

**GRUPO AEROPORTUARIO**  
DE LA CIUDAD DE MÉXICO

**Reporte 8**  
**30.Septiembre.2018**

**Mexico City Airport Trust**  
**Reporte de Bono Verde**  
**del NAIM**

Publicación: 31 de octubre de 2018



## 1. Introducción

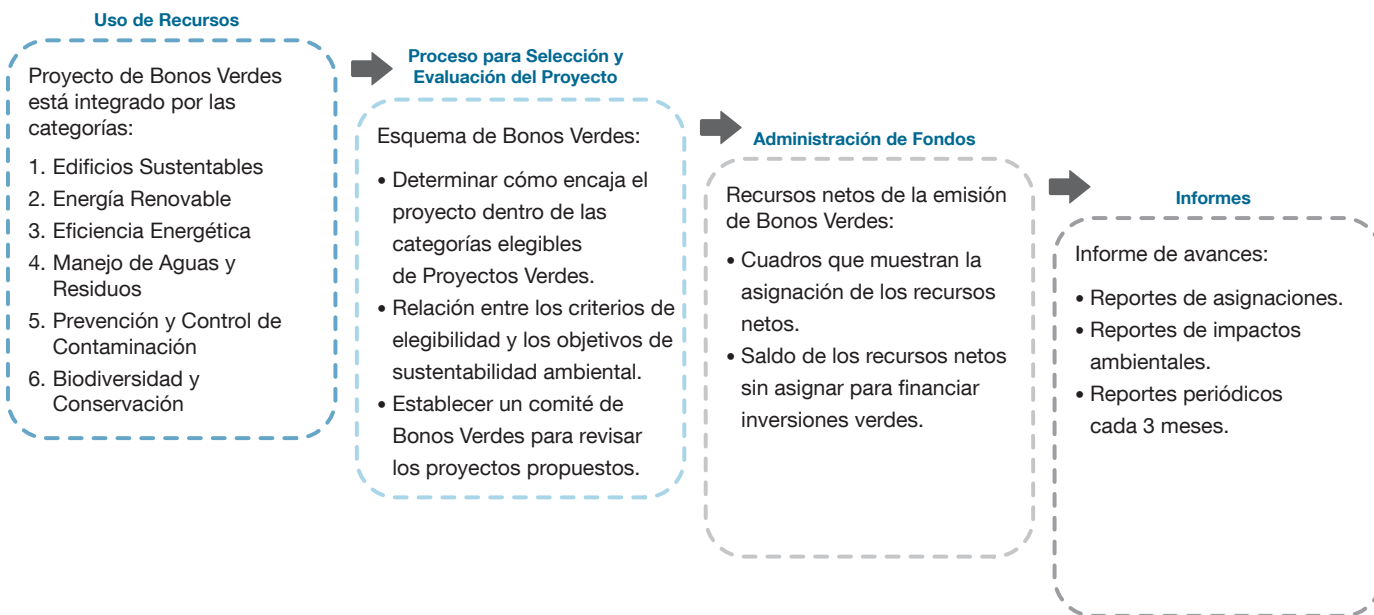
Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S.A. de C.V. (GACM), es responsable de la preparación y presentación del marco de referencia fechado el 6 de septiembre de 2016, el cual cubrirá la emisión de los Bonos Verdes del Mexico City Airport Trust.

Por cada Bono Verde emitido por el Mexico City Airport Trust, GACM afirma que utilizará los criterios de elegibilidad, procesos y políticas sobre el uso de los recursos para (i) evaluación y selección de proyectos (ii) manejo de los fondos (iii) reportes y (iv) validación externa, tal y como se establece en el marco de referencia de Bonos Verdes del NAIM como se muestra en la Figura 1.

Este reporte presenta un panorama de los trabajos verdes que se realizan actualmente para el desarrollo del Aeropuerto, prestando particular atención a los elementos del diseño actual, la construcción inicial y actividades de preparación del sitio.

El reporte será actualizado trimestralmente para informar sobre las actividades específicas que hayan ocurrido durante el periodo correspondiente al reporte y para mostrar el avance de los indicadores de desempeño.

Figura 1 - Marco de Referencia Bono Verde del NAIM



### 2. Categorías Elegibles para Bonos Verdes

Las categorías de elegibilidad están centradas en la planeación, diseño y construcción del proyecto NAIM de acuerdo a las mejores prácticas de edificios verdes y estándares ambientales.

Fueron seleccionadas seis categorías para describir las diferentes áreas de sustentabilidad enfocadas a los alcances del proyecto, estas se encuentran descritas a continuación:

