

TASANA

INGENIERO CIVIL MAESTRO

Av. Paseo de la Reforma #404

Edificio Moncayo, piso 14

Col. Juárez, Del. Cuauhtemoc

C.P. 06600

México D.F., México

52076044 Teléfono

info@tasana.mx E mail

Método Observacional de la Pista 2 y 3 – Reporte Bimestral – Desempeño de la Sobrecarga – Junio del 2018

Junio 2018

Proyecto: “Proyecto ejecutivo de pistas, rodajes y plataformas y ayudas a la navegación y otras instalaciones del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México”

No. de Contrato: ITP-SRO-DCAGI-SC-015/2015



Referencia: TSN_GACM_REP_0580

INDICE	Página
1 RESUMEN	5
2 INTRODUCCIÓN	7
2.1 Metodología	7
2.2 MO junio del 2018	8
2.3 Análisis de asentamiento por zona	10
2.4 Estado actual de los trabajos de construcción	10
2.5 Estructura del Reporte	13
3 REQUISITO A: CAPACIDAD DE CARGA	15
3.1 Puntos de Partida	15
3.2 Verificación del requisito A	16
3.3 Conclusiones por Zona para el requisito A	17
3.3.1 Pista 2 Zona 1a	17
3.3.2 Pista 2 Zona 3a	18
3.3.3 Pista 2 Zona 3b	19
3.3.4 Pista 2 Zona 4c	20
3.3.5 Calles de Rodaje C y D Zona 3b	21
3.3.6 Calles de Rodaje C y D Zona 4a	22
3.3.7 Pista 2 Zona 5a	22
3.3.8 Calles de Rodaje C y D Zona 5b	22
3.3.9 Calles de Rodaje C y D Zona 6a	23
3.3.10 Pista 2 Zona 6b	23
3.3.11 Pista 2 Zona 7	23
3.3.12 A520 2 Zona 9	23
3.3.13 Pista 2 Zona 10	23
3.3.14 Pista 2 Zona 12	24
3.3.15 Calles de Rodaje C y D Zona 13	25
3.3.16 Calles de Rodaje C y D Zona 8	26
3.3.17 Pista 3 y Calles de Rodaje F y G Zona 1	26
3.3.18 Pista 3 y Calles de Rodaje F y G Zona 3	26
3.3.19 Calles de Rodaje F y G Zona 4a	26
3.3.20 Pista 3 Zona 4b	27
3.3.21 Pista 3 y Calle de Rodaje F y G Zona 6	27
3.3.22 Pista 3 - Zona 7b	27
3.3.23 Calle de Rodaje F y G Zona 7a	28
3.3.24 Calle de Rodaje DD y EE Zona 9	30

4	REQUISITO B: ASENTAMIENTO RESIDUAL Y DIFERENCIAL (OACI)	31
4.1	Puntos de partida	31
4.1.1	Requisitos de aspereza, regularidad y pendiente del pavimento	31
4.1.2	Requisitos de asentamiento diferencial	32
4.2	Valor objetivo inicial	33
5	VERIFICACIÓN DE MEJORA DE SUELO: INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	34
5.1	Introducción	34
5.2	Conclusiones preliminares de la Investigación de Terreno GI	34
6	EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE SOBRECARGA	35
6.1	Introducción	35
6.2	Resultados	36
6.2.1	La influencia de anomalías al cumplir los requisitos de pendiente longitudinal	38
6.2.2	Zonas para las cuales 12 meses no es suficiente	41
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
1	ANEXO I: DESCRIPCIÓN DE ZONAS	45
1.1	Introducción	45
1.2	Zona 1a, Pista 2	45
1.2.1	Definición de Zona	45
1.2.2	Monitoreo	46
1.2.3	Trabajos de construcción	46
1.2.4	Geometría y Estratigrafía	46
1.2.5	Retro análisis	48
1.3	Zona 3a, Pista 2	54
1.3.1	Definición de Zona	54
1.3.2	Trabajos de construcción	54
1.3.3	Monitoreo	55
1.3.4	Retro-análisis	55
1.4	Zona 3, Pista 3	58
1.4.1	Definición de Zona	58
1.4.2	Trabajos de construcción	58
1.4.3	Monitoreo	58
1.4.4	Retro-análisis	58
1.5	Zona 7a, Pista 3	63
1.5.1	Definición de Zona	63
1.5.2	Trabajos de construcción	64
1.5.3	Monitoreo	64

