonas de afectación para peligro y amortiguamiento.

Se aprecia que el área de peligro es relativamente baja, pero los tanques vecinos sí estarían afectados por la radiación. No obstante, se puede considerar una categoría 3B de consecuencia; esto es, de 2 a 10 personas con daño.

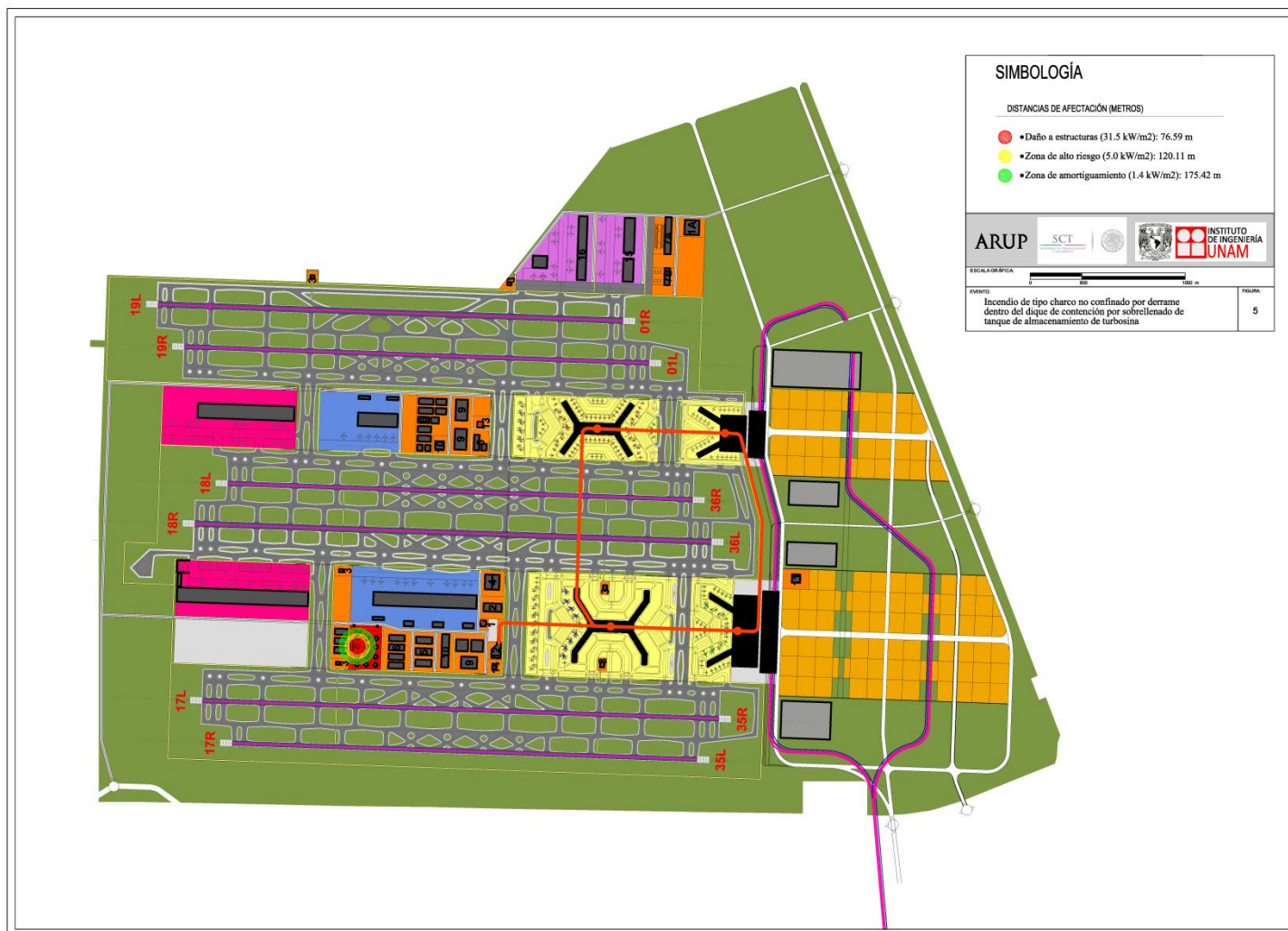


Figura 2-5 Incendio de tipo charco no confinado por derrame dentro del dique de contención por sobrellenado de tanque de almacenamiento de turbosina. El área roja delimita los daños a estructuras (77 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (120 m) y la verde la de amortiguamiento (175 m)



## 6. Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes.

En condiciones normales de operación, el gasto de las bombas a los ductos de 24" de diámetro que abastecen de turbosina al área de plataformas es de 9 200 gpm (580 l/s), con una presión en la descarga de 10 bar. Con el escenario descrito en la sección previa, para la fuga de turbosina en el ducto, se puede considerar que la energía que imparte el sistema de bombeo se convierte en energía cinética del flujo (considerando que la ruptura ocurre en la cercanía de la descarga de las bombas).

Como la potencia hidráulica que entrega la bomba es:

$$P = Q \times \Delta p = 0.58 \times 1E6 = 580kW$$

Entonces, con la consideración arriba descrita,

$$V^3 = \frac{2 \times P}{\rho \times A} \Rightarrow V = 17.2m/s$$

Como se considera sólo el 20% del área del ducto en cuestión, se puede estimar que la velocidad es proporcionalmente menor, y esta resulta 16.2 m/s, por lo que el gasto de fuga sería de 915 l/s y el gasto másico con el coeficiente de descarga de 0.6 sería entonces de 443 kg/s.

Con estos datos el programa de simulación arroja los siguientes resultados:

UNCONFINED POOL FIRE MODEL

STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

### FUEL

Name : KEROSENE  
Temperature : 26.85 °C  
Pressure (absolute) : 10.8 bar  
Physical state : Liquid phase only

### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 120.2  
Boiling point : 98.45 °C  
Critical temperature : 540.6 K  
Critical pressure : 27.4 bar  
Heat of combustion : 4.46E+07 J/kg  
Flame temperature : 1300 K

### CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor : 0.065  
Liquid density : 804.7 kg/cu m



**RELEASE DATA**

Type of spill : Continuous  
 Substance release rate : 443.00 kg/sec  
 Surface type : Concrete  
 Target distance : 100.0 m  
 Elevation of target : 1.0 m

**LOCAL AMBIENT CONDITIONS**

Air temperature : 28.0 °C  
 Ambient pressure : 0.81 bar  
 Wind speed : 7.0 m/s  
 Relative humidity : 45.0%

**STEADY STATE RESULTS**

Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Time Interval (s)	Burning Rate (kg/m <sup>2</sup> s)	Flame Length (m)	Flame tilt from vertical (deg)	Flame drag ratio	Effective emissive power (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	0.093	29.37	78.95	1.39	134.74
18.00	0.094	41.49	77.97	1.34	134.99
27.00	0.094	49.71	77.43	1.32	135.00
36.00	0.094	55.55	77.09	1.31	135.00
45.00	0.094	59.56	76.87	1.30	135.00
54.00	0.094	62.10	76.73	1.29	135.00
63.00	0.094	63.48	76.66	1.29	135.00
72.00	0.094	64.05	76.63	1.29	135.00
81.00	0.094	64.16	76.63	1.29	135.00
90.00	0.094	64.16	76.63	1.29	135.00

Time Interval (s)	Pool Radius (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m <sup>2</sup> )	Thermal flux to vertical target (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum flux to target (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	7.50	0.02	0.46	0.46
18.00	12.22	0.17	1.93	1.94
27.00	15.84	0.80	4.97	5.03
36.00	18.58	2.60	10.07	10.40
45.00	20.55	6.00	16.14	17.22
54.00	21.82	10.38	21.65	24.01
63.00	22.52	13.90	25.05	28.65
72.00	22.81	15.63	26.49	30.76
81.00	22.87	15.98	26.77	31.18
90.00	22.87	15.98	26.77	31.18

**Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size**

Maximum pool radius : 22.87 m  
 Mass burning rate : 0.094 kg/m<sup>2</sup>s  
 Flame length : 64.16 m  
 Flame tilt from vertical : 76.63°  
 Flame drag ratio : 1.29  
 Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>



Effective emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Thermal flux (kW/m <sup>2</sup> )	Distance From center of Pool (m)
31.5	99.85
5.0	134.10
1.4	182.12

En este caso el radio máximo del incendio de charco se reduce a 22.9 m, con los radios de afectación de zonas de peligro y amortiguamiento de 134 y 182 m, respectivamente.

En la Figura 2-6 y el Plano 6 del Anexo de Planos se muestran dichas zonas.

La categoría de consecuencia se considera para este caso 3B, esto es, de 2 a 10 personas con daño potencial.



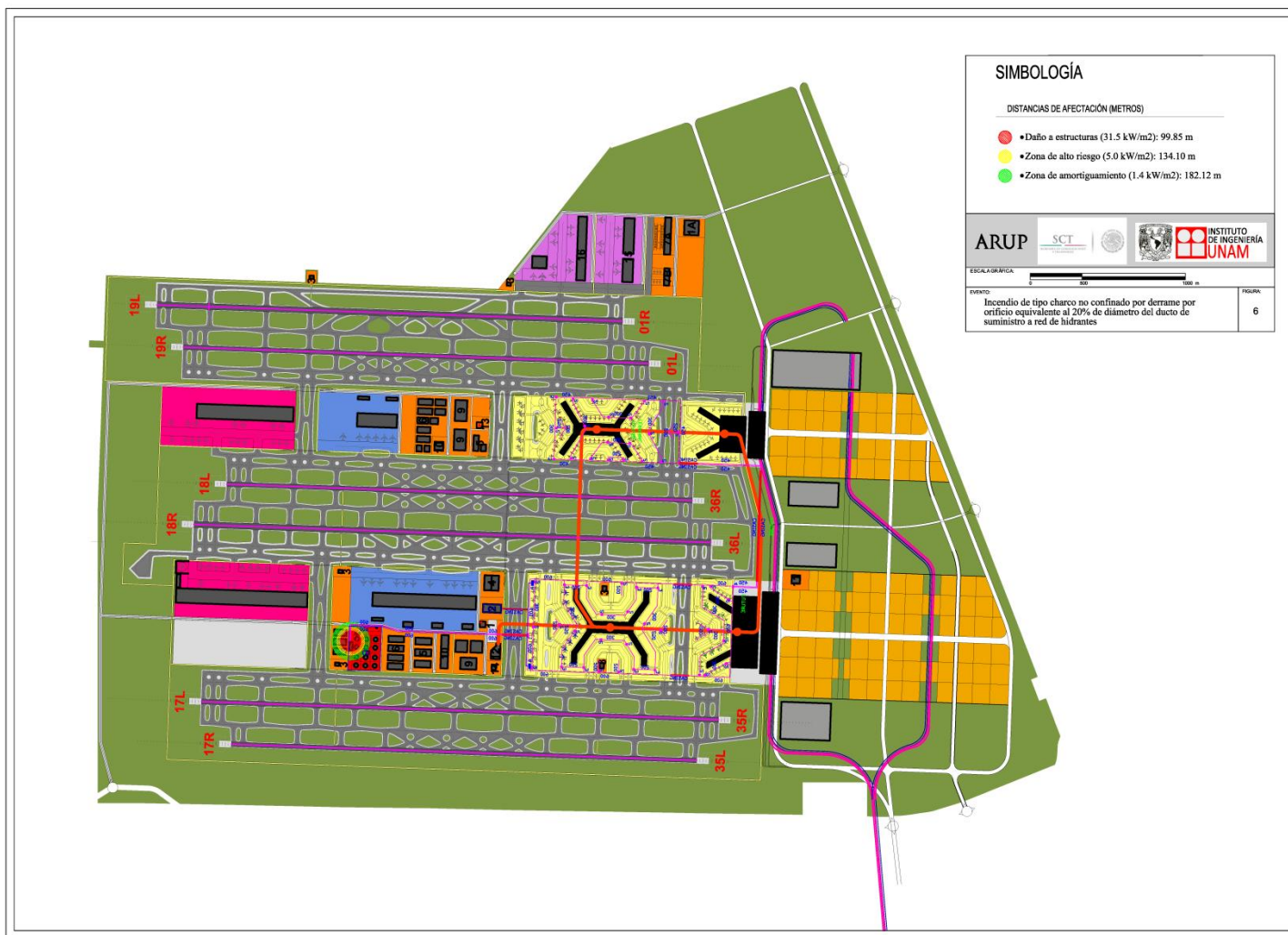


Figura 2-6 Incendio de tipo charco no confinado por derrame por orificio equivalente al 20% de diámetro del ducto de suministro a red de hidrantes. El área roja delimita los daños a estructuras (100 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (134 m) y la verde la de amortiguamiento (182 m)



## 7. Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de turbosina de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes.

Este caso es similar al anterior, pero en este se considera la falla catastrófica del ducto con la ruptura en la sección total del ducto de 24". Tal como se menciona para el caso anterior, se puede considerar que toda la energía que imparte el sistema de bombeo se convierte en energía cinética del flujo (considerando que la ruptura ocurre en la cercanía de la descarga de las bombas). En condiciones normales de operación, el gasto es de 9 200 gpm (580 l/s) con una presión en la descarga de 10 bar.

Como la potencia hidráulica que entrega la bomba es,

$$P = Q \cdot \Delta p = 0.58 \times 1E6 = 580kW$$

Entonces, con la consideración arriba descrita,

$$V^3 = \frac{2 \cdot P}{\rho \cdot A} \Rightarrow V = 17.2m/s$$

El gasto con la sección total del ducto es 4.86 m<sup>3</sup>/s, considerando un coeficiente de descarga C<sub>d</sub> de 0.6, el gasto másico es entonces 2 354 kg/s, lo cual se ingresa al programa de simulación que arroja los siguientes resultados.

### UNCONFINED POOL FIRE MODEL

#### STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

##### FUEL

Name	: KEROSENE
Temperature	: 26.85 °C
Pressure (absolute)	: 10.8 bar
Physical state	: Liquid phase only

##### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight	: 120.2
Boiling point	: 98.45 °C
Critical temperature	: 540.6 K
Critical pressure	: 27.4 bar
Heat of combustion	: 4.46E+07 J/kg
Flame temperature	: 1300 K

##### CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor	: 0.065
Liquid density	: 804.7 kg/cu m

##### RELEASE DATA

Type of spill	: Continuous
Substance release rate	: 2,354 kg/sec
Surface type	: Concrete
Target distance	: 100.0 m



Elevation of target : 1.0 m

**LOCAL AMBIENT CONDITIONS**

Air temperature : 28.0 °C  
Ambient pressure : 0.81 bar  
Wind speed : 7.0 m/s  
Relative humidity : 45.0%

**STEADY STATE RESULTS**

Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Time Interval (s)	Burning Rate (kg/m <sup>2</sup> s)	Flame Length (m)	Flame tilt from vertical (deg)	Flame drag ratio	Effective emissive power (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	0.094	39.71	78.10	1.35	134.99
18.00	0.094	56.49	77.04	1.30	135.00
27.00	0.094	68.89	76.39	1.28	135.00
36.00	0.094	78.77	75.94	1.26	135.00
45.00	0.094	86.83	75.60	1.25	135.00
54.00	0.094	93.46	75.34	1.24	135.00
63.00	0.094	98.86	75.13	1.23	135.00
72.00	0.094	103.20	74.98	1.23	135.00
81.00	0.094	106.60	74.86	1.22	135.00
90.00	0.094	109.17	74.77	1.22	135.00

Time Interval (s)	Pool Radius (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m <sup>2</sup> )	Thermal flux to vertical target (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum flux to target (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	11.48	0.12	1.57	1.58
18.00	19.04	3.17	11.32	11.76
27.00	25.33	35.93	29.71	52.76
36.00	30.71	70.64	30.38	79.43
45.00	35.34	80.86	29.83	86.44
54.00	39.28	84.58	28.49	89.52
63.00	42.59	86.18	26.79	91.49
72.00	45.31	88.15	25.40	93.76
81.00	47.47	88.00	23.66	93.58
90.00	49.13	87.83	22.25	93.32

**Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size**

Maximum pool radius : 49.13 m  
Mass burning rate : 0.094 kg/m<sup>2</sup> s  
Flame length : 109.17 m  
Flame tilt from vertical : 74.77°  
Flame drag ratio : 1.22  
Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>  
Effective emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Thermal flux (kW/m<sup>2</sup>)      Distance From center of Pool (m)