- **Categorías de Elegibilidad**

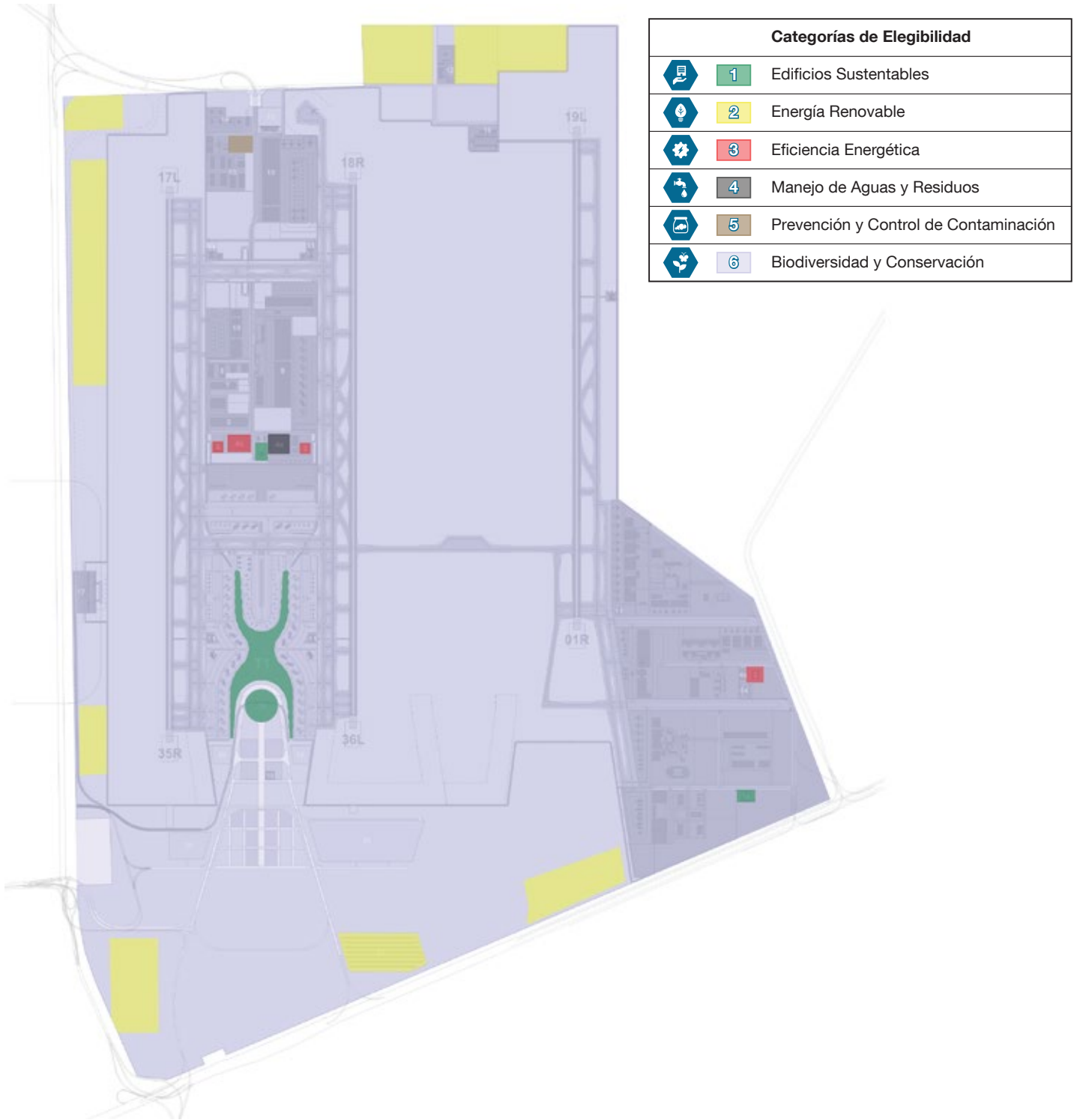
1. Edificios Sustentables
2. Energía Renovable
3. Eficiencia Energética
4. Manejo de Aguas y Residuos
5. Prevención y Control de Contaminación
6. Biodiversidad y Conservación



El proyecto se basará en los criterios y estrategias para el cumplimiento del sistema de calificación de Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental versión 4 (LEED v4 por sus siglas en inglés). Este sistema de valuación busca mejorar los diseños arquitectónicos e ingenieriles así como los procesos constructivos para reducir los daños al ambiente causados por el edificio y sus ocupantes, mejorar la calidad del ambiente interior y minimizar los impactos a los ecosistemas. Cuatro de los edificios del aeropuerto están siendo diseñados y construidos para cumplir los requerimientos LEED, en particular los 743,000 m<sup>2</sup> del Edificio Terminal de Pasajeros.

El Proyecto elaboró una *Manifestación de Impacto Ambiental Regional (MIA-R)*, la cual es requerida para todo nuevo proyecto de gran tamaño de acuerdo con los requerimientos de la SEMARNAT (*Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*). La MIA es un instrumento de política ambiental en el cual se presenta toda la información relevante a las condiciones medioambientales del sitio, con el análisis y descripción de los trabajos y actividades que podrían afectar el equilibrio ecológico y ambiental.

Figura 2 - El polígono del sitio muestra las ubicaciones de los elementos principales elementos del programa por categoría.





### 2.1. Descripción de las Categorías

Cada contrato deberá cumplir con al menos uno de los siguientes criterios de elegibilidad:

#### 1. Edificios Sustentables:

Cualquier contrato para edificios nuevos o existentes;

- (i) que haya recibido, o espere recibir en base a su diseño, construcción y planes de operación, la certificación por parte de un tercero, que verifique los estándares verdes de construcción como LEED (plata o superior), o un esquema de valuación equivalente;
- (ii) que haya logrado, basado en la evaluación de un tercero, una reducción en el consumo de energía de al menos 15%, en relación a los estándares y estudios de referencia de la industria, como ASHRAE 90.1 o equivalente.

#### 2. Energía Renovable:

Desarrollo, construcción, instalación, operación y mejoras de;

- (i) equipo o instalaciones totalmente dedicados a la generación de energía renovable; o
- (ii) infraestructura dedicada en su totalidad a la transmisión de energía proveniente de fuentes renovables.

Los contratos deberán cumplir las definiciones de energía renovable, esbozadas en la Ley de Transición Energética, y podrán incluir energía eólica, solar, de mareas, geotérmica, biomasa, y proyectos hidroeléctricos de las corrientes de los ríos.

#### 3. Eficiencia Energética:

Desarrollo, construcción, instalación, operación y mejoras de cualquier proyecto (producto o tecnología), que reduzca el consumo de energía o mejore la eficiencia de los recursos en la gestión y operación del aeropuerto, incluyendo pero no limitado a;

- (i) proyectos que permitan el monitoreo y modelaje del desempeño energético, tales como el diseño e instalación de controles digitales, sensores o sistemas de información de edificios; o
- (ii) proyectos que optimicen la cantidad y temporalidad del consumo energético, y minimicen los picos de carga, como son el diseño e instalación de sistemas para medición, eliminación de picos de carga o alternar combustibles; o
- (iii) proyectos que involucren la instalación, mantenimiento o reemplazo de equipos para calefacción eficiente, ventilación, aire acondicionado, refrigeración, iluminación y electricidad.

### 4. Manejo de Aguas y Residuos:

Desarrollo, construcción, instalación, operación y mejoras de cualquier proyecto (producto o tecnología) que reduzca el consumo de agua o mejore la eficiencia de los recursos en la gestión y operación del aeropuerto, incluyendo pero no limitado a;

- (i) instalaciones nuevas o existentes que sean usadas para recolectar, tratar, reciclar o reusar el agua, agua de lluvia o aguas residuales;
- (ii) infraestructura para la prevención y protección de inundaciones, manejo de aguas pluviales como humedales, bermas de retención, embalses, lagunas, sistemas de drenaje, túneles y canales.