	1.5.4	Retro-análisis	64
1.6		Zona 7b, Pista 3	65
	1.6.1	Definición de Zona	65
	1.6.2	Trabajos de construcción	66
	1.6.3	Monitoreo	66
	1.6.4	Retro-análisis	67
1.7		Zona 9, Pista 3	68
	1.7.1	Definición de Zona	68
	1.7.2	Trabajos de construcción	69
	1.7.3	Monitoreo	69
	1.7.4	Retro-análisis	69
2		ANEXO II: PARÁMETROS DEL SUELO DEL RETRO-ANÁLISIS	70
3		ANEXO III: GRADO DE CONSOLIDACIÓN DEL EDÓMETRO, DISIPACIÓN DIRECTA DEL PIEZÓMETRO PUSH-IN Y PRUEBAS CPTU	74
1		INTRODUCCIÓN	74
2		CONDICIONES DEL TERRENO	74
3		PRUEBAS DE EDÓMETRO	75
4		PRUEBAS DE DISIPACIÓN DPPI	79
5		DISCUSIÓN	82
6		INCONSISTENCIAS EN LA INFORMACIÓN	83
7		CONCLUSIONES	84
8		REFERENCIAS	85

1 RESUMEN

En este reporte bimestral del Método Observacional (desempeño de la sobrecarga) se evalúa la sobrecarga y asentamiento subsecuente en las Pistas 2 y 3 y las calles de rodaje paralelas adyacentes del NAICM.

Este reporte se enfoca en las zonas al Norte del paquete de la Pista 2 y las zonas al sur del paquete de la Pista 3. Este reporte describe las conclusiones preliminares para los pasos 3 y 4. El reporte será actualizado nuevamente dentro de 2 meses. Las siguientes zonas son evaluadas (ver la figura 1):

- Pista 2: Zona 1a, Zona 3a
- Calles de Rodaje C y D: Zona 3a
- Pista 3: Zona 7b
- Calles de Rodaje F y G: Zona 7a
- Calles de rodaje DD y EE: Zona 9

Se hacen las siguientes conclusiones con respecto al MO:

- En la Zona 3b de la Pista 2 y Calles de Rodaje C y D, no se espera que los asentamientos sean suficientes después de 12 meses. Se han evaluado las opciones para modificaciones. Se recomienda continuar con el bombeo activo y monitorear el asentamiento. Tal vez se requiera una excavación de aproximadamente 1.0m en la arcilla para reemplazarla con Tezontle. Además, el bombeo vertical activo deberá de ser aplicado para reducir la cantidad necesaria de excavación.
- En las zonas 7a, 7b y 9 del Paquete 3, se ha colocado el 3er metro. TASANA monitoreará el comportamiento, En la Zona 7b y 9, este comportamiento mostrará si la sobrecarga adicional es suficiente para alcanzar el asentamiento requerido.
- Alrededor de los instrumentos en las zonas 7a y 7b del Paquete 3, parece que los PVDs no han sido instalados. TASANA recomienda encarecidamente instalar los PVDs lo más pronto posible para las Zonas que ya se han proporcionado muchas veces en reportes mensuales y cartas.
- El grado de consolidación esperado después de 12 meses de sobrecarga varía entre 75 a 95% para las zonas enlistadas arriba, excepto para la Zona 3a de Pista 02, donde la consolidación quizás sea menor (aproximadamente 65%). Esto tendrá un efecto adverso en los asentamientos residuales y quizás se requiera mayor sobrecarga en la zona para alcanzar los requisitos de la OACI.
- No se recomienda material de sobrecarga adicional para las zonas analizadas en este reporte mensual. En Calle de Rodaje de Salida Rápida

(De sus siglas en inglés, RET) en la zona 7b quizás se requiera sobrecarga adicional para cumplir el requisito de capacidad de carga. Esto será verificado en el siguiente reporte mensual. Quizás aún se requiera de sobrecarga adicional en las zonas analizadas en los siguientes meses.

- En muchas zonas se observa que el peso de la sobrecarga adicional es menor que el material colocado al inicio del proyecto. Por lo tanto, existe el riesgo de que el desempeño de la sobrecarga adicional se sobrestime en los modelos.