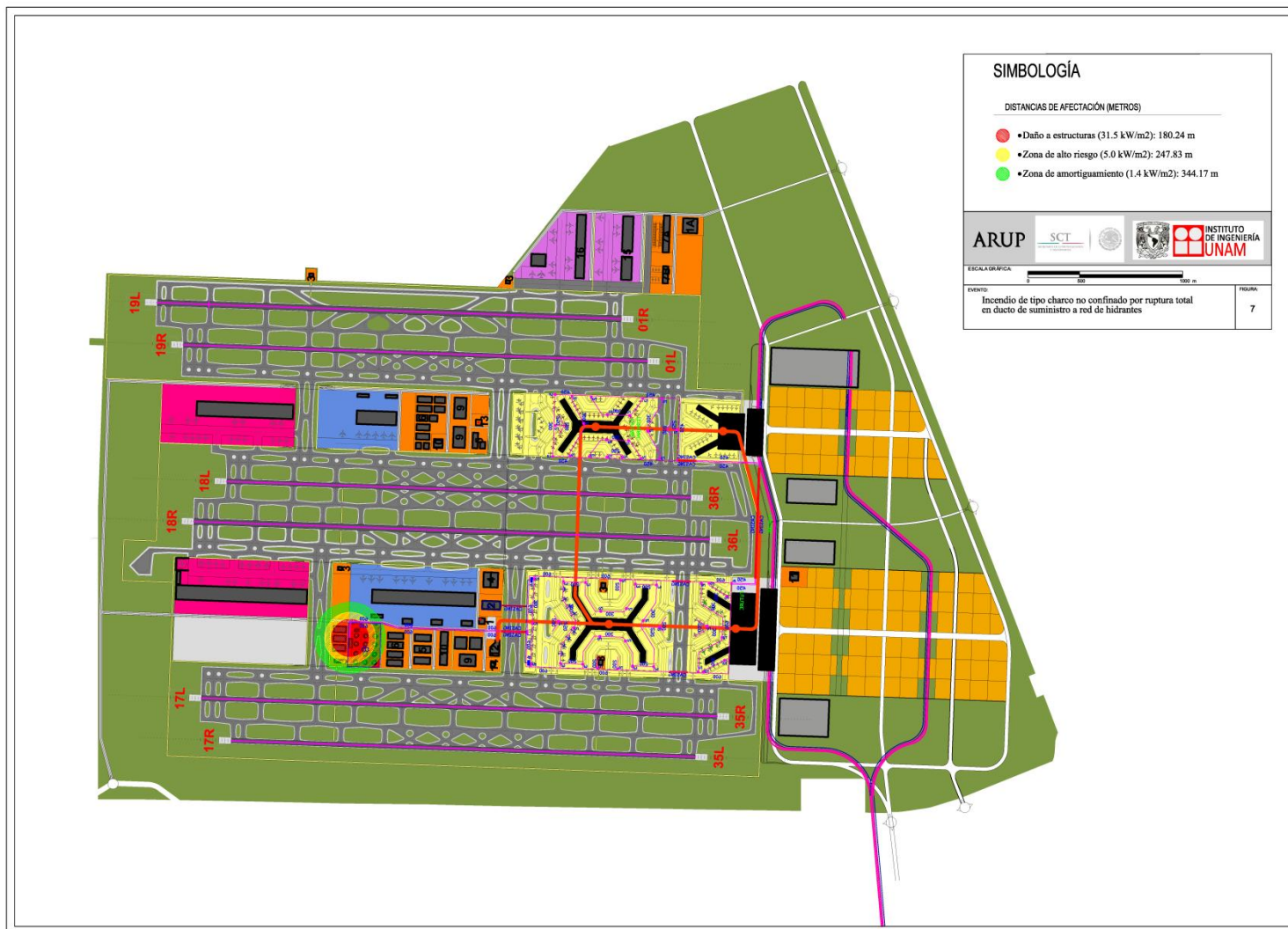
---

31.5	180.24
5.0	247.83
1.4	344.17

---

Los radios de afectación para las zonas de peligro y amortiguamiento son 248 m y 344 m, respectivamente; los cuales se aprecian en la Figura 2-7 y el Plano 7 del Anexo de Planos.

La extensión máxima del incendio de charco tiene un radio de 49 m; y se aprecia que también aplica la recomendación respecto al enfriamiento de los tanques adyacentes. La extensión del incendio implica que la categoría 2A de consecuencia es posible, esto es de 1 a 10 fatalidades.



**Figura 2-7 Incendio de tipo charco no confinado por ruptura total en ducto de suministro a red de hidrantes. El área roja delimita los daños a estructuras (180 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (248 m) y la verde la de amortiguamiento (344 m)**



## 8. Incendio no confinado por derrame de turbosina en plataforma, por falla de conexión en el hidrante o manguera de 6” de alimentación.

Este caso representa el escenario que ocurre en plataforma durante la carga de turbosina a un avión. Se considera entonces el gasto de diseño de carga de 300 gpm (18.92 l/s) como fuga, i.e. un gasto másico de 15.26 kg/s. El programa de simulación arroja los siguientes resultados:

### UNCONFINED POOL FIRE MODEL

#### STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

#### FUEL

Name : KEROSENE  
 Temperature : 26.85 °C  
 Pressure (absolute) : 10.0 bar  
 Physical state : Liquid phase only

#### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 120.2  
 Boiling point : 98.45 °C  
 Critical temperature : 540.6 K  
 Critical pressure : 27.4 bar  
 Heat of combustion : 4.46E+07 J/kg  
 Flame temperature : 1300 K

#### CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor : 0.06  
 Liquid density : 804.6 kg/cu m

#### RELEASE DATA

Type of spill : Continuous  
 Substance release rate : 15.26 kg/sec  
 Surface type : Concrete  
 Target distance : 30.0 m  
 Elevation of target : 1.0 m

#### LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 28.0 °C  
 Ambient pressure : 0.81 bar  
 Wind speed : 7.0 m/s  
 Relative humidity : 45.0%

#### STEADY STATE RESULTS

Maximum emissive power : 135.0 kW/m<sup>2</sup>

Time Interval (s)	Burning Rate (kg/m <sup>2</sup> s)	Flame Length (m)	Flame tilt from vertical (deg)	Flame drag ratio	Effective emissive power (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	0.080	14.45	80.72	1.48	126.39
18.00	0.087	19.36	80.02	1.44	131.91
27.00	0.088	20.23	79.91	1.44	132.45
36.00	0.088	20.03	79.94	1.44	132.33



45.00	0.088	20.03	79.94	1.44	132.33
54.00	0.088	20.03	79.94	1.44	132.33
63.00	0.088	20.03	79.94	1.44	132.33
72.00	0.088	20.03	79.94	1.44	132.33
81.00	0.088	20.03	79.94	1.44	132.33
90.00	0.088	20.03	79.94	1.44	132.33

Time Interval (s)	Pool Radius (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m <sup>2</sup> )	Thermal flux to vertical target (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum flux to target (kW/m <sup>2</sup> )
9.00	3.10	0.08	1.64	1.65
18.00	4.36	2.76	11.30	11.63
27.00	4.60	5.68	16.81	17.75
36.00	4.54	4.79	15.33	16.07
45.00	4.54	4.79	15.33	16.07
54.00	4.54	4.79	15.33	16.07
63.00	4.54	4.79	15.33	16.07
72.00	4.54	4.79	15.33	16.07
81.00	4.54	4.79	15.33	16.07
90.00	4.54	4.79	15.33	16.07

**Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size**

Maximum pool radius	: 4.54 m
Mass burning rate	: 0.088 kg/m <sup>2</sup> s
Flame length	: 20.03 m
Flame tilt from vertical	: 79.94°
Flame drag ratio	: 1.44
Maximum emissive power	: 135.0 kW/m <sup>2</sup>
Effective emissive power	: 132.33 kW/m <sup>2</sup>

Thermal flux (kW/m <sup>2</sup> )	Distance From center of Pool (m)
31.5	27.76
5.0	35.16
1.4	45.99

El diámetro máximo que alcanza el charco del incendio es de 9 metros. El radio de afectación para la zona de peligro es entonces 35.2 m, y para la zona de amortiguamiento 46 m. En este caso el público sí puede ser afectado por estar en el avión, pero el mayor peligro sigue siendo para el personal de tierra alrededor del avión.

La Figura 2-8 y el Plano 8 del Anexo de Planos ilustra dichos radios de afectación en dos ubicaciones, pero es extensiva esta zona para todos los hidrantes operativos.

Se considera entonces que la categoría de consecuencia corresponde a la posible fatalidad de 10 o más personas, esto es 1A.



Respecto a un posible efecto dominó por la cercanía de los sistemas de hidrantes adyacentes, el diseño de los drenajes perimetrales confinaría la extensión de un derrame. Esto efectivamente evita la propagación de un incendio a zonas aledañas.



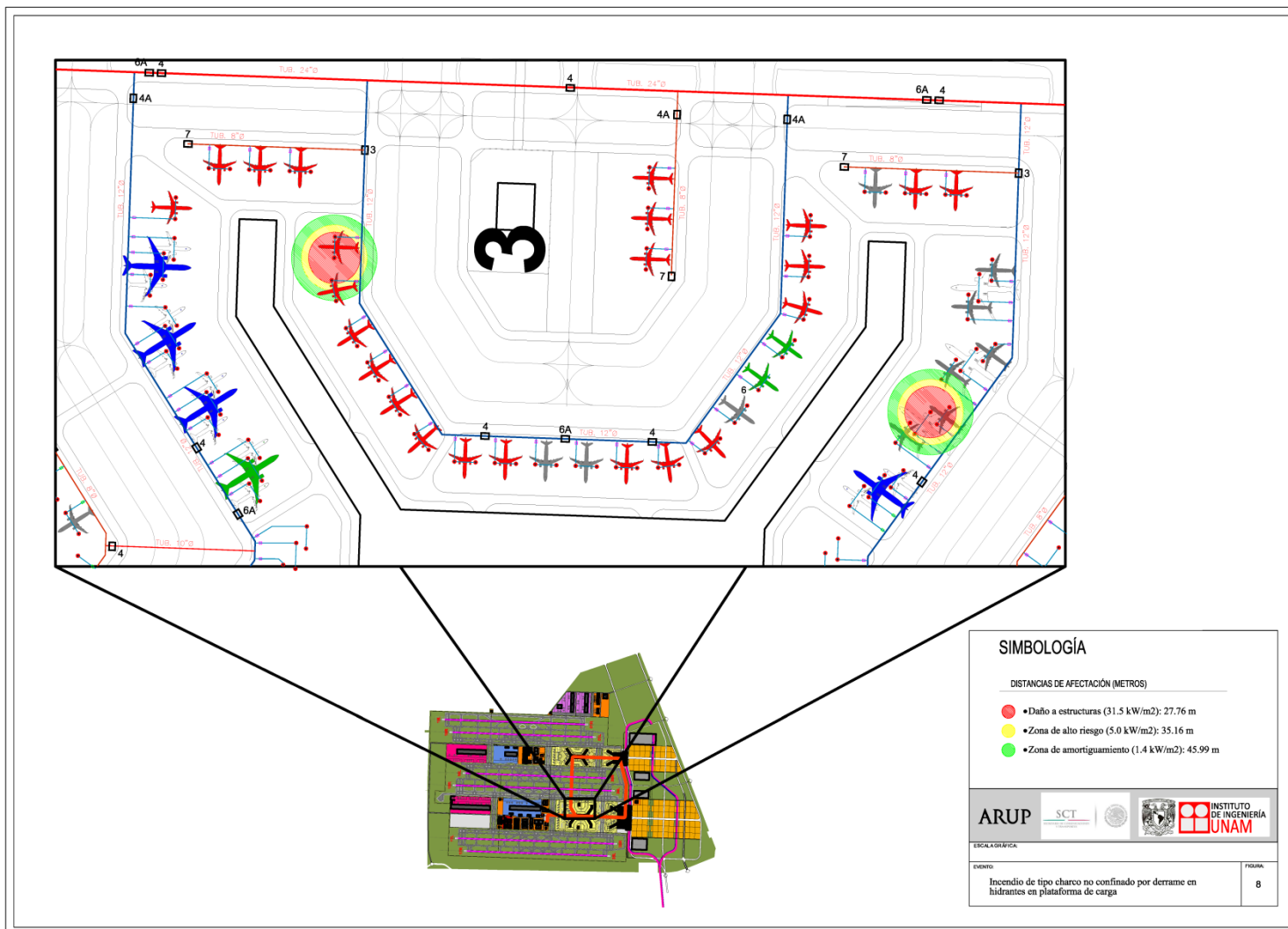


Figura 2-8 Incendio de tipo charco no confinado por derrame en hidrantes en plataforma de carga. El área roja delimita los daños a estructuras (28 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (35 m) y la verde la de amortiguamiento (46 m)



## 9. BLEVE en recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios

El modelo de Hymes de fuente puntual que aplica el programa de simulación está descrito en el U.S. EPA RMP “RMP Offsite Consequence Analysis Guidance”, US EPA, (Mayo, 1996). En dicho modelo se calcula la dosis de radiación para los niveles de intensidad radiativa prescritos por el usuario, así como para el tiempo para el cual se calcula la duración de la nube explosiva. Los recipientes de 10 mil galones de gas LP propuestos en el anteproyecto de ARUP tienen una masa de 21.19 toneladas. Los resultados son:

### BLEVE MODEL

#### INPUT DATA

Selected substance: Propane  
Heat of combustion: 46333000.0 J/kg  
Mass of fuel in the fireball: 21187.0 kg  
Radiative fraction of heat of combustion: 0.4

Duration of exposure for dose calculation: 30.0 s

#### RESULTS

Diameter of Fireball: 160.49 m  
Duration of Fireball: 12.45 s

#### CALCULATED RADIATION AT SPECIFIED DISTANCES

Specified Distance m	Radiation Level kW/m <sup>2</sup>	Radiation Dose 30.0 s Exposure (W/m <sup>2</sup> ) <sup>**4/3</sup> s	Radiation Dose 12.5 s Exposure (W/m <sup>2</sup> ) <sup>**4/3</sup> s
5.00	102728.20	1.44336E+12	5.99085E+11
10.00	25682.06	2.27315E+11	9.435E+10
15.00	11414.25	7.70994E+10	3.20011E+10
20.00	6420.51	3.57998E+10	1.48592E+10
30.00	2853.56	1.21424E+10	5.03986E+09
40.00	1605.13	5.63812E+09	2.34018E+09
70.00	524.12	1.26775E+09	5.26196E+08
100.00	256.82	4.89735E+08	2.03271E+08
150.00	114.14	1.66106E+08	6.89444E+07
200.00	64.21	7.71284E+07	3.20132E+07

#### CALCULATED DISTANCE AT SPECIFIED RADIATION LEVELS

Specified Radiation Level kW/m <sup>2</sup>	Distance To Radiation Level m	Radiation Dose 30.0 s Exposure (W/m <sup>2</sup> ) <sup>**4/3</sup> s	Radiation Dose 12.5 s Exposure (W/m <sup>2</sup> ) <sup>**4/3</sup> s
1.40	1354.41	4.69849E+05	1.95017E+05
5.00	716.69	2.56496E+06	1.06462E+06
31.50	285.54	2.98448E+07	1.23875E+07

#### CALCULATED DISTANCE AT SPECIFIED RADIATION DOSE LEVELS



Distance to radiation dose based on an exposure time = fireball duration =12.45 s

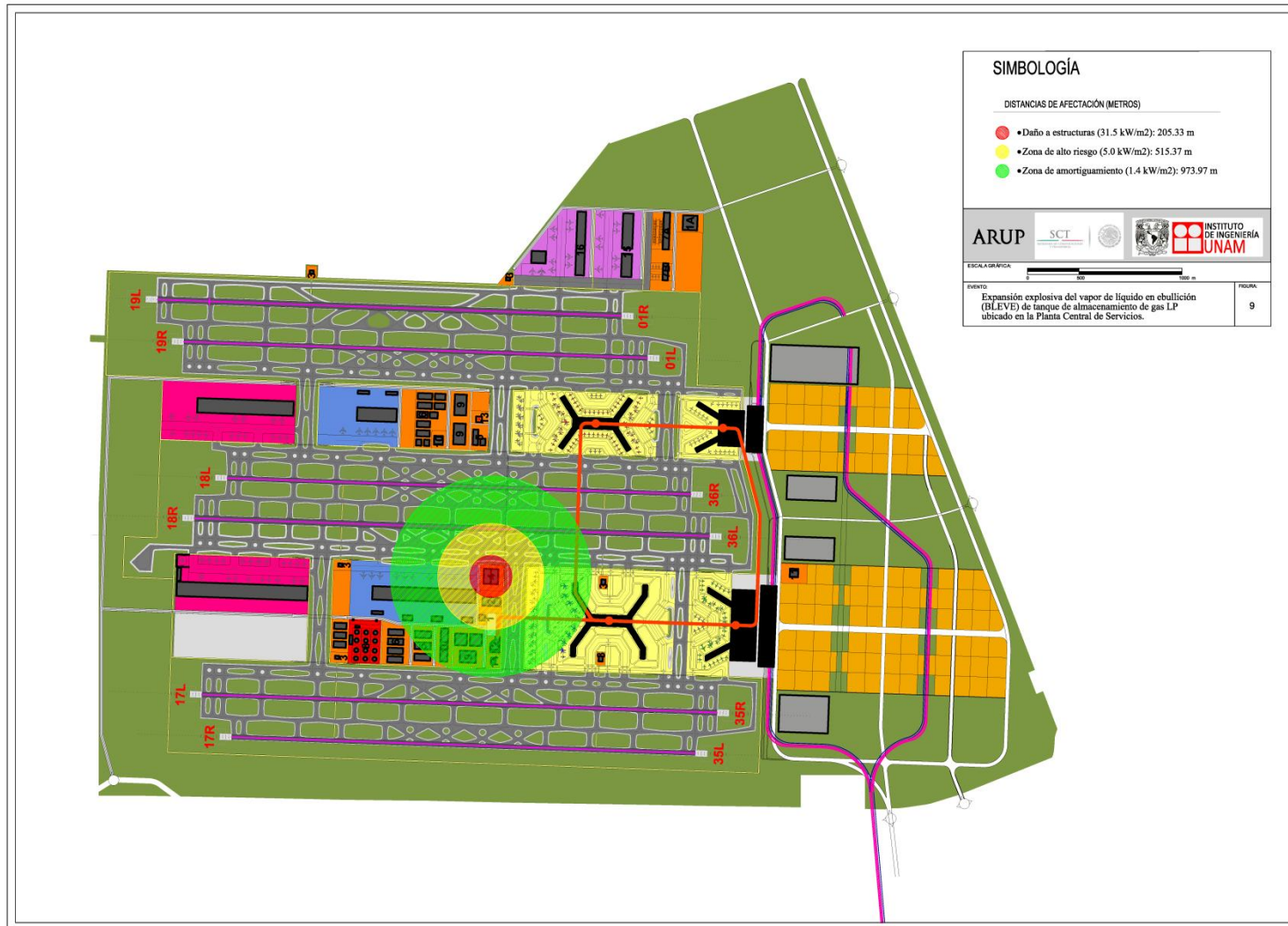
Specified Radiation Dose (W/m <sup>2</sup> )**4/3 s	Distance To Radiation Dose Level m
469849.	973.97
2564964.	515.37
29844800.	205.33

Para los 12.5 segundos de duración de la nube de fuego (*fireball*), las distancias de peligro y amortiguamiento son 515 m y 973 m, respectivamente. Estas se ilustran en la Figura 2-9 y el Plano 9 del Anexo de Planos.