### 5. Prevención y Control de Contaminación:

Desarrollo, construcción, instalación, operación y mejoras de cualquier proyecto (producto o tecnología) que reduzca y maneje los residuos generados en la gestión y operación del aeropuerto, incluyendo pero no limitado a;

- (i) instalaciones nuevas o existente, sistemas y equipo que sean usados para recolectar, tratar, reusar o reciclar desechos sólidos, residuos peligrosos o suelo contaminado; o
- (ii) instalaciones nuevas o existentes, sistemas y equipo que se utilicen para evitar el depósito de residuos en tiraderos y reducir las emisiones por transporte de residuos.







### 6. Biodiversidad y Conservación:

Cualquier proyecto para;

- (i) reforestación y restauración ecológica; o
- (ii) creación y protección de bosques y humedales; o
- (iii) monitoreo y mitigación de impactos adversos en la flora y fauna, tales como impactos potenciales por la contaminación del ruido y la construcción.

3. Resumen de Utilización de Fondos

Descripción	Monto
Recursos Netos recibidos de Bonos Verdes	\$5,764,394,697.00

Resumen del Importe Total Gastado por Categoría (USD)						
Categoría	1	2	3	4	5	6
USD	 Edificios Sustentables	 Energía Renovable	 Eficiencia Energética	 Manejo de Agua y Residuos	 Prevención y Control de Contaminación	 Biodiversidad y Conservación
Desembolsos	\$793,075,884.96	\$420,133.53	\$13,264.49	\$23,959,026.56	\$47,159,113.83	\$31,930,279.87
<b>Total</b>	<b>\$896,557,703.24</b>					

Descripción	Monto
Saldo por Aplicar del Bono Verde	\$4,867,836,993.76

Nota: Los valores son mostrados en dólares. El tipo de cambio usado de pesos a dólares es el tipo de cambio aplicable en el momento por cada monto pagado.

### 4. Optimización de la Envolvente del Edificio Terminal de Pasajeros

#### 4.1. Introducción

El Edificio Terminal de Pasajeros (ETP) está diseñado para ser un proyecto ambientalmente consciente durante su vida útil, esto comúnmente se refiere al análisis de la Cuna a la Cuna. Uno de los propósitos ambientales clave del proyecto del NAIM es reducir el uso de energía y las emisiones de gases efecto invernadero, mediante el uso de un enfoque de diseño integrado y equipos de eficiencia energética, y con la generación de energía a través de tecnologías renovables, entre otros. La meta del NAIM a largo plazo es convertirse, en un proyecto de Energía Neta Cero y tener una Huella de Carbono Neutra, por ello el diseño del ETP incorpora no solo estrategias de eficiencia energética para reducir la emisiones de carbono en la operación, sino también para reducir la energía incorporada a los requerimientos de construcción. La evaluación utilizada para cuantificar dichas metas se le conoce como Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de edificios.

Con el propósito de evaluar y reducir los impactos ambientales asociados con la construcción de la estructura y la envolvente del ETP, se decidió realizar un ACV durante el diseño para cuantificar los beneficios. El ACV es una de las estrategias utilizadas para alcanzar la certificación LEED del ETP. Este trabajo es elegible para el Marco de Referencia de Bono Verde, dentro de la categoría de 1) *Edificios Sustentables*.

En esta sección se describen los antecedentes, metodología y los resultados obtenidos a partir del ACV del ETP.

#### 4.2. Energía Neta Cero y Huella de Carbono Neutra del ACV

Existen diferentes definiciones para los Edificios Energía Neutral Cero, y además para aquellos que tienen una Huella de Carbono Neutral. Esto comúnmente se considera para la operación con el uso de energía renovable. A pesar de que la operación es el periodo de mayor consumo de energía en la vida útil del edificio, es importante considerar la energía asociada con los materiales de construcción utilizados y la implementación del diseño. Por ejemplo, la energía o proceso utilizado en las actividades de extracción, manufactura y transporte.

Se utilizan distintos tipos de análisis para identificar las mejoras en el diseño o en otros recursos para ayudar a reducir las emisiones de carbono, entre ellos está el enfoque del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), conocido en inglés como Life Cycle Assessment. El objetivo del ACV es identificar los impactos ambientales relacionados con los procesos de construcción de edificios, desde el uso de energía para la extracción de materias primas y su fabricación, hasta el mantenimiento y la renovación del inmueble. Mientras se evalúan estos impactos ambientales asociados con el proceso de edificación, el ACV permite a los diseñadores y constructores optimizar sus decisiones durante el diseño para minimizar la huella ambiental de un proyecto.



### 4.3. ¿Qué es el ACV? ¿Para qué es útil?

El AVC es una herramienta desarrollada para facilitar al diseñador científico y a otros profesionistas involucrados en la industria de la construcción, a analizar los impactos generados por las obras y actividades relacionadas con la edificación. Esta herramienta busca proveer a los profesionistas un conjunto de principios rectores en la toma de decisiones para reducir los impactos asociados con:

- Uso de Energía
- Calentamiento Global
- Destrucción del Hábitat
- Agotamiento de los Recursos
- Emisiones Tóxicas

El concepto de ciclo de vida es un enfoque para impulsar buenas prácticas de diseño y construcción sostenible. Con base en el ACV los tomadores de decisión pueden analizar los materiales producidos por los procesos de construcción de la cuna hasta la cuna, y seleccionar aquellos que están más alineados con prácticas ambientales y sustentables, así como pronosticar las futuras necesidades de inversión y estimar el costo general del ciclo de vida del edificio y las rutas de eliminación y reúso de materiales.

En la figura 3 se representan las etapas que conforman el ciclo de vida: 1) *Producción*: es el uso de energía para la extracción de materias primas y transporte de las mismas a las instalaciones de fabricación; 2) *Construcción*: es la energía utilizada para transportar los materiales al sitio y también el uso de maquinaria que permite la construcción, así como los desechos generados durante la construcción; 3) *Operación*: son los consumos durante la vida útil del edificio debido a la iluminación, la calefacción, el consumo de agua y materiales utilizados para el mantenimiento, las reparaciones y el reemplazo. Por último, la etapa 4) *Finalización*: es la demolición y eliminación del edificio, así como el procesamiento de los residuos para reutilizar, reciclar y/o recuperar materiales, energía o agua del proyecto.