En este reporte se han evaluado los asentamientos residuales para una gran cantidad de zonas para determinar los efectos de remover la sobrecarga después de 12 meses. Las zonas se identifican en la Figura 2. Se sacan las siguientes conclusiones:

- Para la Zona 7 en el Paquete 2 no son suficientes los 12 meses de sobrecarga para cumplir con los requisitos de pendiente transversal de la OACI. 14 meses de sobrecarga proporcionarán suficiente consolidación por debajo del eje de la Pista para cumplir con el requisito. Por lo tanto se recomienda que la sobrecarga se mantenga en su lugar por 14 meses en la Zona 7 del Paquete 2. Esto mantiene el programa de construcción propuesto por TASANA durante las presentaciones del MO de mayo.
- Para las zonas 1 y 3 del paquete 3 no son suficientes los 12 meses de sobrecarga para cumplir con los requisitos de la OACI. No es recomendable remover la sobrecarga después de 12 meses. Las medidas requeridas para esta zona serán evaluadas en los siguientes meses.
- Para las zonas restantes enlistadas abajo se considera que 12 meses es suficiente para cumplir con los requisitos de la OACI (que son aplicables para estas zonas).
 - Paquete 2 Zona 4a
 - Paquete 2 Zona 5a
 - Paquete 2 Zona 5b
 - Paquete 2 Zona 6a
 - Paquete 2 Zona 6b
 - Paquete 2 Zona 10
 - Paquete 2 Zona 12
 - Paquete 2 Zona 13
- Las zonas al Sur del Paquete 2 y zona central a norte del paquete 3 serán analizadas en reportes futuros.

La precisión del modelo incrementa cuando existe mayor información de asentamiento de la instrumentación. En los siguientes meses, cuando haya más información relevante sobre la sobrecarga, TASANA actualizará las verificaciones y recomendaciones. Además, la precisión del MO en el Paquete 3 será menor que en

el Paquete 2 debido a la instalación retrasada de los PVD alrededor de los instrumentos y la variabilidad en las secuencias de construcción.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Metodología

Con la aplicación del MO para las pistas y calles de rodaje (transversales), el GACM tiene la posibilidad de tomar decisiones en relación con el diseño de la sobrecarga y el diseño del pavimento contrastado con: el tiempo, costos y aceptación de los incrementos en los ciclos de mantenimiento. Los criterios para tomar decisiones relacionados con el diseño de la sobrecarga y del pavimento son requisitos relacionados con:

- A. Capacidad de carga del pavimento: espesor del Tezontle al final del asentamiento de sobrecarga; (evaluado por zona en la Sección 3)
- B. Requisitos de la OACI para la pendiente del pavimento longitudinal y pendiente transversal y del nivel de la zona de transición: Asentamientos residuales (después de la construcción) (evaluados por zona en la Sección 3.3.24)

Los pasos del MO son descritos en el reporte de Implementación del MO (TSN_GACM_REP_0571):

- Paso 1) Se realiza un diseño con base en las condiciones más probables (TSN-GACM-REP-317);
- Paso 2) Definición de escenarios para condiciones moderadamente conservadoras (análisis sensitivo), descrito en el reporte (TSN_GACM_REP_0571);
- Paso 3) Monitoreo y verificación del comportamiento del terreno durante la sobrecarga (el “retro-análisis”);
- Paso 4) Un plan de acción de contingencia con modificaciones que se pone en operación si se exceden los límites definidos o el comportamiento aceptable.

Cuando la sobrecarga completa es colocada y los asentamientos están progresando, los asentamientos observados (corregidos para subsidencia) pueden ser comparados con los resultados del Modelo de Línea Base. El modelo de línea base será entonces ajustado recurrentemente por zona (ver la sección 2.1) para ajustarse más o menos a los asentamientos superficiales actuales (medidos con placas de asentamiento) y sobre toda la altura de las capas de arcilla compresible (medidas con extensómetro). La información de las celdas de presión será usada para verificar las cargas actuales. El modelo de base ajustado es usualmente referido como el Modelo de asentamiento del MO. El modelo de asentamiento del MO es un modelo ‘dinámico’ por zona, que puede ser actualizado de manera bimestral.

Con este procedimiento, la confianza de la exactitud del modelo de asentamiento del MO incrementa con el tiempo. Después de aproximadamente 4 meses de sobrecarga, el modelo de asentamiento del MO puede ser utilizado para realizar las primeras predicciones hacia el fin de la sobrecarga y más allá (durante operaciones del NAICM). Con base en el resultado de estas predicciones, el momento de remoción de la sobrecarga podrá ser definido y/o se harán recomendaciones sobre modificaciones del diseño de la sobrecarga, diseño del pavimento o del espesor del tezontle.