Se aprecia que la extensión de la zona de peligro es considerable. En la zona de amortiguamiento existen edificaciones de la terminal donde hay público general, pero varias edificaciones de servicio sí están dentro de la zona de peligro. Por ello se clasifica la consecuencia como 1A, esto es, posibilidad de 10 o más fatalidades. Vale la pena remarcar, que como el caso de San Juanico y otros que se han documentado, los recipientes de gas LP al fallar en sus extremos pueden salir como proyectiles que impactan en distancias de más de 200 m.

Si bien la presencia de otros recipientes de gas LP implican la posibilidad de un efecto dominó en caso de la presencia de un BLEVE, para el presente análisis se debe considerar que la Planta Central de Servicios y el patio de servicios se diseñarán en un área de aproximadamente 30 000 m<sup>2</sup>, de la cual 10 000 m<sup>2</sup> estarán dedicados a la base de la Planta. Aparte de estos datos, no se cuenta actualmente con un plano o esquema detallado de la localización de los tanques de gas LP, mismos que deberán estar contenidos dentro de dicha área de aproximadamente 175 metros por lado. Aun tomando en cuenta la distancia de separación entre tanques, las distancias de alto riesgo y amortiguamiento de aproximadamente 0.5 y 1 km respectivamente, estarían igualmente representadas por los círculos plasmados en la Figura 2-9 y el Plano 9, ya que dichas distancias de afectación desplazarían su centro a una distancia equivalente a la de separación del tanque aledaño de gas LP, misma que sería despreciable comparada con el propio radio de las zonas de afectación, ya que la presencia de un BLEVE en el tanque aledaño no sería simultánea, sino que se presentaría posteriormente al primero, y así sucesivamente.

De acuerdo con lo anterior, aun cuando existe la posibilidad de efecto dominó para este caso, el área de afectación sería prácticamente la misma que se presenta para uno de los tanques de gas LP.



**Figura 2-9** Expansión explosiva del vapor de líquido en ebullición (BLEVE) de tanque de almacenamiento de gas LP. El área roja delimita los daños a estructuras (205 m), el área amarilla la zona de alto riesgo (515 m) y la verde la de amortiguamiento (974 m)



## **10. Explosión por fuga en los tubos del recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios.**

En este caso se considera una explosión equivalente a cierta masa de TNT generada por la liberación instantánea del volumen del contenedor. De acuerdo con lo prescrito por la guía de la SEMARNAT, se considera un factor de rendimiento de 10%. Los resultados de la simulación son los siguientes.

### UNCONFINED VAPOR CLOUD EXPLOSION (TNT) MODEL

#### INPUT DATA

Selected substance: Propane  
Heat of combustion: 46332999.02 J/kg  
Mass of flammable vapor in cloud: 21870.0 kg  
Yield factor (percent): 10.0

#### RESULTS

Equivalent TNT mass: 21643.0 kg

#### CALCULATED OVERPRESSURES AT SPECIFIED DISTANCES

Specified Distance m	Surface Explosion Overpressure atm(g)	Free-Air Explosion Overpressure atm(g)
50.000	4.231	3.072
100.000	0.858	0.625
150.000	0.426	0.257
200.000	0.274	0.174
250.000	0.195	0.136
300.000	0.147	0.113
350.000	0.116	0.097
400.000	0.095	0.084
450.000	0.079	0.075
500.000	0.068	0.067

#### CALCULATED DISTANCES AT SPECIFIED OVERPRESSURES

Specified Overpressure atm(g)	Surface Explosion Distance m	Free-Air Explosion Distance m
0.034	822.894	963.609
0.068	497.126	491.406
0.136	316.104	250.599

La distancia para 1 psi de sobrepresión (zona de peligro) es de 497 m. Para la sobrepresión de 0.5 psi (zona de amortiguamiento) la distancia es de 823 m. Estos radios de afectación se muestran en la Figura 2-10 y el Plano 10 del Anexo de Planos.

La zona de peligro alcanza un área similar a la que genera el BLEVE, por lo que se considera una categoría de consecuencia 1A, esto es la posibilidad de más de 10 fatalidades.

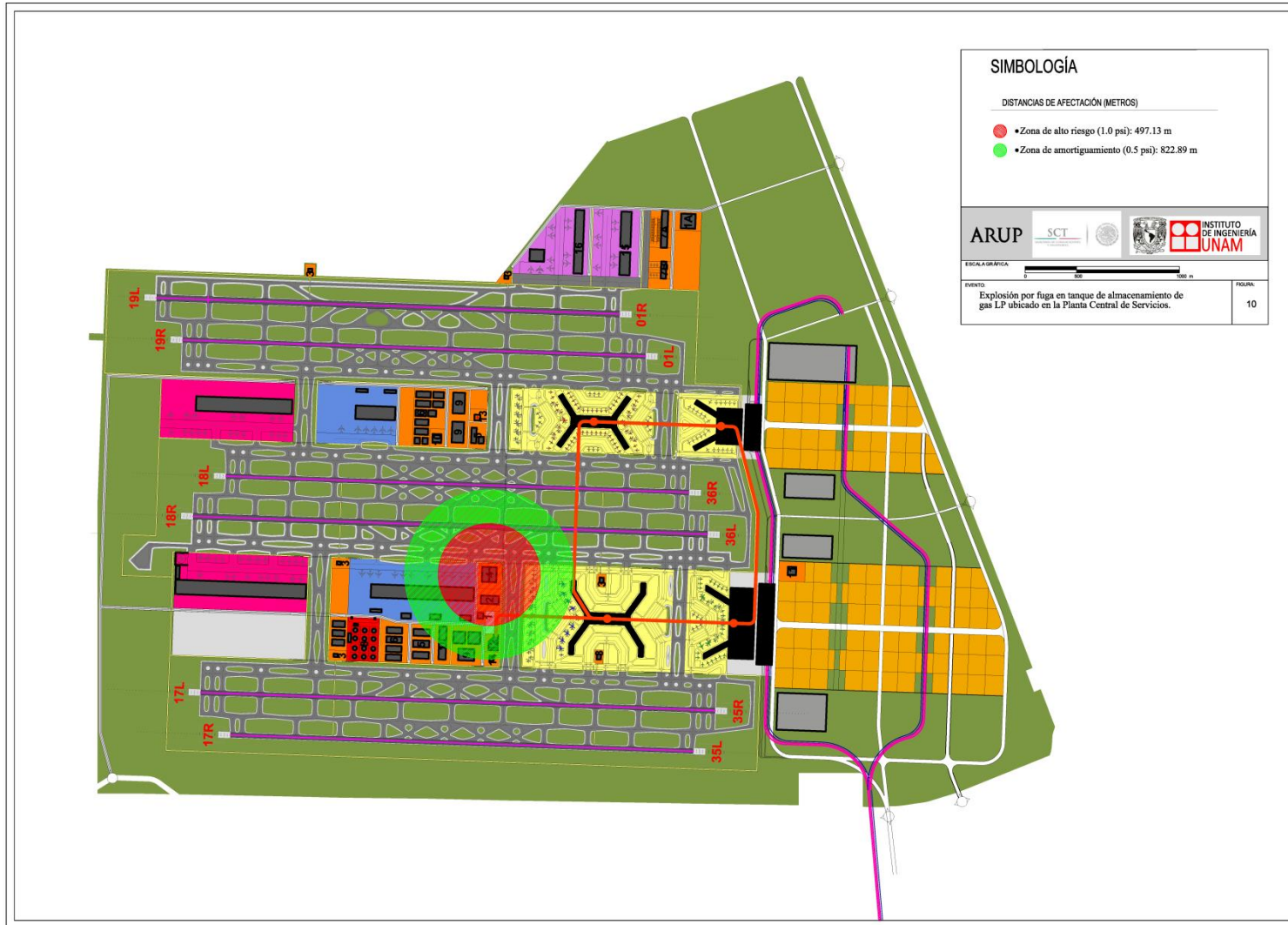


Figura 2-10 Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP. El área roja delimita la zona de alto riesgo de 1.0 psi (497 m) y la verde la de amortiguamiento de 0.5 psi (823 m)

Al igual que para el caso anterior de análisis del BLEVE, la presencia de otros recipientes de gas LP implica la posibilidad de un efecto dominó en caso de ocurrencia de explosión de uno de los tanques. Sin embargo, como se anotó en el caso anterior, la zona de peligro alcanza un área similar a la que genera el BLEVE (casi 0.5 y 1 km), y por las mismas razones expuestas para el caso del BLEVE, las distancias de alto riesgo y amortiguamiento de aproximadamente 497 y 823 m respectivamente, estarían igualmente representadas por los círculos plasmados en la Figura 2-10 y el Plano 10, ya que dichas distancias de afectación desplazarían su centro a una distancia equivalente a la de separación del tanque aledaño de gas LP, misma que sería despreciable comparada con el propio radio de las zonas de afectación, ya que la ocurrencia de una explosión en el tanque aledaño no sería simultánea, sino que se presentaría posteriormente al primero, y así sucesivamente.

De acuerdo con lo anterior, aun cuando existe la posibilidad de efecto dominó para este caso, el área de afectación sería prácticamente la misma que se presenta para uno de los tanques de gas LP. Los resultados de las simulaciones de los eventos del anteproyecto del NAICM se incluyen en la Tabla 2-1.

**Tabla 2-1 Resultados de las simulaciones del anteproyecto del NAICM**

No. Evento	Descripción	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
1	Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 14" de suministro a los tanques de almacenamiento	103.50	153.68
2	Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de 14" de suministro de turbosina a los tanques de almacenamiento	120.11	175.42
3	Incendio de charco en el dique de contención de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles por falla catastrófica del tanque	253.40	386.31
4	Incendio confinado al techo de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles ocasionado por la caída de un rayo en la parte superior del tanque	121.49	188.12
5	Incendio no confinado que ocurre en el interior del dique de contención por derrame por sobrellenado de un tanque de almacenamiento de turbosina	120.11	175.42
6	Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes	134.10	182.12
7	Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de turbosina de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes	247.83	344.17
8	Incendio no confinado por derrame de turbosina en plataforma, por falla de conexión en el hidrante o manguera de 6" de alimentación	35.16	45.99
9	Expansión explosiva del vapor de líquido en ebullición (BLEVE) en recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios	515.37	973.97
10	Explosión por fuga en los tubos del recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios	497.13	822.89

En el Anexo de Planos se incluyen los planos que contienen la extensión de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento de cada una de las simulaciones realizadas.



## 2.2 INTERACCIONES DE RIESGO

A partir de los resultados obtenidos de los radios potenciales de afectación de las simulaciones, se realizó un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo del NAICM, considerando la posibilidad de un efecto dominó, de acuerdo con los radios potenciales de afectación.

De los riesgos identificados, se tiene que todos los escenarios simulados obtenidos del análisis de consecuencias indican que las principales afectaciones potenciales ocurrirían en el interior de las instalaciones del NAICM, por lo que no se prevén repercusiones importantes a la población o infraestructura ubicada fuera del límite de propiedad del NAICM. Las interacciones de riesgo que se presentan en las instalaciones se describen en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2 Interacción de los eventos de riesgo del NAICM**

<b>Evento de riesgo</b>	<b>Distancia de afectación o zona de alto riesgo (m)</b>	<b>Interacciones de riesgo</b>	<b>Efectos</b>
BLEVE del tanque de almacenamiento de gas LP	515.37 (bola de fuego)	Potencial interacción con tanques de almacenamiento de diésel y tanques de gas LP aledaños en Planta Central de Servicios (CUP).	Possible efecto dominó por cercanía con tanques aledaños de gas LP y diésel. Daños potenciales a los trabajadores de la CUP. Potencial afectación a infraestructura aeroportuaria: eléctrico, contra incendio (CUP). Posibles daños a equipos, tuberías, estructuras, áreas y servicios del NAICM. No hay población en el radio de afectación. No hay efectos a la población e instalaciones externas por efectos de radiación. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM. Posibilidad de que los cilindros involucrados se conviertan en proyectiles que impacten zonas fuera del aeropuerto.
Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP (ignición retardada)	497.13 (onda de sobrepresión)	Potencial interacción con tanques de almacenamiento de diésel y tanques de gas LP aledaños en Planta Central de Servicios (CUP).	Possible efecto dominó por cercanía con tanques aledaños de gas LP y diésel. Daños potenciales a los trabajadores de la CUP. Potencial afectación a infraestructura aeroportuaria: eléctrico, contra incendio (CUP). Posibles daños a equipos, tuberías, estructuras, áreas y servicios del NAICM. No hay población en el radio de afectación. No hay efectos a la población e instalaciones externas. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM.





Evento de riesgo	Distancia de afectación o zona de alto riesgo (m)	Interacciones de riesgo	Efectos
Escenarios de incendio de charco en zona de diques	253, 121 y 120 (incendio)	Potencial interacción con los tanques de almacenamiento de turbosina adyacentes	La radiación térmica ocasionada por un incendio de turbosina derivado del colapso de un tanque de almacenamiento, no provocaría el colapso de los tanques contiguos por la distancia de diseño plasmada en el anteproyecto del NAICM, aún en el remoto caso de falla de los sistemas de enfriamiento de las paredes de dichos tanques. Daños potenciales a los trabajadores presentes en el área de la granja de tanques. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM.
Derrame de turbosina en hidrantes de alimentación en plataforma con ignición inmediata	35.16 (incendio)	Potencial interacción con alimentación de turbosina a otras aeronaves.	Daños potenciales a los trabajadores, la población y las aeronaves. Aun cuando la distancia es pequeña en comparación con los otros eventos, las consecuencias potenciales (pérdida de vidas humanas) lo hace digno de establecer salvaguardas redundantes. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM.

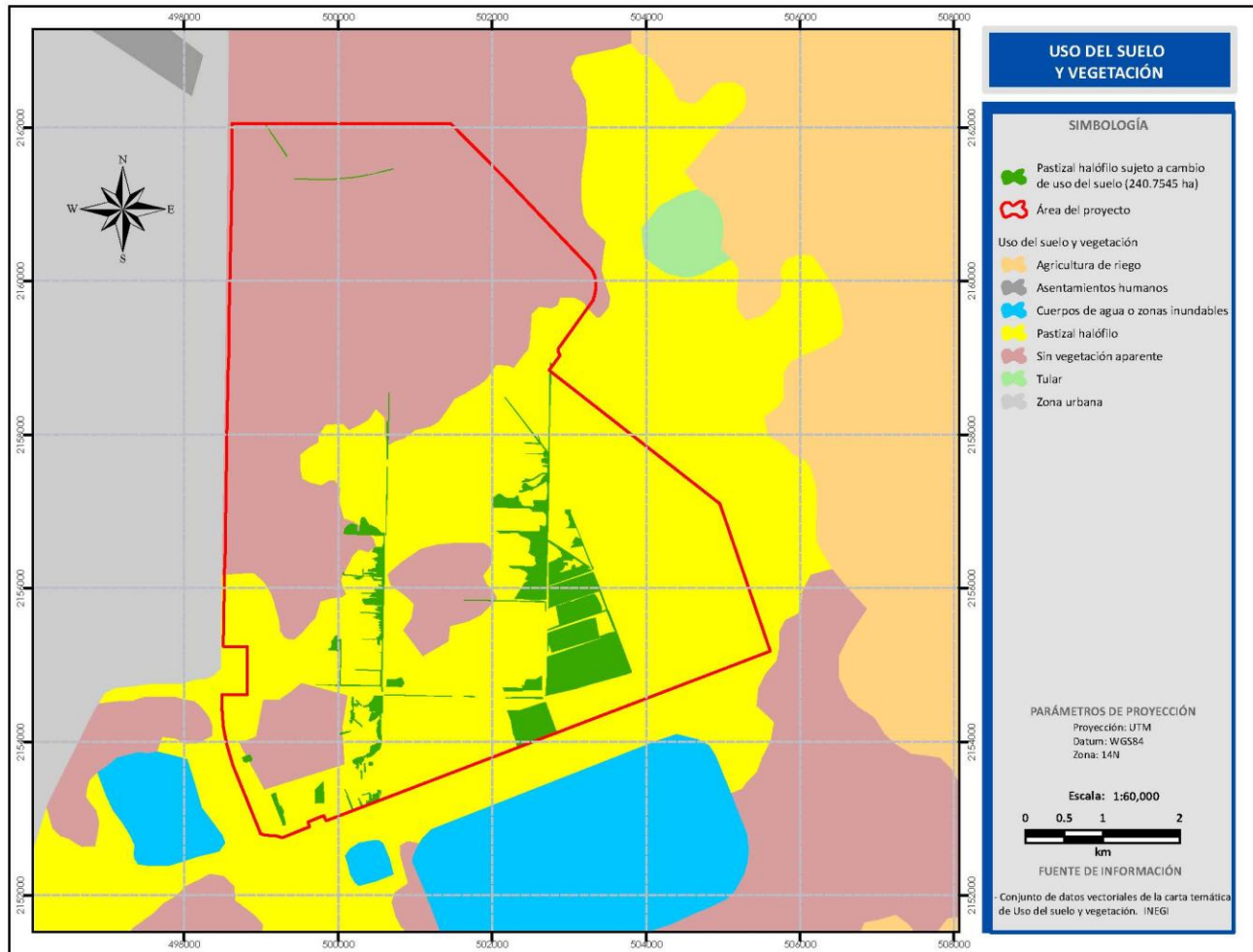
### 2.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

En este apartado se realiza un análisis con la información que se presentó en la fase de caracterización ambiental, que incluye aspectos relevantes del medio biótico (flora y fauna silvestre) y abiótico (relieve y unidades geológicas) tanto en el predio del proyecto del NAICM como del área de estudio, con el propósito de determinar el grado de conservación y/o deterioro, así como los factores que han incidido en la degradación del ecosistema.