Figura 3 - Ciclo de Vida del Edificio



También es necesario considerar las múltiples fuentes de energía involucradas en el proceso de edificación como: electricidad, diésel, gas natural, gasolina o posibles formas de energía renovable, como la solar, la energía geotérmica o la energía hidroeléctrica.

### 4.3.1. Marco de Referencia

El proceso ACV se rige por el estándar ISO 14000, y una serie de estándares internacionales, entre ellos está el ISO 14040, que establecen los principios acordados para la los estudios de AVC. Estos principios buscan proporcionar los requisitos y pautas para llevar a cabo el ACV, a través de los siguientes objetivos:

- Identificar oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de los productos en las distintas etapas del ciclo de vida;
- Facilitar la toma de decisiones en la industria para planificar y establecer prioridades, proponer estrategias diseño del producto-uso;
- Seleccionar los indicadores de desempeño clave ambiental y desarrollo de medidas técnicas;
- Comercializar productos elaborados a través del esquema de eco-etiquetado o divulgación de la declaración de producto ambiental.

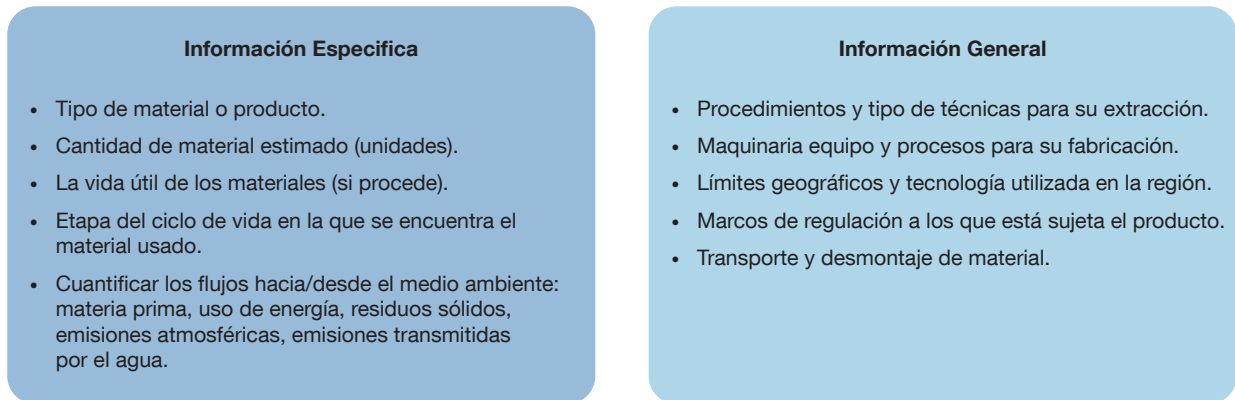
El uso de software de cómputo es fundamental para procesar todos los datos recopilados, ya que estas herramientas necesitan estar vinculadas a extensas bases de datos de productos y procesos necesarios para completar el análisis de inventario. Es común que existan variaciones significativas entre región y región. Esto se debe a que la combinación de combustible del uso de energía, el tipo de combustible y los métodos de producción diferirán significativamente según la ubicación y el abastecimiento de bienes. Actualmente distintas organizaciones y desarrolladores han generado herramientas y bases de datos para construir estos requerimientos aunque a veces se limitan geo / físicamente a productos más comunes y recursos de cadena de suministro mejor documentados.

### 4.3.2. Requerimientos para el ACV

Existen distintos métodos de ACV para evaluar el desempeño ambiental de un edificio, no obstante el proceso para llevar a cabo el ACV generalmente se conforma por cuatro fases: 1) definición de las metas y el alcance, 2) Análisis del inventario, 3) Evaluación de los impactos ambientales e 4) Interpretación.

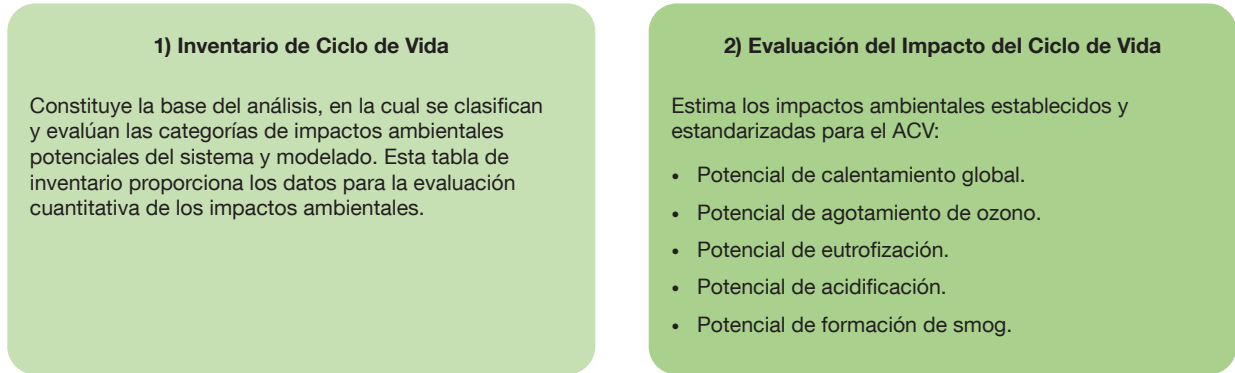
Después de definir en la fase 1 los objetivos, las unidades funcionales y la etapa del proceso del ciclo de vida que principalmente se va a analizar, el siguiente paso es recopilar información específica y general sobre los productos para el desarrollo de un inventario y construcción del modelo de simulación (ver figura 4).

Figura 4 - Información Requerida



La tercera fase consiste en la evaluación del impacto, esto se hace a través del análisis de los resultados cuantitativos generados por la herramienta ACV. El software de modelado ambiental desarrolla y presenta dos tipos de resultados: 1) *el inventario de ciclo de vida* y 2) *la evaluación del impacto del ciclo de vida* (ver figura 5).

Figura 5 - Tipos de Resultados



En la última fase, se interpretan los detalles de los resultados y se pueden hacer distintos escenarios para identificar cambios potenciales en el ciclo de vida de los productos como:

- La composición del material.
- Peso y cuantificación del material.
- Cambios en el proceso.
- Distancias en la transportación.
- Ubicación geográfica.
- Manejo al final de la vida útil.