2.2 MO junio del 2018

Este reporte describe las conclusiones preliminares para los pasos 3 y 4. El reporte será actualizado dentro de 2 meses. Se evalúan las siguientes zonas (ver la figura 1):

- Pista 2: Zona 1a, Zona 3a
- Calles de Rodaje C y D: Zona 3a
- Pista 3: Zona 7b
- Calles de Rodaje F y G: Zona 7a
- Calles de Rodaje DD y EE: Zona 9

Además, los asentamientos medidos en las siguientes zonas son comprados con las zonas evaluadas en los reportes previos (TSN_GACM_REP_0577 y TSN_GACM_REP_0578):

- Pista 2: Zona 4c, Zona 7, y Zona 12
- Calles de Rodaje C y D: Zona 5a y Zona 13
- Calles de Rodaje DD y EE: Zona 10
- Pista 3 y Calles de Rodaje F y G: Zona 6
- Pista 3: Zona 4b
- Calles de Rodaje F y G: Zona 4c

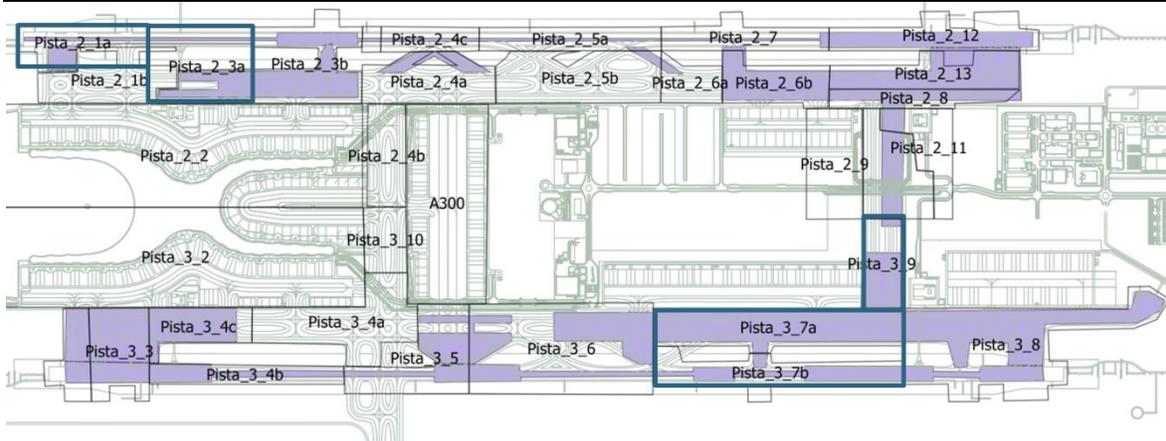


Figura 1: División de zonas para el MO en la Pista 2 y 3 de octubre del 2017. En azul se presentan las zonas que han sido evaluadas para el comportamiento de asentamiento.

Finalmente, para las zonas norte y centrales del Paquete 2 y al sur del Paquete 3 se evalúa el desempeño de la sobrecarga con respecto al cumplimiento de los requisitos de pavimento de la OACI. Las zonas son mostradas en la Figura 2. La remoción de la sobrecarga es posteriormente evaluada, donde el comienzo de la sobrecarga para una Zona es la fecha en que el 2do metro de sobrecarga ha sido construido para un 90% de la zona.