Para determinar el uso de suelo y tipo de vegetación en la poligonal del proyecto, se realizó un recorrido en toda la poligonal con la finalidad de identificar los tipos de vegetación presentes en el área del proyecto del NAICM. En el recorrido de campo se pudieron diferenciar dos estratos de vegetación: vegetación arbórea-arbustiva de *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla*, y pastizal halófilo, con base en estos tipos de vegetación se planteó un muestreo estratificado y un muestreo sistemático para cada uno de los estratos.

La poligonal del proyecto tiene una superficie de 4 431.15 hectáreas, en la que se detectaron dos principales formaciones de vegetación: vegetación arbórea-arbustiva de *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla*, y pastizal halófilo, en el que sobresalen *Distichlis spicata* (pasto salado), *Sporobolus pyramidatus* (liendrilla o cola de zorro) y *Paspalum virgatum* (cebadilla) como las especies dominantes, producto de los programas de reforestación y pastización gubernamentales en conjunto con el desarrollo natural de esa misma vegetación.

En la Figura 2-11 se aprecia el mapa de usos de suelo y vegetación en el predio del proyecto del NAICM.



**Figura 2-11 Usos de suelo y vegetación en el predio del NAICM**

Los programas de reforestación y pastización propiciaron que la agricultura y acuacultura, que habían sido durante mucho tiempo la actividad principal en localidades como Atenco y Texcoco, hayan venido decayendo, razón por la cual las extensiones sin cubierta vegetal se han ampliado.

Adicionalmente, los suelos del lecho del ex lago de Texcoco poseen propiedades físicas adversas para el desarrollo de los cultivos.

La contaminación acústica que actualmente padecen las colonias aledañas al AICM, será eliminada con un escenario del proyecto, si bien es cierto, las actividades del NAICM también producirán niveles de ruido incluso mayores a las actuales debido a la magnitud y densidad de tráfico aéreo esperada, se ha demostrado que la población afectada será sustancialmente



menor a la que padece los estragos de esta forma de contaminación. No obstante lo anterior, se deberán proponer medidas consistentes en barreras para mitigar este impacto, las cuales serían imposibles en el escenario actual para el AICM.

Con relación a otras formas de contaminación, otro componente sobre el que se incide es el atmosférico. La emisión de partículas suspendidas mayores a 10 micras que históricamente se generan desde zona del vaso del ex Lago de Texcoco, como consecuencia las características del suelo y la incidencia de vientos, se verá mitigada en cierta medida, ya que la mayor parte de la obra civil del proyecto se realiza en terrenos erosionados de la zona, al igual que se contemplan actividades de forestación para evitar las grandes tolvaneras que incrementan los niveles de contaminación en la zona oriente del Valle de México, sobre todo en época de estiaje cuando la humedad ambiental está en sus niveles más bajos.

Conforme a la descripción realizada en la Manifestación de Impacto Ambiental de los componentes ambientales del sistema en sus aspectos natural y socioeconómico, es un hecho que dicha estructura será modificada sustancialmente por una obra de la magnitud del proyecto NAICM, tomándola en el contexto global de su influencia regional.

Por lo anterior, el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México es un proyecto de desarrollo que apuntalaría el proceso de crecimiento social y económico en condiciones de sustentabilidad, siempre y cuando lleve implícito medidas que ofrezcan los menores impactos y costos ambientales, y potencialice los beneficios constituyendo así una estrategia de revalorización ecológica y social para un área que, debido a sus particulares condiciones, presenta aceleradas tendencias de deterioro ambiental.

La construcción de un nuevo aeropuerto en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es una inversión clave para la infraestructura y para la generación de puestos de trabajo y oportunidades económicas en general. Su objetivo es crear valor a corto, mediano y largo plazo para el país, mediante la maximización de los flujos de ingresos de aviación y asegurarse de que haya un balance equitativo entre beneficios económicos e impactos sociales y ambientales.

En materia de riesgo ambiental, los factores del medio natural que podrían verse afectados por algún evento riesgoso si se llegase a presentar son el suelo y el agua subterránea en caso de potenciales derrames en el manejo y almacenamiento de turbosina, y la calidad del aire en caso de incendios propiciados por un mal manejo de las sustancias inflamables empleadas en el NAICM. Dado que desde su concepción el NAICM se considera un proyecto sustentable, se ha incluido la instalación de diques de contención, suelos de concreto, así como sistemas de drenajes disgregados a fin de prevenir, o en su caso controlar, cualquier eventual derrame de turbosina que se pudiese presentar en la instalación.

Por último, el factor humano es el que se podría ver afectado en caso de ocurrencia de un evento no deseable relacionado con una explosión o una BLEVE de un cilindro de gas LP que se tiene considerado emplear en la Planta Central de Servicios. Ambos aspectos es factible que sean controlados, mitigados o atenuados con la instalación de salvaguardas y la capacitación del personal responsable en el manejo del gas LP.



# **3 SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL**



Hoja dejada en blanco intencionalmente



## CAPÍTULO 3: SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

### 3.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

A continuación se presentan las recomendaciones técnico-operativas resultantes de la aplicación del análisis de riesgos mediante las técnicas *What If?* y LOPA realizado en la sección 1.4 para la identificación de los riesgos del anteproyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM).

- Considerar la posibilidad de sustituir el empleo de gas LP por gas natural, que también está considerado para ser utilizado en el NAICM. El gas natural podría presentar ventajas en comparación con el gas LP, principalmente que se evitaría el almacenamiento y con ello la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado, como una BLEVE.
- Otorgar al personal de la entidad (ASA) cursos de capacitación y adiestramiento en el uso y manejo de sustancias inflamables y combustibles.
- Elaborar procedimientos específicos para el uso y manejo de sustancias inflamables y combustibles.
- Realizar un programa anual de simulacros para los diferentes eventos considerados en el presente estudio de riesgo.
- Incluir en el programa de mantenimiento el sistema de filtrado de turbosina.
- Actualizar la identificación y evaluación de los riesgos del NAICM con base en la ingeniería básica y de detalle, así como los diagramas de flujo de proceso (DFP's) y diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) del proyecto definitivo.
- Actualizar el programa para la prevención de accidentes (PPA) a partir de la actualización del estudio de riesgo.

#### a) Recomendaciones generales:

- En el programa de mantenimiento, incluir pruebas de integridad mecánica en el equipo de procesos y tuberías de acuerdo a la norma NOM-028-STPS-2004, Organización del trabajo-Seguridad en los procesos de sustancias químicas.
- Elaborar programa de medición del sistema de tierras físicas y pararrayos de acuerdo a la norma NOM-022-STPS-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo. Condiciones de seguridad.
- Tramitar la autorización de los recipientes sujetos a presión de acuerdo a la norma NOM-020-STPS-2002 Recipientes sujetos a presión y calderas - Funcionamiento. Condiciones de seguridad.
- Identificar los depósitos, recipientes y áreas que contengan sustancias químicas peligrosas, con el señalamiento que se establece en la norma NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- Ubicar las señales de seguridad e higiene de tal manera que puedan ser observadas e interpretadas por los trabajadores a los que están destinadas, evitando que sean

obstruidas o que la eficacia de éstas sea disminuida por la saturación de avisos diferentes a la prevención de riesgos de trabajo, de acuerdo a la norma NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

- Elaborar procedimientos de trabajo peligroso para trabajos en altura, espacios confinados, soldadura, condiciones térmicas extremas, que incluya las medidas de seguridad y formatos de análisis del trabajo por parte del personal de operación, mantenimiento y seguridad.
- Elaborar un Plan de Respuesta a Emergencias que incluya los eventos naturales o emergencias posibles por el manejo de sustancias peligrosas (incluir procedimientos de terremotos, sismos, condiciones meteorológicas adversas, terrorismo, explosión, fugas, etc.).

### **3.1.1 Sistemas de seguridad**

El programa general de seguridad del NAICM se basa en el cumplimiento de los códigos internacionales de construcción y códigos relacionados que se listan en el Anexo 1. Se recomienda usar los diseños de sistema propuestos en casos en donde estos esfuerzos puedan beneficiar al proyecto al proporcionarle flexibilidad para: (1) cumplir con las metas arquitectónicas del propietario, (2) solucionar los problemas prácticos como la desconexión inherente entre el acceso y la seguridad, o (3) proporcionar soluciones más rentables.

Los objetivos del diseño de seguridad del proyecto deben dar como resultado un aeropuerto que opere de manera segura y protegida para los pasajeros, el personal, los empleados y la comunidad local. La implementación de estos objetivos debe incluir lo siguiente:

- Seguridad física: Esto incluirá cercas perimetrales, barreras y puntos de control para vehículos y peatones.
  - Seguridad electrónica: Esto incluirá un monitoreo de las alarmas de control de acceso, sistemas de video-vigilancia y de detección de intrusos en el perímetro.
  - Revisión de seguridad: Esto incluirá la revisión a los pasajeros, a los bienes y al cargamento antes de ingresar a la zona estéril.
  - Monitoreo de seguridad: Esto incluirá un centro de operaciones de seguridad primarias y secundarias, el cual fungirá como el punto central de monitoreo y de gestión de los sistemas de seguridad.
- **Programa del sistema de seguridad**

A continuación se describen conceptos clave de seguridad del sitio para el NAICM.

#### 1) Sistema de monitoreo de alarmas de control de acceso

El sistema de monitoreo de alarmas de control de acceso se usará para monitorear y controlar el acceso entre las zonas de seguridad del aeropuerto. El sistema permitirá un monitoreo centralizado e integración con los diversos sistemas de control de seguridad del



aeropuerto. El sistema se configurará para que pueda expandirse de acuerdo con el plan maestro general para la ampliación del aeropuerto.

El uso de sistemas electrónicos para el control del acceso es reconocido por la Administración de Seguridad de Transportes (TSA, por sus siglas en inglés) y por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) como el método de preferencia para controlar y restringir el acceso a las zonas estériles y al área de operaciones.

## 2) Sistema de video-vigilancia

El sistema de video-vigilancia se usará para apoyar al sistema de monitoreo de alarmas de control de acceso para vigilar visualmente los puntos críticos de control en la terminal. Además, este sistema se usará para complementar las operaciones de aviación al proporcionar vigilancia del área de operaciones aéreas y de operaciones de control de rampa.

El uso del sistema de video-vigilancia es reconocido por la TSA y por la OACI como un método para proporcionar una vigilancia de seguridad y realizar un análisis de respuesta a las alarmas. El sistema de video-vigilancia está respaldado por el personal de seguridad en las respuestas de alarmas.

## 3) Sistema de detección de intrusos en el perímetro

El sistema de detección de intrusos en el perímetro se usará para detectar el ingreso no autorizado de individuos al área segura. Este sistema interactuará con el sistema de monitoreo de alarmas del control de acceso y con el sistema de video-vigilancia para la respuesta a alarmas. Se elegirá un sistema de detección de intrusos en el perímetro según la configuración final del perímetro y del aeropuerto.

## 4) Revisión de seguridad

El objetivo del operador es realizar una revisión al 100% de todos los individuos que pidan acceso a las zonas estériles y seguras.

La revisión de pasajeros para encontrar objetos prohibidos se llevará a cabo en los puntos de inspección. Los individuos que soliciten acceso a la zona estéril tendrán que pasar su equipaje por un escáner de inspección de objetos. Se inspeccionará a los individuos con el uso de un escáner de tecnología de imagen avanzada de cuerpo completo. Esta medida es reconocida por la TSA y por la OACI como un método aprobado para la inspección de pasajeros.

El equipaje documentado se inspeccionará para buscar objetos prohibidos a través de un sistema de inspección de equipaje documentado. El sistema de inspección de equipaje documentado consiste de un sistema de revisión de varios niveles, de clasificación y de decisión según el objeto sospechoso que se haya detectado. La revisión de varios niveles proporciona el nivel de procesamiento requerido para un sistema de escaneo de equipaje en





línea. Esta medida es reconocida por la TSA y la OACI como el método aprobado para inspeccionar el equipaje documentado.

La inspección de cargamento/bienes se realizará en una ubicación de procesamiento en donde un equipo de inspección de tamaño tarima revisará cargamento/bienes en búsqueda de objetos prohibidos. La TSA y la OACI no proporcionan una guía específica sobre cómo completar el proceso de inspección de cargamento/bienes hacia la zona de operaciones. Debido a que este aeropuerto es nuevo, es recomendable el uso de la tecnología como el método recomendado de inspección para buscar objetos prohibidos.

#### 5) Sistema de bardas perimetrales

El sistema de barreras perimetrales definirá el perímetro entre las áreas públicas y las áreas seguras. Este sistema puede estar formado por diferentes barreras, incluyendo cercas, paredes de mampostería y barreras para el control de vehículos. En donde el índice de colisiones sea un asunto de preocupación, se elegirá un tipo de sistema de barreras que cumpla con el perfil de amenazas del área del perímetro. Esta medida es reconocida por la TSA y la OACI como el método aprobado para el sistema de barreras perimetrales.

- **Sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO)**

El sistema de cierre de emergencia de combustible de las instalaciones de almacenamiento estará separado pero interconectado con el sistema de abastecimiento de turbosina para las aeronaves.

Se instalará una estación de cierre de emergencia de combustible en cada compuerta de contactos de aeronaves y en cada plataforma de estacionamiento; asimismo se instalarán estaciones en la recepción del ducto de combustible de Pemex, en la estación de descarga de camiones de combustible, en la estación de bombeo y en toda la zona de los tanques de almacenamiento de combustible.

Los componentes del sistema de cierre de emergencia de combustible serán los componentes del sistema de alarma contra incendios, incluyendo lo siguiente:

- Panel de control EFSO con contactos auxiliares secos y marcadores automáticos de varias líneas.
- La estación de accionamiento del sistema de cierre de emergencia de combustible clasificada para exteriores con cubierta resistente a la intemperie y botón de bloqueo que permanecerán en la posición accionada hasta que sea desbloqueado con la llave para reiniciar.
- Estación de cierre de emergencia de combustible clasificada para exteriores de luz estroboscópica y bocina.
- Un módulo de identidad para identificar la estación de cierre de emergencia de combustible que ha sido activada.
- Alambre y cables del sistema de alarma contra incendios.

- Módulo de comunicación para interconectar el sistema de cierre de emergencia de combustible a un sistema PLC que cerrará las válvulas de aislamiento del sistema de abastecimiento de combustible para aislar la compuerta en las proximidades de la estación de la activación.
- Diversos componentes adicionales específicos del fabricante, necesarios para el sistema.

La activación de la estación del sistema de cierre de emergencia de combustible hará que ocurra lo siguiente:

- Activará la bocina y la luz estroboscópica de la estación de cierre de emergencia de combustible.
- Envía una señal codificada única para el panel de alarma.
- Los contactos secos cambiarán de posición (abierto o cerrado) para cambiar un enlace de cableado al controlador del motor de la estación de bombeo asociada para detener el flujo de combustible.
- Módulo de comunicación del sistema de cierre de emergencia de combustible conectado con el sistema PLC del sistema de abastecimiento de combustible, que señalará las válvulas de aislamiento que se cerrarán para aislar la sección afectada del principal sistema de abastecimiento de combustible.
- El marcador automático del panel de control del sistema de cierre de emergencia de combustible deberá llamar a la estación de bomberos, policía, director de operaciones y personal del aeropuerto capacitado.
- El sistema PLC del sistema de cierre de emergencia de combustible, hará que las válvulas de aislamiento en las bóvedas de las válvulas de aislamiento adyacentes se cierren.

### **3.1.2 Medidas preventivas**

A continuación se indican las medidas preventivas orientadas a la reducción de la probabilidad de ocurrencia de los eventos riesgosos identificados en el anteproyecto del NAICM.

#### **a) Dispositivos para determinar la dirección del viento.**

El centro de trabajo contará con dispositivos para determinar la dirección del viento y estará instalado en puntos estratégicos visibles.

#### **b) Extintores.**

La instalación de los extintores portátiles y carretilla de polvo químico seco (PQS) y portátiles de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), deberán colocarse distribuidos estratégicamente en el NAICM, de acuerdo con las especificaciones indicadas en la norma NOM-002-STPS-2000.

Los equipos deberán presentar identificación, fechas de última inspección y recarga, estar en buenas condiciones físicas exteriores, tanto en el cuerpo como en sus accesorios, altura

máxima de instalación, distancias entre ellos, señalización y libres de obstáculos para su acceso.

### **c) Equipo de detección de fuego y mezclas explosivas.**

De acuerdo al punto 5.12 de la norma NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo, el NAICM debe contar con detectores de incendio acordes al grado de riesgo de incendio en las distintas áreas del centro de trabajo, para advertir al personal que se produjo un incendio o que se presentó alguna otra emergencia.

El sistema de detección de incendio incluye tableros de control de fuego principal y local, detector de calor, detectores de humo estaciones manuales y alarmas.

Además el personal estará capacitado en el manejo de explosímetros manuales y se realizarán verificaciones en el área de acondicionamiento de gas LP y gas natural.

### **d) Sistema contra incendio.**

De acuerdo al punto 5.4 de la norma NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo, el NAICM debe contar con equipos contra incendio, de acuerdo al grado de riesgo de incendio, a la clase de fuego que se pueda presentar en el centro de trabajo y a las cantidades de materiales en almacén y en proceso.