### 4.3.3. Selección Adecuada de Materiales y Productos

La selección de materiales amigables con el ambiente es fundamental para mejorar el desempeño general de un edificio. Una selección adecuada puede mejorar el bienestar de los ocupantes y mitigar impactos ambientales ocasionados por la liberación de compuestos orgánicos volátiles (VOC) y otras sustancias químicas derivadas de los productos químicos utilizados durante el proceso de manufactura. Además al final de la vida útil del edificio, los materiales, tratamientos y recubrimientos reusables, reciclables y biodegradables evitará la liberación de contaminantes en los vertederos donde tradicionalmente se habría producido su disposición final.

Los materiales con un bajo contenido de energía incorporada o que utiliza tecnología apropiada reportan bajas emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) pueden calificar y certificar para una Declaración de Producto Ambiental, conocida por sus siglas en inglés como EPD. La certificación de EPD proporciona información sobre los materiales y procesos utilizados en la producción a través de la evaluación de impactos ambientales y sostenibles. Específicamente el EPD contiene los datos necesarios que se pueden usar dentro de una evaluación del ciclo de vida para los materiales de construcción propuestos y los productos que se pueden usar en el desarrollo de proyectos arquitectónicos.

Por lo tanto, una herramienta de ACV ayuda a identificar los materiales que ofrecen un uso eficiente de los recursos naturales y energía en los procesos de manufactura, así como materiales bajo emisivos que mejoran la calidad ambiental interior. Por esta razón, los distintos programas internacionales enfocados en mejorar la cadena de suministro para el diseño de edificios sustentables, ahora pueden incluir el uso del ACV como un requerimiento para ayudar a alcanzar la certificación. Entre estos sistemas se encuentra la certificación LEED. Como parte de la categoría de *Materiales y recursos*, tienen diferentes créditos enfocados en esta área, incluida la *Reducción del impacto del ciclo de vida de edificios*.

#### 4.4. Análisis de Ciclo de Vida para el ETP

Para alcanzar las metas ambientales establecidas en el proyecto del NAIM, desde el inicio se planteó buscar la certificación LEED platino del ETP, Versión 4, que es la última actualización del sistema de rating que busca avanzar en la mejora del uso y la comprensión de materiales y productos con un impacto ambiental menor que las versiones anteriores del sistema.

Ciertos puntos se ganan como Créditos de diseño, y otros para construcción. Entre los créditos de diseño se encuentra la *Reducción del impacto del ciclo de vida de edificios*, el cual consta de distintas opciones para fomentar la reutilización, adaptación y optimización de la selección sustentable de materiales y productos, con el objetivo de reducir los efectos medio ambientales en la toma de decisiones al inicio del proyecto o a través de la evaluación del ciclo de vida.

El proyecto ETP usa una opción para nueva construcción, que consiste en una evaluación inicial del ciclo de vida de la estructura y sobre el edificio o fachada, para demostrar una reducción en los impactos ambientales en comparación con una referencia o un edificio típico. Se evalúan los siguientes elementos:

- Potencial de calentamiento global (gases de efecto invernadero), en CO<sub>2</sub>e;
- Agotamiento de la capa de ozono estratosférico, en kg CFC-11;
- Acidificación de las fuentes de tierra y agua, en moles H<sup>+</sup> o kg SO<sub>2</sub>;
- Eutrofización, en kg de nitrógeno o kg de fosfato;
- Formación de ozono troposférico, en kg NO<sub>x</sub> o kg eteno; y
- Agotamiento de recursos energéticos no renovables, en MJ.

Para lograr 3 puntos dentro de esta opción, el edificio propuesto debe mostrar los siguientes criterios:

- Al menos un 10% de reducción en el potencial de calentamiento global.
- Una reducción del 10% en dos de los otros impactos dentro del sistema de calificación.
- No debe aumentar ninguna de las otras medidas en más del 5%.

### 4.4.1. Metodología Utilizada para el ETP

La herramienta de *Estimación de Impactos para Edificios 5.3* desarrollada por el Instituto Athena de Materiales Sustentable, se utilizó para construir el modelo ACV del Edificio Terminal de Pasajero. El Instituto Athena es una entidad especializada en el desarrollo de software para realizar ACV, y cuenta con una extensa base de datos. El software de *Estimación de Impacto* permite modelar la estructura completa y la envolvente del edificio para cumplir con los requisitos descritos en LEEDv4 para la Opción 4. Estos son los siguientes:

- El alcance del análisis abarca la evaluación de la cuna a la tumba. Este debe incluir los impactos ambientales en todas las etapas para la estructura del edificio y el recinto, como la extracción de recursos, manufactura de productos, construcción, mantenimiento y reemplazo de productos, y demolición y eliminación durante una vida útil supuesta de 60 años. En particular debe abordar:
  - 1) **Productos:** se deben incluir la envolvente completa del edificio y los elementos estructurales, como los cimientos, el armazón estructural, los montajes de paredes y techos, los pisos y techos estructurales. Se aplica lo siguiente:
    - a) Se excluyen los productos de piso y techo.
    - b) Se excluyen los sistemas mecánicos y eléctricos.
    - c) El desarrollo del sitio y la excavación están excluidos.
    - d) Las estructuras de estacionamiento están incluidas como parte del edificio.
    - e) El equipo puede decidir incluir otros elementos construidos, como paredes interiores o acabados, sin embargo, estos no ganan crédito adicional.
  - 2) **Equivalencia Funcional:** los diseños y línea de base de los edificios deben cumplir las mismas funciones y tener la misma área de piso, orientación y uso de energía operacional.
  - 3) **Vida Útil:** se debe incluir toda la estructura y el recinto del edificio, desde el diseño hasta la demolición para una vida útil de servicio de 60 años.
  - 4) **Límite del Sistema:** el límite del sistema del análisis se debe definir para tener en cuenta los impactos ambientales desde la cuna hasta la tumba asociados con todas las etapas del ciclo de vida de la estructura y el recinto del edificio, tal como se define en las secciones a-1 a-4 a-4 de B-1 a través de B-7, y c-1 a c-4.