El sistema contra incendio incluye sistemas de distribución sobre suelo o en trincheras alimentando hidrantes, sistemas de supresión basada en gas CO<sub>2</sub>, bombas contra incendio y extintores contra incendio portátiles.

- Servicios de rescate y extinción de incendios (SREI)

La OACI establece los requisitos generales para los servicios de rescate y extinción de incendios (SREI) en el Anexo 14 Volumen 1, Capítulo 9, Sección 9.2 y en el Doc. 9137-AN/898 Parte 1. Ahí se detalla el número y la capacidad de los vehículos necesarios que deben ser proporcionados en el aeropuerto con base en el tamaño de los aviones más grandes, lo que se puede utilizar para saber el tamaño de las instalaciones necesarias para albergar a estos vehículos. Ya que el NAICM dará servicio a aviones Código F, éste debe cumplir con los requisitos de un aeropuerto de categoría 10.

La ubicación de las instalaciones SREI debe cumplir con los tiempos de respuesta mínimos en cualquier parte de las áreas de movimiento. La recomendación de la OACI es de 2 minutos para el primer vehículo con capacidad de entregar el 50% de la descarga requerida y 3 minutos para los demás vehículos. Suponiendo que la velocidad del vehículo sea de 60 km/h, la distancia máxima del recorrido es de 2 000 m para un tiempo de respuesta de 2 minutos y 3 000 m para 3 minutos.



El número y capacidad de los vehículos de extinción de incendios también se definen por la OACI. El tamaño de las estaciones de bomberos se determina por el número de vehículos que serán alojados en cada una. Debido a la distribución de los vehículos en el aeródromo y para lograr los tiempos de respuesta requeridos, serán necesarias instalaciones de diferentes tamaños. El uso de estacionamientos para vehículos de bomberos y de bahías de servicio simplificará las operaciones y el acceso para los vehículos y esta se debe considerar como una buena práctica.

Además de la cantidad necesaria de vehículos de bomberos, se pueden necesitar otros vehículos como vehículos de mando de emergencia, vehículos de apoyo, vehículos de acceso al interior de aviones, unidades de ventilación móviles, vehículos de intervención rápida y ambulancias.

Para poder proporcionar los volúmenes de agua y espuma requeridas y dentro de los tiempos de respuesta, el tamaño de las estaciones SREI y el número de vehículos necesarios para cada estación, será algo muy importante que es necesario definir. Se debe realizar un estudio completo antes del diseño final y de la decisión de las dimensiones de las estaciones, que investigue los tiempos de respuesta de cada estación SREI a los límites del área del aeropuerto; también se debe tomar en cuenta el desempeño y confiabilidad de los vehículos de SREI en el aeropuerto.

#### **e) Equipo de protección personal de emergencia.**

El centro de trabajo deberá cumplir con la norma NOM-005-STPS-1998, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, donde en el punto 5.9 indica proporcionar el equipo de protección personal, conforme al estudio para analizar el riesgo potencial y a lo establecido en la NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal, selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

El centro de trabajo deberá contar para la atención de emergencias con el equipo básico y especial que requiere el personal de bomberos; asimismo la empresa deberá proporcionar ropa de trabajo y lentes de seguridad a los trabajadores, con base al trabajo que realizan. El NAICM contará con trajes de bombero completos y equipos de respiración autónoma cada uno con su tanque de aire comprimido.

#### **f) Instalaciones de atención médica y equipo de primeros auxilios.**

El centro de trabajo deberá cumplir con la norma NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, donde en el punto 5.6 indica que con base en los resultados del estudio para analizar el riesgo potencial, debe contar con un manual de primeros auxilios en el cual se deben definir los medicamentos y materiales de curación que requiere el centro de trabajo y los procedimientos para la atención de emergencias médicas; se puede tomar como referencia la guía de referencia que se incluye al final de la norma mencionada.



El NAICM deberá contar con botiquines de primeros auxilios distribuidos en las terminales estratégicamente. Durante una emergencia o en caso de un accidente, los médicos adscritos y/o los integrantes de brigada están designados para dar los primeros auxilios al personal afectado.

#### **g) Sistema de tierras físicas.**

Las instalaciones deberán cumplir con la norma NOM-022-STPS-1999, Electricidad estática en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad e higiene, donde en el apartado 5.5 indica que deben instalar en su caso, elementos de captura, sistemas de tierras, sistemas de pararrayos, equipos y dispositivos para proteger al centro de trabajo de la acumulación de cargas eléctricas estáticas y descargas eléctricas atmosféricas, principalmente en la Planta Central de Servicios.

En el punto 5.6 de la norma indica medir y registrar, al menos cada doce meses, los valores de resistencia de la red de tierras y la continuidad en los puntos de conexión a tierra en el equipo que pueda generar o almacenar electricidad estática, por lo que se recomienda se dé seguimiento a dicha evaluación.

#### **h) Medición de espesores en tubería y equipos.**

El centro de trabajo deberá cumplir con el punto 5.3 de la norma NOM-028-STPS-2004 Organización del Trabajo - Seguridad en los procesos de sustancias químicas, referente a la integridad mecánica de las instalaciones relacionadas con el manejo y almacenamiento de turbosina y gas LP.

El centro de trabajo verificará la condición física de las tuberías y equipos para detectar la integridad mecánica, determinar la vida útil y cuándo es necesaria la sustitución parcial o total de los mismos; con el fin de prevenir riesgos y de programar con oportunidad los cambios necesarios, para así acortar los períodos de reparación y prolongar las corridas operacionales.

#### **i) Sistemas y equipos de comunicación.**

El centro de trabajo deberá contar con radios portátiles con un alcance de 50 km, con frecuencias privadas, para uso del personal de las áreas de seguridad, operación y mantenimiento con cobertura a la red telefónica comercial e interna, interfonos, así como de fax y correo electrónico.

Para la comunicación de cualquier contingencia que pudiese ocurrir en tránsito, la comunicación puede establecerse por vía telefónica o radial hacia el exterior. Para informar o solicitar apoyo se dispone del directorio de los cuerpos de auxilio institucional y privado, como son Policía Municipal, Cuerpo de Bomberos, Protección Civil y Cruz Roja, entre otros.



## **j) Programa de Prevención de Accidentes (PPA).**

El NAICM deberá cumplir con el Título Cuarto, Capítulo V, Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, donde indica el cumplimiento del Programa de Prevención de Accidentes.

Los objetivos del Programa de Prevención de Accidentes son los siguientes:

- Evitar que los accidentes provocados por la realización de actividades altamente riesgosas (AAR), alcance el nivel de desastre.
- Propiciar que quienes realicen actividades de riesgo, comunidad y empresas aledañas, así como autoridades locales, desarrollen una conciencia de alerta continua ante cualquier contingencia ocasionada por la liberación de sustancias inflamables.
- Propiciar un ambiente de seguridad para los usuarios y el personal que labore en el NAICM.
- Contar con planes, procedimientos, recursos y programas para dar respuesta a cualquier contingencia ocasionada por el manejo de las sustancias inflamables.
- Contar con planes procedimientos, recursos y programas para dar atención a cualquier situación de desastres ocasionados por la liberación de sustancias inflamables.
- Establecer los mecanismos de comunicación, coordinación y concentración de acciones para incrementar adecuadamente el PPA en las cercanías del NAICM.

## **k) Programa de Seguridad.**

El área de seguridad de la organización realizará inspecciones periódicas (diarias, semanales, quincenales, mensuales y anuales) de los equipos y sistemas de seguridad y prevención con la finalidad de detectar oportunamente desviaciones para su atención.

## **l) Capacitación y pláticas de seguridad al personal.**

El NAICM deberá cumplir con la norma NOM-002-STPS-2000, referente a las condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo, donde en su apartado 5.8 indica que deben proporcionar a todos los trabajadores capacitación y adiestramiento para la prevención y protección de incendios, y combate de conatos de incendio; así como con la norma NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, donde en su apartado 5.13 indica capacitar y adiestrar a los trabajadores en el Programa Específico de Seguridad e Higiene para el Manejo, Transporte y Almacenamiento de Sustancias Químicas Peligrosas, y el apartado 5.16 indica comunicar a los trabajadores los riesgos a los que estén expuestos.

Es importante capacitar y adiestrar a los trabajadores para que comprendan la complejidad de los diversos equipos de protección personal, emergencias, así como las rutas de evacuación, que hacer y cómo actuar en caso de un siniestro.



Los cursos de capacitación se planean y programan anualmente de acuerdo a las necesidades y a partir de sus evaluaciones de desempeño. Es importante señalar que todos los cursos de capacitación que serán impartidos, ya sea por personal externo o interno, deberán quedar registrados en documentos con las firmas de los participantes y expositores. Asimismo, se contará con un programa de capacitación del personal en la aplicación de los procedimientos específicos de cada área (operación, seguridad y mantenimiento) con los que cuenta la instalación para el desarrollo de las actividades.

También darán difusión a la información de seguridad como son normas, procedimientos y reglamentaciones, así como las formas correctas del uso del equipo de protección personal, con el objeto de evitar que se produzcan accidentes por el desconocimiento de dicha información.

Además deberán entrenar al personal en los conocimientos teórico-prácticos básicos de la utilización oportuna y eficiente de los sistemas contra incendio, así como las formas correctas del uso de equipo de protección personal, con la finalidad de prevenir la iniciación de un fuego o controlar, apagar un incendio y controlar una fuga de gas LP o un derrame de turbosina.

#### **m) Simulacros operacionales.**

Con el objeto de entrenar al personal operativo se llevarán a cabo simulacros operacionales para que su respuesta sea oportuna y segura en situaciones de emergencia.

#### **n) Simulacros de emergencia.**

El NAICM deberá entrenar al personal mediante su participación directa en simulacros de emergencias, para detectar y evaluar las fallas que pueden presentarse durante los simulacros contra incendio; asegurar que los equipos, materiales y sistemas que sean esenciales para el combate de un incendio, se encuentren en las mejores condiciones de conservación y operación que aseguren su uso inmediato; mantenga familiarizado con la ubicación de puntos de reunión, de instalaciones y equipos del centro de trabajo, ponga en práctica en forma simulada las acciones que debe llevar a cabo en un hecho real, de tal manera que las conozca completamente.

#### **o) Brigadas de emergencia.**

El NAICM deberá cumplir con la norma NOM-002-STPS-2000, referente a las condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo, donde en su apartado 5.10 indica que se deben organizar y capacitar brigadas de evacuación del personal y de atención de primeros auxilios. En los centros de trabajo donde se cuente con más de una brigada, debe haber una persona responsable de coordinar las actividades de las brigadas.

En el centro de trabajo se deberán establecer procedimientos e instrucciones para atender emergencias en términos generales, sin especificar quienes intervienen en la misma. La



empresa contará con niveles dentro de su organización y formará brigadas contra incendios, evacuación, búsqueda y rescate y primeros auxilios.

#### **p) Programa de mantenimiento.**

El centro de trabajo deberá cumplir con el punto 12.2 de la norma NOM-028-STPS-2004 Organización del Trabajo-Seguridad en los procesos de sustancias químicas, referente a que debe contar con un programa de mantenimiento preventivo que incluya todo el equipo crítico relacionado con el proceso usando los procedimientos correspondientes.

El mantenimiento preventivo que se implantará en el centro de trabajo considerará la totalidad de las instalaciones y equipos mecánicos, eléctricos, electrónicos y neumáticos estáticos y dinámicos, líneas, instrumentación, obras civiles y de servicios, parque vehicular, sistema contra incendio y de seguridad física de la instalación. Basará su funcionamiento en el llamado catálogo de planes, mediante la emisión programada de órdenes de trabajo, en las que se detallan las actividades a realizar en cada tipo de servicio, ya sea mensual, bimestral, trimestral, semestral o anual. Las órdenes de trabajo emitidas incluyen espacios para el reporte de los trabajos realizados, materiales utilizados y tiempos empleados en su ejecución, así como los nombres y firmas de las personas que intervienen en dichas actividades. Esta información se alimentará a la base de datos del sistema, de tal manera que se vaya creando el historial de cada una de las instalaciones y equipos, lo que finalmente llevará a la implantación de un sistema de mantenimiento predictivo, que evitará en el futuro los paros no programados por fallas imprevistas de los sistemas.

El sistema de control computarizado del mantenimiento permitirá un rápido acceso a la información requerida; asimismo puede verificarse la actualización de los archivos consultados. Para la realización de los trabajos, es requisito de seguridad elaborar y obtener la autorización de un “permiso de trabajo”, en el que se hace un análisis de la tarea para determinar los riesgos en su ejecución. Durante la ejecución de los trabajos se realizarán inspecciones para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad solicitados.

El mantenimiento preventivo mayor a obras civiles e instalaciones fijas podrá ser realizado por empresas contratadas para tal fin; estas tareas incluyen pintura y señalización de vialidades, calafateo de juntas de expansión en los pisos de tránsito pesado, limpieza de áreas, mantenimiento de áreas verdes, entre otras.

La aplicación y ejecución sistemática de los programas de mantenimiento preventivo permitirá una óptima conservación de las instalaciones. Las líneas de conducción de productos estarán protegidas con pinturas anticorrosivas, soportadas y sujetas de acuerdo a normas y códigos, con la señalización respectiva en materia de identificación, dirección de flujo, código de colores y en su instalación reflejan lo indicado en planos.

La aplicación y ejecución sistemática del programa de mantenimiento preventivo permitirá una óptima conservación de las instalaciones.





## q) Clasificación de áreas de riesgo eléctrico.

El diseño de las instalaciones eléctricas en el centro de trabajo deberá cumplir con la norma NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas (utilización) Capítulo 5 apartado 4.5 ambientes especiales.

En las líneas de conducción de turbosina, gas LP y gas natural, el NAICM contará con el sistema EFSO, con válvulas de corte y control que operan remotamente, por lo que, con los sistemas de control que se instaurarán en caso de que se diera un posible evento no deseado, los radios de afectación (zona de riesgo) quedarán contenidos dentro del predio del NAICM.

### 3.1.2.1 Programa de mantenimiento

El centro de trabajo cumplirá con el punto 12.2 de la norma NOM-028-STPS-2004, Organización del Trabajo - Seguridad en los procesos de sustancias químicas, referente a contar con un programa de mantenimiento preventivo que incluya todo el equipo crítico relacionado con el proceso, usando los procedimientos correspondientes.

El mantenimiento preventivo que se implantará en el NAICM incluye la totalidad de las instalaciones y equipos mecánicos, eléctricos, electrónicos y neumáticos estáticos y dinámicos, líneas, instrumentación, obras civiles y de servicios, sistema contra incendio y de seguridad física de la instalación. Basará su funcionamiento en el llamado catálogo de planes, mediante la emisión programada de órdenes de trabajo, en las que se detallan las actividades a realizar en cada tipo de servicio, ya sea mensual, bimestral, trimestral, semestral o anual. Las órdenes de trabajo emitidas incluyen espacios para el reporte de los trabajos realizados, materiales utilizados y tiempos empleados en su ejecución, así como los nombres y firmas de las personas que intervienen en dichas actividades. Esta información es alimentada a la base de datos del sistema, de tal manera que se creará el historial de cada una de las instalaciones y equipos, lo que finalmente llevará a la implantación de un sistema de mantenimiento predictivo, que evitará en el futuro los paros no programados por fallas imprevistas de los sistemas.

El sistema de control computarizado del mantenimiento permite un rápido acceso a la información requerida. Para la realización de los trabajos, es requisito de seguridad elaborar y obtener la autorización de un “permiso de trabajo”, en el que se hace un análisis de la tarea para determinar los riesgos en su ejecución. Durante la ejecución de los trabajos se realizan inspecciones para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad solicitados.

La aplicación y ejecución sistemática de los programas de mantenimiento preventivo permitirá una óptima conservación de las instalaciones. Las tuberías, uniones y accesorios estarán protegidas con pinturas anticorrosivas, soportadas y sujetas de acuerdo a normas y códigos, con la señalización respectiva en materia de identificación, dirección de flujo, código de colores y en su instalación reflejan lo indicado en planos.

### 3.1.2.2 *Medidas preventivas*

#### a) **Sistema de protección contra incendios.**

El sistema de protección contra incendios protege al personal y a los equipos contra incendios, proporciona una fuente inmediata de agua contra incendios en todas las áreas del NAICM y un medio para la detección y extinción de incendios en áreas críticas. El sistema de protección contra incendios se ha diseñado para proporcionar capacidad integral de lucha contra incendios a todas las áreas de la terminal, para los riesgos de incendio en cada área. El sistema de protección contra incendios utiliza los siguientes métodos de protección:

- Rociadores de tubería húmeda para el edificio de depósito y mantenimiento, las oficinas de la administración y la caseta de las bombas contra incendio.
- Puestos de mangueras / conexiones siamesas localizadas en los edificios y alrededor de ellos, con largos de manguera suficientes para llegar a las áreas cercanas. Puestos de monitoreo montados sobre hidrantes.
- Sistemas de rociadores de diluvio que se localizarán en los transformadores elevador de tensión, auxiliar y de aislamiento de los turbogeneradores, el transformador elevador de tensión del turbogenerador a vapor, el equipo de aceite lubricante, la unidad de aceite de sellos del área debajo del generador de vapor en la Planta Central de Servicios.
- Hidrantes localizados alrededor del circuito de agua contra incendio que abarca el perímetro y el interior de la terminal.
- Extintores contra incendio portátiles localizados en toda la terminal para combatir pequeños focos de incendio.
- Tablero de protección contra incendios, que opera conjuntamente con los detectores de humo y calor.

#### b) **Cuarto de control (instrumentación)**

El diseño del cuarto de control del NAICM deberá considerar conceptos ergonómicos con el fin de disminuir la incidencia de fallas humanas.

El sistema de control contempla un alto grado de disponibilidad, ya que considera conceptos de redundancia, partición o distribución de funciones, autodiagnóstico, así como la posibilidad de sustituir o reconfigurar componentes en línea. Serán redundantes aquellos componentes críticos del sistema, tales como controladores, bases de datos, interfases de comunicación, fuentes de alimentación, mediciones de variables críticas y estaciones de operación.

La instalación contempla todos los sistemas de instrumentación y control necesarios para la operación segura y automática de toda la terminal, incluyendo ingeniería, equipo, accesorios, instalación, software y programación, licencias de uso de software, pruebas, documentación y capacitación de sistema de control distribuido, control maestro y sistema de transmisión de datos.

El sistema de control distribuido incluye:

- Estaciones de operación, estaciones de pantalla simple (o de doble pantalla) en el cuarto de control central.
- Estación de programación (pantalla, teclado, ratón, procesador, memorias, impresora).
- Insertos con instrumentación de emergencia.

El tablero del sistema de control distribuido deberá ser funcional y visto de cualquier punto y deberá incluir cabina, módulos analógicos y digitales, módulos del procesador, módulos de comunicación, estaciones de operador (que se encuentra en la sala del cuarto de control principal) y conexiones con los módulos del hardware del equipo.

Los elementos finales de control incluyen: actuadores, válvulas de control, posicionadores, reguladores auto-operados, accesorios de instalación, válvulas de seguridad y alivio.

La instrumentación local está integrada por indicadores de presión, indicadores de presión diferencial, puntos de prueba de presión, indicadores de temperatura, termopozos de prueba, columnas de nivel, indicadores de nivel tipo regleta, mirillas de flujo, rotámetros (indicadores de flujo), válvulas solenoides y controladores (reguladores) locales.

Los sistemas de control de equipos paquete cuentan con equipo y programación de medición, regulación, secuencias de arranque y paro, interfases con el operador, señalización al sistema de control distribuido.

### **c) Equipo e instalaciones contra fugas, derrames y de contención.**

La contención de derrames y otras descargas accidentales de combustible son de vital importancia en el NAICM. Las regulaciones federales, estatales y locales generalmente dictan el tipo de instalaciones y de materiales necesarios para cumplir con dichas normas. Lo anterior incluye:

- Pavimento de concreto, bordos de contención (diques) y otras infraestructuras de control de derrames en las estaciones de carga y descarga de camiones;
- Depósitos de doble pared, en los que la pared exterior sirve como contención secundaria, o diques de contención alrededor de los tanques de una sola pared;
- Sistemas de tuberías subterráneas de doble pared con sistemas de detección de fugas;
- Separadores de aceite y agua que se instalan como parte del sistema de drenaje de aguas pluviales del área de almacenamiento de combustible para separar el aceite en escorrentías de aguas pluviales. Todos los flujos necesitarán pasar por estos dispositivos antes de la recolección en el sistema de drenaje pluvial.

Todos los tanques de almacenamiento de combustible en el área deben contar con un sistema de contención de derrames diseñado y construido conforme a la norma NFPA 30 y a los códigos y normas locales.

Los tanques de almacenamiento de turbosina que cumplen con la API 650 deben tener un sistema de contención que consiste en paredes de contención de concreto de aproximadamente 1,83 metros de alto como máximo, y piso de concreto con recubrimiento de membrana elastomérica debajo del piso. El sistema de contención deberá estar diseñado considerando el asentamiento del área de contención y el asentamiento diferencial entre las cimentaciones de tanque con soporte de pilotes y el sistema de contención con piso y membrana. Cada área contenida deberá tener una entrada para válvulas de drenaje pluvial conectadas al sistema de residuos industriales de las instalaciones de combustible a granel.

El sistema de revestimiento elastomérico consistirá de un revestimiento elastomérico, un forro de tela protectora por debajo y por encima de la membrana elastomérica para protegerla del desgaste y de perforaciones causadas por el suelo y la grava. El revestimiento elastomérico deberá sujetarse al muro circular del tanque con sellos elastoméricos, listones de acero inoxidable, pernos epoxi para anclaje, arandelas y tuercas. Si el asentamiento diferencial se vuelve excesivo para la montura del revestimiento al muro, entonces pueden agregarse extensiones de membrana para aliviar la tensión en la membrana existente.

El área de contención constará de diques de concreto intermedios de 0,915 metros, según los requisitos de la norma NFPA 30, para minimizar los derrames causados por trasvase de un tanque a otro (por consideraciones relacionadas con incendios).

#### **d) Equipo de protección personal de emergencia.**

El personal de las brigadas contará para la atención de emergencias con el siguiente equipo de seguridad:

- Cascos.
- Calzado.
- Trajes contra incendio.
- Guantes.
- Cascos de bombero.
- Monogafas.
- Arnés.
- Botas contra incendio.
- Equipo de respiración autónomo.
- Equipo de respiración inducido.
- Equipos completos de bomberos.

#### **e) Sistema de tierras físicas y sistema pararrayos.**

El NAICM instalará un sistema de tierras integrado por un conjunto de conductores, electrodos, accesorios y otros elementos que interconectados eficazmente entre sí, tienen por objeto conectar a tierra elementos que pueden generar o acumular electricidad estática.

El NAICM contará con un sistema de pararrayos, el cual consiste en dispositivos para recibir, coleccionar o desviar las descargas eléctricas atmosféricas a tierra.

## **f) Rutas de evacuación y puntos de reunión**

Los puntos de reunión se establecerán considerando que las rutas de evacuación no deben encontrarse en la dirección de los vientos dominantes. La terminal contará con letreros de señalización de rutas de evacuación distribuidas estratégicamente en toda la instalación y existirán múltiples puntos de reunión.

### **3.1.2.3 Programa de seguridad e inspección**

El área de seguridad industrial del NAICM deberá realizar inspecciones periódicas (diarias, semanales, quincenales, mensuales y anuales) de los equipos y sistemas de seguridad y prevención con la finalidad de detectar oportunamente desviaciones para su atención. El Programa de Actividades de Seguridad contempla las siguientes inspecciones:

- **Grupo 1.- Actividades dirigidas al hombre (inspecciones preventivas de riesgo).**
  - a) Condiciones de riesgo. El objetivo es detectar y corregir efectivamente las condiciones de riesgo en todas las áreas o sectores del aeropuerto, para lograr que los trabajos derivados de las inspecciones sean efectuados oportunamente.
  - b) Establecer los períodos de la revisión y prueba del equipo de protección personal fijo, con la finalidad de mantenerlo en óptimas condiciones de servicio (incluir revisión y conservación de equipo de protección personal fijo). Inspeccionar regaderas de emergencias y botiquines de primeros auxilios y equipos de aire respirable.
  - c) Capacitación. Dar difusión a la información de seguridad como normas, procedimientos y reglamentaciones, así como las formas correctas del uso del equipo de protección personal, con el objeto de evitar que se produzcan accidentes por el desconocimiento de dicha información (incluir uso correcto de equipo básico de seguridad (casco, lentes, entre otros) para empleados y contratistas, análisis de seguridad del trabajo para empleados y contratistas.
  - d) Simulacros operacionales. El objetivo es entrenar al personal operativo para que su respuesta sea oportuna y segura en situaciones de emergencia.
  - e) Pláticas y prácticas contra incendio. El objetivo es entrenar al personal del SREI en los conocimientos teórico-prácticos básicos de la utilización oportuna y eficiente de los sistemas contra incendio, así como las formas correctas del uso de equipo de protección personal, con la finalidad de prevenir la iniciación de un fuego o controlar y apagar un incendio.
  - f) Simulacros contra incendio. El objetivo es entrenar al personal del NAICM mediante su participación directa en simulaciones de emergencias, detectar y evaluar las fallas que pueden presentarse durante los simulacros contra incendio, Asegurar que los equipos, materiales y sistemas que sean esenciales para el combate de un incendio, se encuentren en las mejores condiciones de conservación y operación que aseguren su

uso inmediato, mantenga familiarizado con la ubicación de puntos de reunión, de instalaciones y equipos del centro de trabajo, ponga en práctica en forma simulada las acciones que debe llevar a cabo en un hecho real, de tal manera que las conozca completamente.

- g) Programar y realizar campañas de seguridad, que sirvan para mejorar las condiciones de seguridad en el centro de trabajo (incluir uso de ropa de trabajo y equipo de protección personal, aplicación de reglamentos y procedimientos de seguridad, abatimiento de los índices de accidentabilidad.

• **Grupo II.- Actividades dirigidas a las instalaciones.**

- a) Revisión de los tanques de almacenamiento, tuberías y equipos: El objetivo es verificar la condición física de los tanques, tuberías y equipos para determinar si es necesaria la sustitución parcial o total de los mismos; con el fin de prevenir riesgos y de programar con oportunidad los cambios necesarios, para así acortar los periodos de reparación y prolongar las corridas operacionales.
- b) Verificar que los sistemas de drenaje no tengan obstrucciones y que posean capacidad para desalojar productos o aportaciones de agua en casos de emergencia, sin presentar zonas de inundación.

• **Grupo 3.- Actividades dirigidas a los dispositivos o sistemas que deben operar en casos de emergencia.**

El objetivo consiste en que los sistemas de protección estén completos y operables, y que alarmen, disparen e interactúen con los procesos, operando en sus valores de calibración correctos, para proteger equipos e instalaciones en caso de descontroles en los procesos operativos.

Revisión y calibración de válvulas de seguridad - relevo. Lograr que estos dispositivos operen eficientemente cuando ocurran incrementos de presión en los sistemas de tuberías y equipos por descontroles operacionales o emergencias.

• **Grupo 4.- Actividades dirigidas a los equipos e instalaciones contra incendio. Revisión y conservación de equipo e instalaciones contra incendio estén en condiciones de uso y que su localización sea la apropiada.**

- a) Inspección y verificación de los extintores de polvo químico seco y CO<sub>2</sub> existentes en las diferentes áreas.
- b) Revisión y conservación de equipo y sistemas fijos contra incendio. Que los sistemas fijos contra incendio empleados como protección en las instalaciones operativas, almacenamiento, estén en condiciones de uso y sin limitaciones, para que funcionen correctamente en caso de emergencia. Incluir las siguientes actividades:

- Sistema de detección de humo y fuego.
- Inspecciones de válvulas de corte verificando si no están pegadas, su estado físico, si el vástago está limpio y debidamente lubricado, y si se encontró en la posición requerida que generalmente es la posición abierta de las válvulas de corte.
- Inspección y revisión de los hidrantes.
- Inspección y revisión de los monitores.
- Llevar a cabo pruebas semanales de las bombas contra incendio.
- Llevar a cabo pruebas de comportamiento de las bombas contra incendio.
- Inspección a sistema de aspersión.
- Pruebas de funcionamiento, mantenimiento a sistema de aspersión.

- **Administración de la integridad de los ductos**

Para la administración de la integridad de los ductos de turbosina del NAICM, conforme lo establece la Norma Oficial Mexicana NOM-027-SESH-2010, se deberán identificar los peligros potenciales que les sean aplicables, con base en los tipos previstos de defectos y modos de falla, así como otros peligros potenciales que se hayan observado durante esta etapa. Los peligros potenciales se pueden agrupar en nueve categorías, de acuerdo a su naturaleza y características de crecimiento, los cuales se incluyen en la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1 Categorías y peligros potenciales a considerar en la administración de la integridad de los ductos de turbosina del NAICM**

No.	Categoría	Peligro potencial
1	Corrosión externa	Corrosión exterior
2	Corrosión interna	Corrosión interior
3	Agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC)	Agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC)
4	Defectos de fabricación	Costura defectuosa Metal base defectuoso
5	Construcción	Soldadura circunferencial defectuosa Falla por alineamiento Doblez por flexión o pandeo
6	Equipo	Falla de los empaques o anillos tipo O Componente rayado o roto Mal funcionamiento del equipo de control o relevo Falla del sello / bomba
7	Daño por terceros	Falla instantánea / inmediata Modo de falla retardado Vandalismo Impacto de objetos arrojados sobre el ducto
8	Operaciones incorrectas	Procedimientos de operación incorrectos o no aplicados
9	Clima y fuerzas externas	Tormentas eléctricas Viento, tormentas o inundaciones Sismos Deslaves Huracanes Erosión Deslizamiento

### **3.1.2.4 Medidas de contingencias**

#### **a) Recolección de aguas residuales.**

Para la recolección de aguas residuales, se tendrán diferentes efluentes de aguas residuales:

- Aguas residuales sanitarias: Se enviarán a una planta de tratamiento de aguas residuales sanitarias; el agua ya tratada será utilizada para el riego de áreas verdes.
- Aguas aceitosas: Las aguas aceitosas pasarán por un separador de grasas y aceites, un conjunto de fosas de captación, después por una decantación con un sistema de arrastre de la fase aceitosa que se dispondrá como residuo, cumpliendo con la normatividad ambiental.

Cada zona de diques en el parque de combustible tendrá una cuenca de drenaje con una válvula de cierre normal en la entrada de la respectiva tubería de drenaje. La tubería de drenaje se debe conectar al sistema de desechos industriales. Se abrirá la válvula de descarga del foso de sumidero sólo si no hay ninguna indicación visible de hidrocarburos en la superficie del agua de lluvia contenida. Si se detectan cantidades importantes de hidrocarburos, esto debe corregirse eliminando la mayor cantidad de líquidos de hidrocarburos como sea posible antes de que se libere el agua contenida hacia el sistema de desechos industriales.

La descarga de los separadores de aceite-agua deberá conectarse con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Para grandes cantidades de turbosina en la contención de derrames, la turbosina se deberá extraer mediante un camión vaciador que se utiliza para sacar turbosina y agua de los pits de hidrantes y de las bóvedas de válvulas.

#### **b) Programa de Prevención de Accidentes**

El NAICM contará con un Programa de Prevención de Accidentes (PPA). Los objetivos del PPA son:

- Evitar que los accidentes provocados por la realización de actividades altamente riesgosas (AAR), alcancen niveles de desastre.
- Propiciar que quienes realicen actividades de riesgo, comunidad y empresas aledañas, así como autoridades locales, desarrollen una conciencia de alerta continua ante cualquier contingencia ocasionada por la liberación de sustancias peligrosas.
- Propiciar un ambiente de seguridad en la comunidad y empresas aledañas a una actividad de alto riesgo.
- Contar con planes, procedimientos, recursos y programas para dar respuesta a cualquier contingencia ocasionada por el manejo de las sustancias peligrosas.
- Contar con planes procedimientos, recursos y programas para dar atención a cualquier situación de emergencia ocasionada por la liberación de sustancias peligrosas.





- Establecer los mecanismos de comunicación, coordinación y concentración de acciones para incrementar adecuadamente el PPA en la localidad.
- Que las industrias de alto riesgo difundan en la localidad la información relacionada con las actividades que desarrollan y los riesgos que estas representan para la población, sus bienes y el ambiente, así como los planes, procedimientos y programas con los que se cuenta, para disminuir y controlar dichos riesgos, enfrentar cualquier contingencia y atender desastres provocados por la liberación accidental de sustancias peligrosas.

El Programa de Prevención de Accidentes estará basado en la guía publicada por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Revisión 04), e incluirá los siguientes puntos:

I. Datos generales del establecimiento o instalación, del representante legal de la empresa y del responsable de la elaboración del programa para la prevención de accidentes.

I.1 Establecimiento o instalación.

I.1.1 Nombre o razón social.

I.1.2 Actividad principal productiva del establecimiento.

I.1.3 Clave mexicana de actividades productivas (CMAP) de INEGI.

I.1.4 Código ambiental.

I.1.5 Domicilio del establecimiento o instalación.

I.1.6 Nombre y cargo del representante legal o datos del registro único de personas acreditadas.

I.1.7 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.

I.2 Responsable de la información contenida en el programa para la prevención de accidentes.

I.2.1 Puesto o cargo dentro de la organización de la empresa.

II. Descripción del entorno del establecimiento o instalación donde se desarrollan las actividades altamente riesgosas.

II.1 Descripción de las características físicas del entorno.

II.2 Descripción de las características socio-económicas.

II.3 Infraestructura, servicios de apoyo y zonas vulnerables.

III. Materiales peligrosos manejados y zonas potenciales de afectación.

III.1 Listado de materiales peligrosos.

III.2 Descripción de los procesos productivos.

III.3 Eventos detectados en el estudio de riesgo ambiental.

IV. Identificación de medidas preventivas para controlar, mitigar o eliminar las consecuencias y reducir su probabilidad.

IV.1 Sistemas de seguridad.

IV.2 Medidas preventivas.

V. Programa de actividades a realizar derivadas del estudio de riesgo ambiental presentado por el establecimiento o instalación.

VI. Plan de respuesta de emergencias.

VI.1 Procedimientos específicos para la respuesta a los posibles eventos de riesgo identificados dentro de la instalación.

VII. Directorio de la estructura funcional para la respuesta a emergencias.



VII.1 Directorio de la estructura funcional para la instrumentación del plan de respuesta a emergencias al interior y exterior de las instalaciones.

VIII. Plan para revertir los efectos de las liberaciones potenciales de los materiales peligrosos, en las personas y en el ambiente (cuerpos de agua, flora, fauna, suelo).

VIII.1 Métodos de limpieza y/o descontaminación en el interior y exterior de la planta.

IX. Cumplimiento de la normatividad en materia de seguridad, prevención y atención de emergencias emitidas por las dependencias del gobierno federal que conforman la comisión, en términos del artículo 147 de la LGEEPA.

X. Plan de respuesta a emergencias químicas nivel externo.

X.1 Identificación de grupos o instituciones de apoyo.