El software incluye una base de datos de productos canadienses y americanos para América del Norte, ya que la versión de Estimación de Impactos para Edificios, no presenta una hoja de datos para la Ciudad de México. Con el objetivo de mejorar la información disponible, el proyecto solicitó al Instituto Athena crear un conjunto de datos para la región de la Ciudad de México. A continuación se muestra un ejemplo de datos recopilados y desarrollados para la Ciudad de México:

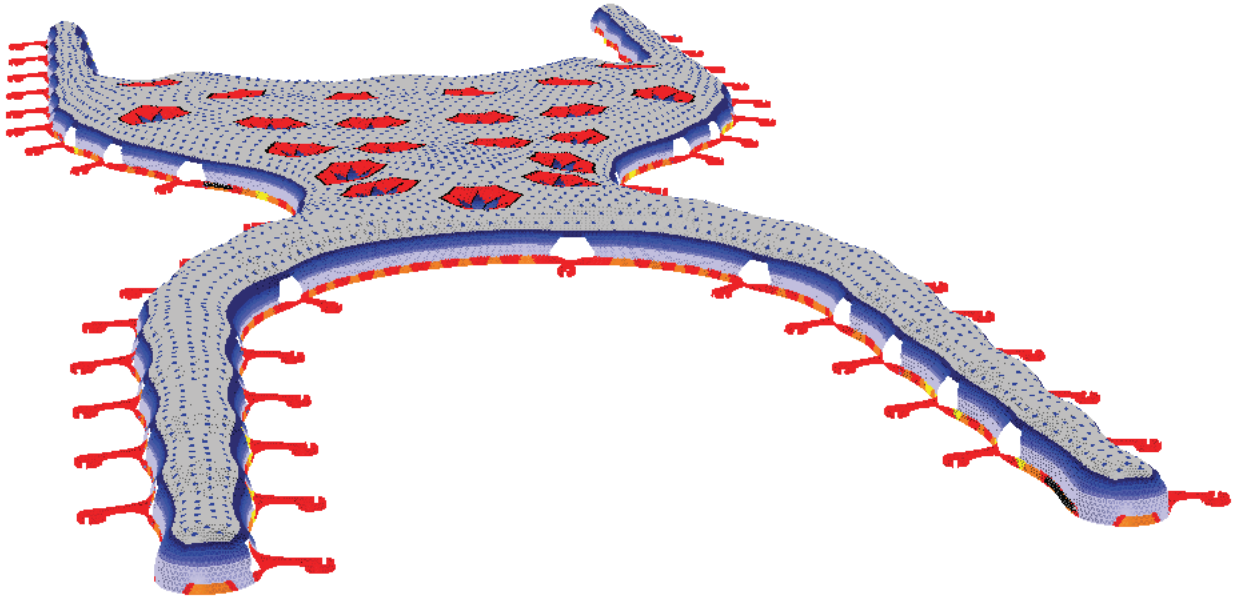
Tabla 1 - Medición de Impactos Ambientales

Medidas ACV	Unidades	Relleno de Sub-base Per m <sup>3</sup>	5000 psi Per m <sup>3</sup>	6000 psi Per m <sup>3</sup>	726 psi Per m <sup>3</sup>
Potencial de Calentamiento Global	1.63E+01	5.72E+02	6.03E+02	7.24E+02	6.79E+02
Potencial de Acidificación	1.63E+01	1.73E+00	1.81E+00	2.10+00	1.94E+00
Partículas HH	3.00E+02	1.29E-01	1.36E-01	1.59E-01	1.50E-01
Potencial Eutrofización	9.74E+03	5.07E-01	5.35E-01	6.48E-01	6.06E-01
Potencial de Agotamiento de Ozono	5.70E-10	8.03E-06	8.47E-06	1.05E-05	9.72E-06
Potencial de Smog	4.98E+00	4.46E+01	4.67E+01	5.08E+01	4.93E+01
Energía Total Primaria	2.40E+02	4.35E+03	4.58E+03	5.36E+03	5.06E+03
Energía No Renovable	2.39E+02	4.26E+03	4.48E+03	5.24E+03	4.95E+03
Consumo de Combustibles Fósiles	2.38E+02	4.18E+03	4.39E+03	5.13E+03	4.85E+03

#### 4.4.2 Análisis

La envolvente del ETP es un gran marco estructural que forma la cubierta y muros. Grandes paneles triangulares acristalados forman los muros y el multipanel se desplanta formando una cubierta de metal. El espacio del marco estructural y la envolvente se conectan en el borde del edificio a nivel de piso o internamente en las columnas que forman los foniles. El marco estructural de la envolvente está separado por una súper estructura interna utilizada para crear los niveles y espacios internos.

Figura 6 - Envoltente del ETP



Se utilizó el enfoque de un edificio arquetípico para definir la línea base, donde los datos de la línea base del edificio representan más prácticas estándar de la industria que el modelo propuesto.

La línea base y los edificios propuestos se modelaron de manera idéntica, excepto por los siguientes dos elementos de optimización del diseño:




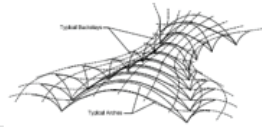
- 1) El marco estructural del edificio de referencia tiene un peso del marco espacial más típico para techos en comparación con el aeropuerto.
- 2) Las mezclas de hormigón del edificio de referencia utilizan mezclas predeterminadas promedio de la industria.

Estas mejoras en el diseño fueron los factores clave para ayudar a reducir los factores de impacto excesivo y se describen a continuación:

- 1) El diseño del marco estructural es altamente eficiente en comparación con las cubiertas de otros aeropuertos con tramos similares. Las estructuras de techo similares oscilaron entre 106 y 244 kg / m<sup>2</sup>, mientras que la estructura de l envolvente del ETP es de 54 kg / m<sup>2</sup>.

La siguiente tabla resume esta investigación.