X.2 Procedimientos específicos para la respuesta a emergencias cuando el nivel de afectación rebasa los límites de propiedad de la instalación.

X.3 Inventario de equipo y servicios con que se cuenta para la atención de emergencias.

X.4 Principales vialidades identificadas para el ingreso de grupo de ayuda externa.

XI. Comunicación de riesgos.

XI.1 Procedimientos específicos para la comunicación de riesgos.

XI.2 Procedimientos para el desarrollo de simulacros con la población aledaña.

XI.3 Programa de simulacros.

**c) Plan para revertir los efectos de las liberaciones potenciales de materiales peligrosos en las personas y en el ambiente (cuerpos de agua, flora, fauna, suelo).**

El Plan deberá reducir o eliminar los riesgos de exposición por contacto con los agentes químicos durante el desarrollo a retorno a condiciones normales. El Plan incluirá los siguientes aspectos:

- Controlar la emergencia, nombrar a un grupo especialista para efectuar la evaluación de pérdidas, control y recuperación de daños originados por la emergencia.
- Determinar los alcances de los daños y pérdidas ocasionados e informar a la máxima autoridad del NAICM.
- Recibir y revisar la documentación enviada por las áreas afectadas considerando los aspectos siguientes:
  - Cuantificación estimada de los daños materiales y al ambiente.
  - Dictamen técnico del siniestro, elaborado por un grupo de investigación de incidentes, en el que se indiquen las causas que le dieron origen.
  - Reporte meteorológico.
  - Relación de bienes dañados.
  - Denuncias, demandas o actuaciones ante autoridades.
  - Contar con equipo para la atención a la emergencia, limpieza y remoción de escombros.
  - Contar con mano de obra, materiales, refacciones y equipo.
  - Reclamaciones presentadas por terceros.

En caso de contaminación se deberán realizar las siguientes acciones:

- Cuando exista una contaminación evidente con un material conocido.
- Cuando se sospecha que hay contaminación con un material conocido.
- Exista aunque sea muy baja probabilidad de exposición a una sustancia mortal en el área bajo riesgo.
- Se deberá evitar la dispersión del contaminante bajo cualquier circunstancia.
- Deberá de proteger el ambiente.
- En un evento destructivo que involucre materiales peligrosos pueden contaminarse las personas, los equipos, las instalaciones y el ambiente.
- El propósito de la descontaminación es minimizar los riesgos de afectación a la salud de los involucrados, el ambiente y la propiedad; con motivo de la exposición a sustancias químicas por efectos de la emergencia o de las acciones para su control.
  
- Tipos de descontaminación:
  - a) Específica: Cuando el material está completamente identificado y se tienen procedimientos específicos de descontaminación y se cuenta con los medios para hacerlo.
  - b) General: Algunas veces es necesario descontaminar al personal sin haber identificado plenamente el material o cuando no se conoce el método de descontaminación específica o no se cuenta con los materiales para realizarla. En este caso deben aplicarse métodos generales debido a los niveles de descontaminación.
  
- Niveles de contaminación:
  - a) Nivel 1: Se aplicará cuando es probable que hubiera existido una contaminación, pero no se sabe con certeza.
  - b) Nivel 2: Se aplicará cuando se sabe que ocurrió una contaminación de campo, pero no hay evidencias de que haya habido contacto con la piel y además no hay irritación aparente, puede ser únicamente la ropa.
  - c) Nivel 3: Se aplicará cuando se sabe que hubo contaminación y es evidente que hubo contacto con la piel, pues hay irritación.
  
- Acciones para la descontaminación en campo:
  - a) Fase previa: Establecer el área de descontaminación.
  - b) Localización: Es el límite del área contaminada y con acceso restringido. Mantener una distancia mínima de 10 metros entre el área de descontaminación y el derrame. El área de descontaminación se encuentra en la zona tibia y el corredor de la zona caliente hasta la zona tibia operacional.



- c) Señalamiento: Identificar claramente los límites del área de descontaminación. Colocar manga indicadora de viento. Disponer de aires autónomos. Contar con contenedores para el agua. Si antes de que se establezca el área de descontaminación alguna persona requiere descontaminarse inmediatamente.

En caso de una contaminación de suelo, se deberá contar con un Procedimiento Especifico Operativo para la atención de contingencias por derrame y cuyos objetivos son los siguientes:

- Atender oportunamente las contingencias por derrames de productos químicos que se presenten durante las operaciones en instalaciones y equipos que operen en el centro de trabajo.
- Cumplir con los compromisos derivados de las leyes y normas ambientales mexicanas.

Con la finalidad de determinar la reducción en la frecuencia (probabilidad de ocurrencia) de los eventos riesgosos identificados en el NAICM con la aplicación de las medidas de seguridad descritas en esta sección, en la Tabla 3-2 se incluye el análisis en la reducción de las frecuencias considerando la metodología LOPA (*Layer of Protection Analysis*). En el Anexo 2 se ilustra de manera detallada el análisis de reducción de la probabilidad de ocurrencia de cada evento analizado.



**Tabla 3-2 Reducción de la frecuencia (probabilidad de ocurrencia) de los eventos riesgosos identificados en el NAICM con la aplicación de las medidas de seguridad**

<b>Evento</b>	<b>Frecuencia evento iniciador (eventos/año) (*)</b>	<b>Modificadores condicionales (probabilidad de ocurrencia) (*)</b>	<b>Frecuencia de consecuencia no mitigada</b>	<b>Medidas de seguridad (probabilidad de falla en demanda) (*)</b>	<b>Frecuencia final mitigada</b>
Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 14" de suministro a los tanques de almacenamiento	$2 \times 10^{-3}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (0.03)</li> <li>• Personal en área afectada (0.1)</li> <li>• Fatalidad / daño (0.3)</li> </ul>	$1.8 \times 10^{-6}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de control de proceso (0.1)</li> <li>• Sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO) (0.1)</li> </ul>	$1.8 \times 10^{-8}$
Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de 14" de suministro de turbosina a los tanques de almacenamiento	$1 \times 10^{-5}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (0.03)</li> <li>• Personal en área afectada (0.1)</li> <li>• Fatalidad / daño (0.3)</li> </ul>	$9 \times 10^{-9}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de control de proceso (0.1)</li> <li>• Sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO) (0.1)</li> </ul>	$9 \times 10^{-11}$
Incendio de charco en el dique de contención de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles por falla catastrófica del tanque	$3.6 \times 10^{-7}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (0.03)</li> <li>• Personal en área afectada (0.1)</li> <li>• Fatalidad / daño (0.5)</li> </ul>	$5.4 \times 10^{-10}$	La frecuencia no mitigada es 7 órdenes de magnitud menor que el criterio de tolerancia, por lo que no se requieren barreras de protección adicionales	$5.4 \times 10^{-10}$
Incendio confinado al techo de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles ocasionado por la caída de un rayo en la parte superior del tanque	$1 \times 10^{-3}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (1)</li> <li>• Personal en área afectada (0.1)</li> <li>• Fatalidad / daño (0.1)</li> </ul>	$1 \times 10^{-5}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema sub-superficial de inyección de espuma (0.01)</li> <li>• Sistema de pararrayos (0.001)</li> </ul>	$1 \times 10^{-10}$
Incendio no confinado que ocurre en el interior del dique de contención por derrame por sobrellenado de un tanque de almacenamiento de turbosina	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (0.03)</li> <li>• Personal en área afectada (0.1)</li> <li>• Fatalidad / daño (0.01)</li> </ul>	$3 \times 10^{-5}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición y control de nivel con cierre de válvulas (0.1)</li> </ul>	$3 \times 10^{-6}$
Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes	$2 \times 10^{-3}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (0.03)</li> <li>• Personal en área afectada (0.1)</li> <li>• Fatalidad / daño (0.3)</li> </ul>	$1.8 \times 10^{-6}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de control de proceso (0.1)</li> <li>• Sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO) (0.1)</li> </ul>	$1.8 \times 10^{-8}$



<b>Evento</b>	<b>Frecuencia evento iniciador (eventos/año) (*)</b>	<b>Modificadores condicionales (probabilidad de ocurrencia) (*)</b>	<b>Frecuencia de consecuencia no mitigada</b>	<b>Medidas de seguridad (probabilidad de falla en demanda) (*)</b>	<b>Frecuencia final mitigada</b>
Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de turbosina de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes	$1 \times 10^{-5}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (0.03)</li> <li>• Personal en área afectada (0.1)</li> <li>• Fatalidad / daño (0.3)</li> </ul>	$9 \times 10^{-9}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de control de proceso (0.1)</li> <li>• Sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO) (0.1)</li> </ul>	$9 \times 10^{-11}$
Incendio no confinado por derrame de turbosina en plataforma, por falla de conexión en el hidrante o manguera de 6" de alimentación	$1 \times 10^{-2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (0.03)</li> <li>• Personal en área afectada (1)</li> <li>• Fatalidad / daño (0.5)</li> </ul>	$1.5 \times 10^{-4}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO) (0.1)</li> <li>• Control tipo hombre muerto (deadman's control) (0.1)</li> <li>• Cable de seguridad (lanyard) (0.1)</li> </ul>	$1.5 \times 10^{-7}$
Expansión explosiva del vapor de líquido en ebullición (BLEVE) en recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios	$1 \times 10^{-5}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (1)</li> <li>• Personal en área afectada (1)</li> <li>• Fatalidad / daño (0.5)</li> </ul>	$5 \times 10^{-6}$	La frecuencia no mitigada es menor que el criterio de tolerancia, por lo que no se requieren barreras de protección adicionales	$5 \times 10^{-6}$
Explosión por fuga en los tubos del recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios	$1 \times 10^{-3}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignición (0.5)</li> <li>• Personal en área afectada (1)</li> <li>• Fatalidad /daño (0.5)</li> </ul>	$2.5 \times 10^{-4}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvula interna automática de emergencia para aislamiento de en los puntos de llenado y descarga del tanque (0.01)</li> </ul>	$2.5 \times 10^{-6}$

(\*) Las probabilidades de falla y de ocurrencia de los eventos analizados se obtuvieron de las siguientes fuentes:

1. Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments. Health Safety Executive, U.K., June 2012.
2. FM Global. Property Loss Prevention Data Sheets. Liquefied Petroleum Gas (LPG) Storage in Stationary Installations. October 2013. FMDS0755.
3. Ignition Probabilities. Risk Assessment Data Directory. International Association of Oil and Gas Producers. Report No. 434 – 6.1. March 2010.
4. Necci, A., *et al.* Accident Scenarios Caused by Lightning Impact on Atmospheric Storage Tanks. Chemical Engineering Transactions, Vol. 32, pp 139-144, 2013.
5. Guidelines for Process Equipment Reliability Data. CCPS 1989. AIChE, NY.



Hoja dejada en blanco intencionalmente



## **4 RESUMEN**





Hoja dejada en blanco intencionalmente



## CAPÍTULO 4: RESUMEN

### 4.1 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) ha desarrollado un Plan Maestro que incluye el anteproyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM). Analizando la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) para pasajeros en el AICM en diversos períodos y las proyecciones de demanda, sin restricción en infraestructura, permite asumir que el AICM puede saturarse a partir del 2014 o 2015, inclusive antes si el crecimiento reportado para el período 2010-2012 se mantiene con dicha tasa elevada para los próximos años por la recuperación del mercado.

El NAICM será construido en un terreno de aproximadamente 4 431 hectáreas ubicadas al este de la ciudad, y aproximadamente a 14 kilómetros al este del AICM existente. El sitio está limitado al norte por el Depósito de Evaporación Solar "El Caracol", al sur por la carretera Peñón Texcoco, al este por tierras de cultivo, y al oeste por áreas urbanizadas de las delegaciones Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza, así como del municipio de Ecatepec de Morelos.

Todas las instalaciones y operaciones existentes en el AICM serán trasladadas y replicadas al Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. El nuevo aeropuerto deberá estar en pleno funcionamiento en octubre de 2018.

La infraestructura aeroportuaria del NAICM tendrá un crecimiento paulatino que se desarrollará en las siguientes fases:

- a) Fase 1 (2014-2018): inauguración
- b) Fase 2 (2018-2023): primeros 5 años de operación
- c) Fase 3 (2023-2028): primeros 10 años de operación
- d) Fase 4 (2028-2062): desarrollo final

A fin de dar cumplimiento con los lineamientos vigentes federales y estatales en materia de actividades consideradas como altamente riesgosas, así como las disposiciones marcadas en el Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se realiza el presente estudio de riesgo ambiental en su modalidad análisis de riesgo para el Proyecto del NAICM.

El presente estudio de riesgo ha sido realizado tomando en consideración la distribución de las instalaciones previstas para el año 2018 del anteproyecto elaborado por ARUP y entregado al Instituto de Ingeniería por Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA). Las secciones correspondientes a la descripción del proceso y del proyecto que se han plasmado en este informe son muy generales, dada la ausencia descriptiva detallada de la distribución de los sistemas y equipos.

La evaluación de las actividades consideradas como altamente riesgosas se realiza con base en los listados 1 y 2 de la Secretaría de Gobernación, que determina las cantidades de

reporte para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas. Las sustancias riesgosas que se manejarán en el NAICM, contenidas en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas consisten en la turbosina y el gas LP, por lo que se realizó el análisis de riesgo de tales sustancias.

Riesgo se define como la combinación de la frecuencia esperada y de las consecuencias de los accidentes que pueden ocurrir como resultado de una actividad determinada. Para evaluar los riesgos se deben contestar las siguientes preguntas básicas:

- ¿Qué puede ocurrir?
- ¿Cuál es la probabilidad de que ocurra?
- ¿Qué impacto tendría?

La evaluación de riesgos consiste en identificar los accidentes de interés que puedan ocurrir, estimar la frecuencia de que ocurran y evaluar sus posibles consecuencias.

La identificación de los riesgos del NAICM se realizó utilizando el método denominado *What If?* (qué pasa si?), cuyo objetivo es identificar los problemas de riesgo asociados a los procesos de operación de la terminal que puedan causar un accidente.

La *evaluación cuantitativa de riesgo* consiste en evaluar los otros dos aspectos del riesgo, la frecuencia de ocurrencia y la consecuencia. Para efectuar una evaluación cuantitativa de riesgo se pueden usar diferentes técnicas de análisis dependiendo de cuáles sean los objetivos del estudio. El enfoque técnico utilizado en este estudio ha sido adaptado para satisfacer las necesidades actuales de ASA, para lo cual se utilizó la técnica Análisis de Capas (o barreras) de Protección, LOPA, del inglés *Layer of Protection Analysis*. Esta técnica constituye una poderosa herramienta analítica para evaluar la efectividad de las capas de protección empleadas para mitigar el riesgo de los procesos.

A los eventos identificados mediante la técnica “What if?” se incluyeron los rangos de frecuencia obtenidos a partir de la aplicación de la metodología LOPA, así como las categorías de consecuencia correspondientes. A partir de estos valores se obtuvieron finalmente los niveles de riesgo, así como el índice de riesgo correspondiente a cada evento identificado. A partir de los criterios de evaluación establecidos, en la Tabla 4-1 se presenta la jerarquización de los riesgos identificados, en donde en primer término aparecen los eventos más riesgosos.

La jerarquización obtenida se corroboró con la aplicación de la matriz de riesgos, en donde cada uno de los eventos se sometió a las categorías de frecuencia y consecuencia aplicables, dando como resultado la determinación de la tolerancia del riesgo de cada uno de ellos. La matriz que contiene los eventos identificados para el NAICM se presenta en la Figura 4-1.