Tabla 2 - Análisis Comparativo

Aeropuerto	Tipo de Estructura	Tipo de Espaciamento	Eficiencia Estructural	Diagrama
NAIM MEX	Estructura Espacial al Suelo	Terminal + Vestibulo	42 - 54 kg / m <sup>2</sup> Suma de la Estructura Espacial a los Foniles por "Resumen de las Bases de Diseño de las Cantidades de Techumbre"	
King Abdulaziz International Airport (KAIA)	Estructura Espacial en Columnas	Terminal – Central Post - Seguridad Internacional	106 kg / m <sup>2</sup>	
Beijing Capital International Airport Terminal 3	Estructura Espacial en Columnas	Terminal – Procesador de Pasajeros (Bahía Típica)	130 kg / m <sup>2</sup>	
Abu Dhabi International Airport (ADIA)	Estructura Espacial en Columnas	Terminal – Procesador de Pasajeros	244 kg / m <sup>2</sup>	

- 2) El diseño propuesto de la losa de cimentación es una mezcla de hormigón, que utiliza una cantidad sustancial de material de cemento agregado en comparación con la mezcla predeterminada de la misma resistencia, con lo que se observa una reducción significativa en los impactos ambientales. Por ejemplo, hay una reducción del 25% en el potencial de calentamiento global. Esto es especialmente importante para el proyecto ETP, donde la losa de cimentación representa el 70% del volumen de concreto en el proyecto, y esto se debe a un factor muy importante en la reducción de los impactos ambientales. El potencial de calentamiento global, por sus siglas en ingles GWP, de las diferentes mezclas de concreto utilizadas son:

Tabla 3 - Elementos Estructurales

Tipos de Mezcla	Para Elementos	Línea Base Athena GWP (kg/kg)	Propuesto Athena GWP (kg/kg)
C1	Pilotes	0.252	0.206
C1	Losa y Muros Perimetrales	0.252	0.187
C2	Niveles Superiores Sobre Rasante	0.249	0.221
C2	Columnas y Rampas	0.249	0.208
C3	Relleno de Columna	0.283	0.248
C4	LWC	- - -	0.423
C5	Losa Ciega de Cimentación	0.249	0.208
C5	Relleno de Masa de Hormigón	0.249	0.205

Se observó que una de las primeras presentaciones para la mezcla concreta no cumplió con la parte especificada y fue rechazada, en parte, por no cumplir con los objetivos de sostenibilidad del proyecto.

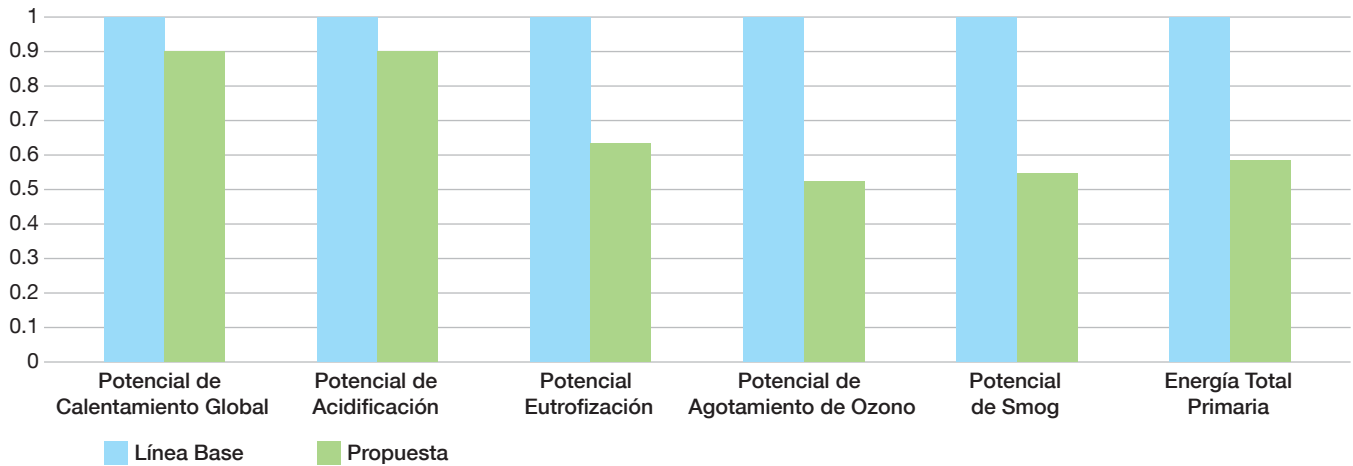
#### 4.4.3. Resultados

Se observaron reducciones en todas las medidas de impacto ambiental después del análisis completo. La tabla y la gráfica a continuación muestran los resultados generales del análisis.

Tabla 4 - Resultados de Impactos Ambientales

Medidas ACV	Unidades	Línea Base	Propuesta	% Reducción
Potencial de Calentamiento Global	kg CO2 eq	1,248,508,339	1,118,130,316	10%
Potencial de Acidificación	kg SO2 eq	6,368,443	5,896,240	7%
Potencial de Eutrofización	kg N eq	592,012	374,885	37%
Potencial de Agotamiento de Ozono	kg CFC-11 eq	13.1	6.8	48%
Potencial de Smog	kg O3 eq	121,100,526	66,869,847	45%
Energía No Renovable	MJ	16,090,565,763	9,379,976,693	42%

Gráfica 1 - Estructura y Envoltente de la ETP



#### 4.4. Conclusiones

El diseño permitió y mostró una reducción en los Impactos Ambientales para ayudar a lograr los tres puntos buscados para el Crédito LEEDv4. El modelado fue un desafío para el equipo debido a la limitada información disponible en México, que debía desarrollarse específicamente para el proyecto. Sin embargo, los resultados muestran que las decisiones de diseño tomadas para los elementos más impactantes mostrarán los beneficios de la vida útil para cumplir con el objetivo sustentable del ETP y el programa general del aeropuerto.

Es mejor realizar el ACV al inicio de un proyecto porque facilita la comprensión de las diferentes opciones disponibles para optimizar los impactos ambientales del ciclo de vida del proyecto, y esto puede ayudar a obtener los mejores ahorros posibles. Sin embargo, esto solo es posible cuando existe una buena base de datos de información que permita tales comparaciones. Esto no existe para el área de la Ciudad de México, por lo que el análisis es más limitado y puede haber ahorros adicionales en algunas áreas que no se pueden prever.

También es un desafío obtener productos y materiales con certificaciones en México. GACM ha estado trabajando con las diferentes entidades para ayudar a mostrar estos beneficios generales.

Finalmente, el análisis asume los mismos sistemas mecánicos y eléctricos en ambos edificios. Dado que el ETP, la Planta Central de Servicios asociada y la generación de energía renovable buscan grandes ahorros en estos sistemas. De manera global, los ahorros derivados del ciclo de vida del edificio completo serán seguramente mayores.

- La estructura y el diseño de la envoltente del ETP muestran impactos ambientales reducidos en comparación con un edificio de referencia.
- Para garantizar que los beneficios sean obtenidos, es importante que se verifiquen las especificaciones cuidadosamente en las entregas del contratista.
- Es posible obtener beneficios adicionales con una base de datos mexicana disponible más extensa.
- La cadena de suministro mexicana para productos sustentables está en sus etapas tempranas y haciendo uso cuidadoso de programas de certificación, este mercado puede crecer y ofrecer beneficios futuros a otros proyectos.

### 5. Indicadores de Desempeño

Se están desarrollando indicadores de desempeño específico para dar seguimiento a los reportes en conformidad con el marco de los Bonos Verdes.

#### 5.1. Edificios Elegibles

El diseño del programa del aeropuerto que actualmente se encuentra en desarrollo se basa en la versión 4 de LEED, la cual se clasifica en la siguientes categorías.

Tabla 5 - Calificación LEED para los edificios del NAIM

Edificio	Objetivo de Calificación de LEED v4
Edificio Terminal de Pasajeros	Platino
Centro de Transporte Terrestre	Oro
Torre de Control de Tráfico Aéreo	Oro
Centro de Control de Área	Oro

Adicionalmente a los edificios específicos que forman parte de la clasificación LEED, se consideran aquellos impactos generados en otros edificios y sistemas auxiliares para lograr estos objetivos.

La Planta Central de Servicios está ubicada en la zona Oeste del aeródromo y suministra agua helada para enfriar el edificio de la Terminal y la Torre de Control Aéreo, así como las instalaciones que se encuentran al norte del campo medio (Midfield). El sistema de enfriamiento está diseñado para lograr un alto nivel de desempeño en la eficiencia energética.

El Centro de Transporte Terrestre incluirá una estación de autobuses y una estación de metro. Una nueva estación de autobuses se ubicará al norte del sitio para los empleados de las áreas del Midfield. La conectividad para los trabajadores del aeropuerto, así como para los pasajeros es crítica para la apertura exitosa del proyecto y la reducción de viajes en automóvil.

El Proyecto incluye Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Todas las aguas negras de la fase inicial de desarrollo serán tratadas a un nivel alto para cumplir con los requisitos del Código de Construcción de California y de este modo, proporcionar el suministro de agua tratada a los edificios del aeropuerto para sanitarios, irrigación y necesidades de limpieza.



### 5.2. Estrategias de Reducción y Consumo de Energía y Agua

La MIA revisó los valores de observación actuales de consumo de agua y energía en el aeropuerto existente: basado en estos usos, el nuevo aeropuerto tiene como objetivo reducir alrededor del 70% en el consumo de agua y 40% en el consumo de energía.

Todos los edificios que buscan una valuación LEED actualmente tienen como objetivo reducir los costos de energía al 50% para satisfacer los puntos disponibles. Este 50% de reducción de costos se modeló a través de las siguientes estrategias:

- Implementación de Medidas de Conservación de Energía (ECM's) dentro del edificio.
- Conexión a una Planta Central de Servicios de Alta Eficiencia.
- Energía procedente de fuentes de energía renovables.

El consumo de agua se está reduciendo a través de las siguientes estrategias:

- Planta de tratamiento de aguas residuales dedicada en el sitio, que dará suministro de agua tratada.
- Uso de accesorios de baño de bajo consumo para inodoros que usarán agua tratada en los edificios que buscan obtener la valuación LEED.
- Uso de accesorios de baño de bajo consumo para lavabos que usarán agua potable en los edificios que buscan obtener la valuación LEED.

### 5.3. Emisiones de Gases Efecto Invernadero

Según lo establecido en la MIA, los diseños de edificios, calderas y plantas de energía que se proponen reducirán las emisiones de gases efecto invernadero en un 50% comparado con el actual Aeropuerto de la Ciudad de México.

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero se alinea con las estrategias de reducción de energía mencionadas anteriormente para el consumo de energía.

Otras oportunidades que se están implementando o investigando en este momento son las siguientes:

- Utilización de paneles fotovoltaicos para proveer la iluminación del emplazamiento y la protección perimetral durante la construcción.
- Provisión de infraestructura suficiente para permitir que el Equipamiento de Apoyo en Rampa (eGSE) para las aerolíneas y los operadores en tierra, para reducir la contaminación atmosférica del lado aire no aeronáutico.
- Identificación de lugares de recursos naturales y productos para reducir la contaminación por su transporte al sitio.

### 5.4. Reducción de Residuos y Desvío de Relleno Sanitario

La MIA describe una serie de objetivos de reducción y reciclaje. En general, el nuevo aeropuerto busca una reducción del 10% al 30% en la generación de residuos y una mejora del 10 al 30% en la cantidad de residuos desviados a instalaciones de reciclaje.

### 5.5. Compra de Energía o Generación de Energías Renovables en Sitio

El uso de la energía fotovoltaica se está utilizando actualmente para la iluminación del sitio.

También se está realizando un extenso estudio de factibilidad. Esto es para determinar la mejor solución de costo para cumplir con las demandas LEED del proyecto.

### Referencias

1. Athena Sustainable Materials Institute <http://www.athenasmi.org/>.
2. FP-FREE S. de R.L. de C.V. (Arup) Report - LEED v4 credit for Building Life Cycle Impact Reduction - Option 4: Whole Building Life-Cycle Assessment (WBLCA).
3. The American Institute of Architects – AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice – 2010.
4. The Athena Sustainable Materials Institute – Combined Research Report; Comparative Life Cycle Environmental Assessments: Red River College, Princess Campus Project – 2002.
5. Grace K. C. Ding, University of Technology Sydney – Life Cycle Assessment (LCA) os sustainable buildings materials: an overview – 2016.
6. The Carbon Leadership Forum – Life Cycle Assessment of Buildings: A Practice Guide – 2018.
7. UNEP / SETAC Life Cycle Initiative – Life Cycle Approaches; The road from analysis to practice – 2015.
8. Niklaus Kohler, Sebastian Moffatt – Life cycle analysis of the built environment – 2003.
9. Leonor Patricia Güereca; Daniel Jato-Espino; Esther Lizasoain-Arteaga – Life cycle assessment of construction materials: analysis of environmental impacts and recommendations of eco-efficient management practices – 2018.
10. Joint Research Centre – Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings – 2018.