**Tabla 4-1 Jerarquización de los riesgos identificados en el NAICM**

<b>Notas: C = Consecuencia, F = Frecuencia, TR = Tolerancia al Riesgo, IR = Índice de Riesgo</b>									
<b>El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia (C) por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo</b>									
<b>Fecha: Mayo 2014</b>									
<b>Evento / Nodo</b>	<b>¿Qué pasa si ...?</b>	<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>	<b>Salvaguardas</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>TR</b>	<b>IR</b>	<b>Recomendaciones</b>
8 / 4	Se presenta un derrame en el área de hidrantes y encuentra una fuente de ignición?	Falla en el hidrante o en la manguera flexible de 6". Falla por error humano en la conexión o por desgaste de válvulas o accesorios.	Incendio de charco en el área de plataforma de carga	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), Deadman´s control (Control tipo hombre muerto), lanyard (cable de seguridad), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	1	5	2	5	
9 / 5	Hay una fuerte liberación de gas LP que se prende y explota, con subsecuente incendio?	Impacto violento en regulador o en tubería	BLEVE del tanque de almacenamiento de gas LP	Acceso restringido, acceso de emergencia bien diseñado, muros de delimitación y protección del recipiente, sistema grande de suministro de agua, uso efectivo de toberas	1	5	2	5	
10 / 5	Hay una fuga en la tubería del almacenamiento de gas LP y encuentra una fuente de ignición?	Falla en la tubería de conexión de gas LP	Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP	Sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	1	6	1	6	Válvula interna automática de emergencia para aislamiento en los puertos de llenado y descarga del tanque



Notas: C = Consecuencia, F = Frecuencia, TR = Tolerancia al Riesgo, IR = Índice de Riesgo									
El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia (C) por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo									
									Fecha: Mayo 2014
Evento / Nodo	¿Qué pasa si ...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	C	F	TR	IR	Recomendaciones
3 / 2	Se colapsa el tanque de almacenamiento de combustible, se derrama todo su contenido y se encuentra una fuente de ignición?	Falla catastrófica de la soldadura de placas inferiores. Otras causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio confinado en el dique de contención	Área de contención de diques con diques intermedios, procedimientos de emergencia, sistema contra incendio, plan de respuesta a emergencias	2	7	1	14	
7 / 3	Se presenta un derrame a la salida de la casa de bombas hacia la red de hidrantes, y encuentra una fuente de ignición?	Falla de la tubería de 24" en plataforma de bombeo por ruptura total. Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco fuera del área de diques	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	2	7	1	14	
5 / 2	Hay sobrellenado del tanque de combustible, se derrama producto y encuentra una fuente de ignición?	Error de logística durante el abastecimiento de combustible al tanque	Incendio de charco no confinado en el dique	Área de contención de diques con diques intermedios, Medición y control de nivel con cierre de válvulas, procedimientos de emergencia, detectores de flama, sistema contra incendio, plan de respuesta a emergencias	3	6	1	18	
1 / 1	Se presenta un derrame en la zona de suministro de combustible a través del ducto de 14" y encuentra una fuente de ignición?	Fuga de la tubería de suministro de turbosina de 14" por orificio equivalente al 20% del diámetro. Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	



**Notas: C = Consecuencia, F = Frecuencia, TR = Tolerancia al Riesgo, IR = Índice de Riesgo**

**El índice de riesgo (IR) es el producto de la consecuencia (C) por la frecuencia (F); los eventos más riesgosos son los que tienen menor valor del índice de riesgo**

**Fecha: Mayo 2014**

<b>Evento / Nodo</b>	<b>¿Qué pasa si ...?</b>	<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>	<b>Salvaguardas</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>TR</b>	<b>IR</b>	<b>Recomendaciones</b>
2 / 1	Se presenta un derrame en la zona de suministro de combustible a través del ducto de 14" y encuentra una fuente de ignición?	Falla de la tubería de suministro de turbosina por ruptura total del ducto de 14". Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	
6 / 3	Se presenta un derrame a la salida de la casa de bombas hacia la red de hidrantes, y encuentra una fuente de ignición?	Fuga de la tubería de 24" en plataforma de bombeo por orificio equivalente al 20% del diámetro. Causas típicas listadas en Tabla 1-10.	Incendio de charco fuera del área de diques	Activación del sistema de cierre de emergencia de combustible (EFSO), sistema de drenajes, sistema contra incendio, detectores de flama, plan de respuesta a emergencias	3	7	1	21	
4 / 2	Cae un rayo en el tanque de almacenamiento?	Tormenta eléctrica	Incendio confinado en la parte superior del tanque	Sistema de pararrayos, procedimientos de emergencia, detectores de flama, sistema contra incendio, Sistema sub-superficial de inyección de espuma, plan de respuesta a emergencias	4	7	1	28	

RIESGO		CATEGORÍA DE CONSECUENCIA				
		5	4	3	2	1
F R E C U E N C I A	1					
	2					
	3					
	4					
	5					E8 (5) E9 (5)
	6			E5 (18)		E10 (6)
	7		E4 (28)	E1 (21) E2 (21) E6 (21)	E3 (14) E7 (14)	

**Tolerancia al Riesgo (TR):****Nivel 1** Situación Normal**Nivel 2** Región ALARP**Nivel 3** No aceptable**Índice de riesgo (IR):**

(1) Máximo riesgo

(35) Mínimo riesgo

**Figura 4-1 Matriz de evaluación y tolerancia de riesgos de los eventos del NAICM**

## 4.2 RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

La situación que guarda el anteproyecto del NAICM en materia de riesgo ambiental en esta etapa, se puede considerar aceptable, ya que tal como se aprecia en la matriz de riesgos:

- La mayoría de los eventos identificados y evaluados son razonablemente aceptables (situación normal).
- Se tienen dos eventos identificados y evaluados en la región ALARP (derrame de turbosina en área de hidrantes y BLEVE de un recipiente de gas LP).

Se procedió a realizar el análisis de consecuencias de los eventos riesgosos identificados en el NAICM, para determinar las distancias potenciales de afectación en caso de ocurrencia de alguno de ellos. Los resultados se presentan en la Tabla 4-2.



**Tabla 4-2 Resultados de las simulaciones del anteproyecto del NAICM**

<b>No. Evento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Alto riesgo (m)</b>	<b>Amortiguamiento (m)</b>
1	Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 14" de suministro a los tanques de almacenamiento	103.50	153.68
2	Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de 14" de suministro de turbosina a los tanques de almacenamiento	120.11	175.42
3	Incendio de charco en el dique de contención de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles por falla catastrófica del tanque	253.40	386.31
4	Incendio confinado al techo de un tanque de almacenamiento de turbosina de 66 mil barriles ocasionado por la caída de un rayo en la parte superior del tanque	121.49	188.12
5	Incendio no confinado que ocurre en el interior del dique de contención por derrame por sobrellenado de un tanque de almacenamiento de turbosina	120.11	175.42
6	Incendio no confinado debido a fuga de turbosina por un orificio equivalente al 20% del diámetro en el ducto de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes	134.10	182.12
7	Incendio no confinado debido a ruptura total del ducto de turbosina de 24" a la salida de la casa de bombas, hacia la red de hidrantes	247.83	344.17
8	Incendio no confinado por derrame de turbosina en plataforma, por falla de conexión en el hidrante o manguera de 6" de alimentación	35.16	45.99
9	Expansión explosiva del vapor de líquido en ebullición (BLEVE) en recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios	515.37	973.97
10	Explosión por fuga en los tubos del recipiente de gas LP ubicado en la Planta Central de Servicios	497.13	822.89

De los riesgos identificados, se tiene que todos los escenarios simulados obtenidos del análisis de consecuencias indican que las principales afectaciones potenciales ocurrirían en el interior de las instalaciones del NAICM, por lo que no se prevén repercusiones importantes a la población o infraestructura ubicada fuera del límite de propiedad del NAICM. Las interacciones de riesgo que se presentan en las instalaciones se describen en la Tabla 4-3.





**Tabla 4-3 Interacción de los eventos de riesgo del NAICM**

<b>Evento de riesgo</b>	<b>Distancia de afectación o zona de alto riesgo (m)</b>	<b>Interacciones de riesgo</b>	<b>Efectos</b>
BLEVE del tanque de almacenamiento de gas LP	515.37 (bola de fuego)	Potencial interacción con tanques de almacenamiento de diésel y tanques de gas LP aledaños en Planta Central de Servicios (CUP).	Posible efecto dominó por cercanía con tanques aledaños de gas LP y diésel. Daños potenciales a los trabajadores de la CUP. Potencial afectación a infraestructura aeroportuaria: eléctrico, contra incendio (CUP). Posibles daños a equipos, tuberías, estructuras, áreas y servicios del NAICM. No hay población en el radio de afectación. No hay efectos a la población e instalaciones externas por efectos de radiación. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM. Posibilidad de que los cilindros involucrados se conviertan en proyectiles que impacten zonas fuera del aeropuerto.
Explosión por fuga en tanque de almacenamiento de gas LP (ignición retardada)	497.13 (onda de sobrepresión)	Potencial interacción con tanques de almacenamiento de diésel y tanques de gas LP aledaños en Planta Central de Servicios (CUP).	Posible efecto dominó por cercanía con tanques aledaños de gas LP y diésel. Daños potenciales a los trabajadores de la CUP. Potencial afectación a infraestructura aeroportuaria: eléctrico, contra incendio (CUP). Posibles daños a equipos, tuberías, estructuras, áreas y servicios del NAICM. No hay población en el radio de afectación. No hay efectos a la población e instalaciones externas. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM.
Escenarios de incendio de charco en zona de diques	253, 121 y 120 (incendio)	Potencial interacción con los tanques de almacenamiento de turbosina adyacentes	La radiación térmica ocasionada por un incendio de turbosina derivado del colapso de un tanque de almacenamiento, no provocaría el colapso de los tanques contiguos por la distancia de diseño plasmada en el anteproyecto del NAICM, aún en el remoto caso de falla de los sistemas de enfriamiento de las paredes de dichos tanques. Daños potenciales a los trabajadores presentes en el área de la granja de tanques. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM.



Evento de riesgo	Distancia de afectación o zona de alto riesgo (m)	Interacciones de riesgo	Efectos
Derrame de turbosina en hidrantes de alimentación en plataforma con ignición inmediata	35.16 (incendio)	Potencial interacción con alimentación de turbosina a otras aeronaves.	Daños potenciales a los trabajadores, la población y las aeronaves. Aun cuando la distancia es pequeña en comparación con los otros eventos, las consecuencias potenciales (pérdida de vidas humanas) lo hace digno de establecer salvaguardas redundantes. La zona de riesgo no rebasa los límites del predio del NAICM.

### 4.3 INFORME TÉCNICO

El informe técnico que contiene la información solicitada en la guía de SEMARNAT se presenta en las siguientes tablas.



Sustancias involucradas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Densidad	Flujo	Longitud de tubería	Diámetro de tubería	Presión de operación	Espesor	Descripción de la trayectoria
Turbosina	ND	805	---	---	---	---	---	---
Gas LP	74-98-6 106-97-8	0.54	---	---	---	---	---	---

Antecedentes de accidentes e incidentes

Año	Ciudad o país	Instalación	Sustancias involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
2007	Colima	Tanque	Turbosina	Derrame	Sobrellenado	Contaminación suelo	Remediación de sitio
2007	México, D.F.	Tanque	Turbosina	Derrame	Sobrellenado	Contaminación suelo	Remediación de sitio
2007	Cozumel	Tanque	Turbosina	Derrame	Sobrellenado	Contaminación suelo	Remediación de sitio
2011	Mazatlán	Hidrante	Turbosina	Derrame	Ruptura de empaque de brida ciega	Contaminación suelo	Limpieza
2011	Chihuahua	Plataforma	Turbosina	Derrame	Desprendimiento de junta de expansión	Contaminación suelo	Limpieza
2011	La Paz	Plataforma	Turbosina	Derrame	Ruptura de ducto por falla geológica	Contaminación suelo y agua	Tratamiento y remediación del sitio
2012	México, D.F.	Autotanque	Turbosina	Derrame	Volcadura por exceso de velocidad	Contaminación suelo	Limpieza
2012	Guadalajara	Tanque	Turbosina	Derrame	Sobrellenado	Contaminación suelo y agua	Tratamiento y remediación del sitio
2013	Torreón	Autotanque	Turbosina	Derrame	Vencimiento por corrosión de patín de autotanque	Contaminación suelo	Limpieza
2013	México, D.F.	Tanque	Turbosina	Derrame	Sobrellenado	Contaminación suelo	Remediación de sitio



Identificación y jerarquización de riesgos ambientales

No. de falla	No. de evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
	1	Fuga ducto 14" de abasto al aeropuerto, con 20% del diámetro			X		Ducto	What if	Aire
	2	Ruptura ducto 14" de abasto al aeropuerto			X		Ducto	What if	Aire
	3	Derrame de tanque de 66 mil bbl en dique			X		Tanque	What if	Aire
	4	Sistema de protección para-rayos de tanque de 66 mil bbl			X		Tanque	What if	Aire
	5	Sobrellenado del tanque de 66 mil bbl			X		Tanque	What if	Aire
	6	Fuga tubo 24", con 20% del diámetro en descarga de bombas a la red de hidrantes			X		Ducto	What if	Aire
	7	Ruptura tubo 24" en descarga de bombas a la red de hidrantes			X		Ducto	What if	Aire
	8	Falla en descarga de hidrante de 6" en plataforma			X		Hidrante	What if	Aire
	9	Impacto/perforación de salchicha de gas LP, con ignición inmediata que provoca un BLEVE				X	Tanque	What if	Aire
	10	Impacto/perforación de salchicha de gas LP, con ignición retardada que provoca una nube inflamable				X	Tanque	What if	Aire



Estimación de consecuencias

No. de falla	No. de evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico	Efectos potenciales					Programa de simulación empleado	Zonas de seguridad y alto riesgo Distancia (m)	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		Seguridad	Alto riesgo
	1		X	165	kg/s	Líquido					X	Breeze-Haz	154	104
	2		X	254	kg/s	Líquido					X	Breeze-Haz	175	120
	3	X		10 590	m <sup>3</sup>	Líquido					X	Breeze-Haz	386	253
	4		X	n.d.	-	Líquido					X	Breeze-Haz	188	122
	5		X	254	kg/s	Líquido					X	Breeze-Haz	175	120
	6		X	443	kg/s	Líquido					X	Breeze-Haz	182	134
	7		X	2 354	kg/s	Líquido					X	Breeze-Haz	344	248
	8		X	153	kg/s	Líquido					X	Breeze-Haz	46	35
	9	X		50	m <sup>3</sup>	Líquido					X	Breeze-Haz	974	515
	10	X		21 870	kg	Gas					X	Breeze-Haz	823	497

Efectos potenciales:

(C) Catastrófico. Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con un nivel de peligro (por ejemplo, gases tóxicos o inflamables, radiación térmica o explosión causada por sobrepresión) que puede causar efectos ecológicos adversos irreversibles o grave desequilibrio al ecosistema. Un efecto ecológico adverso irreversible es aquel que no puede ser asimilado por los procesos naturales, o solo después de muy largo tiempo, causando pérdida o disminución de un componente ambiental sensible (por ejemplo, especies de la NOM-059 SEMARNAT-2010, tipos de vegetación amenazada, entre otros).

(G) Grave. Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos temporales. Un efecto ecológico adverso temporal es aquel que permanece un tiempo determinado, y disminuye la calidad o funcionalidad de un componente ambiental, siendo factible de atenuar con acciones de restauración o compensación.

(S) Significativo. Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos recuperables. Un efecto ecológico adverso recuperable es aquel que puede eliminarse o reemplazarse por la acción natural o humana, no afectando la dinámica natural del ecosistema o del componente ambiental.

(R) Reparable. Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos reversibles. Un efecto ecológico adverso reversible es aquel que puede ser asimilado por los procesos naturales a corto plazo.

(N) Ninguno. Este evento no alcanza áreas externas a los terrenos de la instalación.



Criterios utilizados

No. de falla	No. de evento	Toxicidad				Explosividad		Radiación térmica		Otros criterios
		IDLH	TLV <sub>8</sub>	Velocidad del viento	Estabilidad atmosférica	Alto riesgo 1,0 psi	Seguridad 0,5 psi	Alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup>	Seguridad 1,4 kW/m <sup>2</sup>	
	1			7 m/s				X	X	
	2			7 m/s				X	X	
	3			7 m/s				X	X	
	4			7 m/s				X	X	
	5			7 m/s				X	X	
	6			7 m/s				X	X	
	7			7 m/s				X	X	
	8			7 m/s				X	X	
	9			7 m/s				X	X	
	10			7 m/s		X	X			



Hoja dejada en blanco intencionalmente



# **5 IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**





Hoja dejada en blanco intencionalmente



## CAPÍTULO 5: IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

### BIBLIOGRAFÍA

- Bull, D.C., J.E. Elsworth, M.A. McCleod, D. Hughes, *Initiation of unconfined gas detonations in hydrocarbon-air mixtures by sympathetic mechanism*, Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol. 75, pp 61-72. AIAA Inc., New York, 1981.
- Crowl, D.A., J.F. Louvar, *Chemical Process Safety, Fundamentals with Applications*, Prentice Hall PTR, 2002.
- Denton, G.S., “CFD Simulation of Highly Transient Flows”, PhD Thesis Department of Chemical Engineering, University College London, July 2009.
- *Dow’s Chemical Exposure Index Guide*, American Institute of Chemical Engineers, 1994.
- Eisenberg *et al*, *Vulnerability Model: A simulation system for assessing damage resulting from marine spills (VM1)*, ADA-015-245 US Coast Guard NTIS Report n° Cg-D-137-75, 1975.
- Hoff, A.B.M., *An experimental study of the ignition of natural gas in a simulated pipeline rupture*, Combustion and Flame Vol. 48, pp. 51-58, 1983.
- Hymes, *The physiological and pathological effects of thermal radiation*, Rep SRD R275, UK, 1983.
- JBF Associates, *Root Cause Analysis Handbook, Version 1.1*. JBF Associates, Inc., 1000 Technology Drive, Knoxville, TN 37932. Center for Chemical Process Safety, 1995.
- Jo, Y.D., B.J. Ahn, *Analysis of hazard areas associated with high-pressure natural-gas pipelines*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries Vol. 15, pp. 179-188, 2002.
- Liu, Ying. *Thermal buckling of metal oil tanks subject to an adjacent fire*. Thesis. The University of Edinburgh. 2011.
- Stephens, M.J., *A model for sizing high consequence areas associated with natural gas pipelines GRI-00/0189*, C-FER Technical Report 99068, prepared for the Gas Research Institute, contract 8174, October, 2000.



- TNO, *Safety Study on the Transportation of Natural Gas and LPG by Underground Pipeline in the Netherlands*. Netherlands Organization for Applied Scientific Research, Ref. No. 82-04180, 1982.



## **ANEXO 1: HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS: TURBOSINA, GAS LP Y GAS NATURAL**



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

**ESTUDIO DE RIESGO MODALIDAD ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO**

**SCT**  
SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES





## **ANEXO 2: ANÁLISIS LOPA DE LOS EVENTOS RIESGOSOS DEL NAICM**



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

**ESTUDIO DE RIESGO MODALIDAD ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO**

**SCT**  
SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES





## **ANEXO DE PLANOS: INGENIERÍA DE AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES**





**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

**ESTUDIO DE RIESGO MODALIDAD ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO**

**SCT**  
SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES





## **ANEXO DE PLANOS: SISTEMAS CONTRA INCENDIO DE ASA**



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

**ESTUDIO DE RIESGO MODALIDAD ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO**

**SCT**  
SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES





## **ANEXO DE PLANOS: PLANOS CON LAS DISTANCIAS DE AFECTACIÓN DEL ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS DEL NAICM**

Para consultar los anexos del presente estudio haga clic en el siguiente vínculo.

<http://apps1.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/CUSF/ANEXOSNAICM.zip>