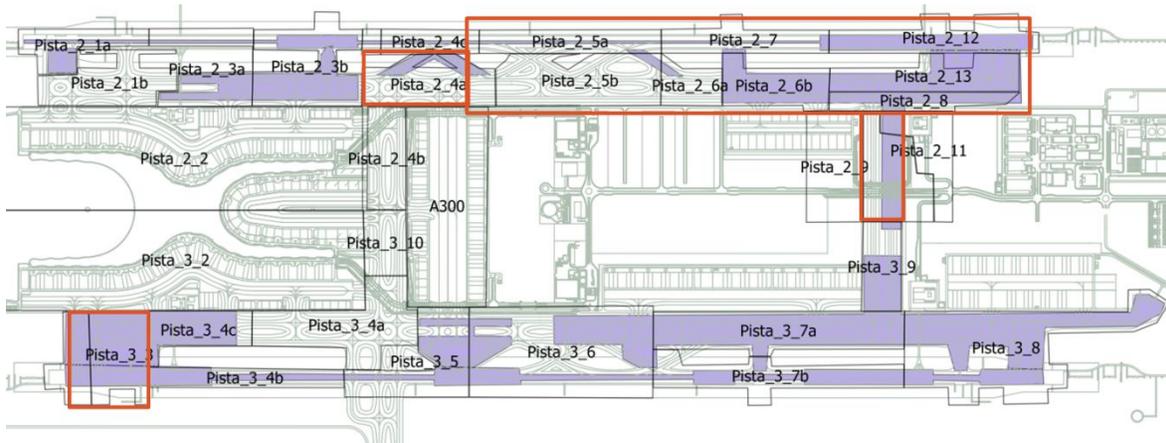


Figura 2: Zonas en la que se ha evaluado el desempeño de la sobrecarga con respecto de los requisitos de pavimento de la OACI.

Al final de la sobrecarga se debería de haber desarrollado el asentamiento suficiente para cumplir con el requisito de espesor de tezontle después de la re-nivelación para capacidad de carga de la cimentación de pavimento. Las últimas revisiones del requisito se consideran parte del capítulo de pavimentos del MO y fuera del alcance de este reporte.

Este reporte se enfoca en los asentamientos residuales. Al final de la sobrecarga se debió de haber desarrollado suficiente mejora de suelo para cumplir con los requisitos de la OACI:

- Requisito de pendiente transversal de la OACI
- Requisitos de pendiente longitudinal de la OACI
- Asentamiento diferencial de las áreas de transición

2.3 Análisis de asentamiento por zona

Como se mencionó arriba, el MO es aplicado por Zona. Las zonas son definidas de acuerdo a las siguientes características:

1. Secuencia constructiva de la sobrecarga.
2. Anomalías predeterminadas: Las zonas de estancamiento, diques, o el área de cascajo son utilizados para realizar la definición preliminar de las zonas.
3. Proximidad geoespacial: las zonas son áreas conectadas dentro del área de sobrecarga, y limitadas por ya sea el paquete 2 o el paquete 3.
4. Comportamiento de asentamiento: las zonas son definidas de acuerdo a las placas de asentamiento que muestran tasas de asentamiento similares después del inicio de la sobrecarga con una variabilidad del 15%. Ver Anexo 1 – Descripción de las zonas.

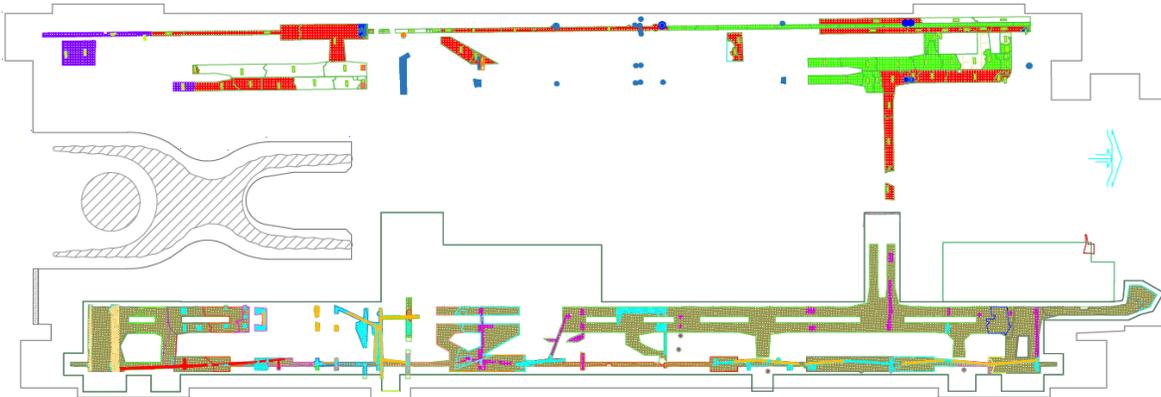
Las características de las zonas de este reporte son descritas en el Anexo 1, enfocándose en los trabajos de construcción, problemas del monitoreo y detalles del retro-análisis.

2.4 Estado actual de los trabajos de construcción

La tabla 3 muestra el estado actual de la sobrecarga de la Pista 2 y 3 (iniciando en febrero) y de las calles de rodaje adyacentes. El periodo de sobrecarga más largo está en el norte, en la Pista 2 y en la Calle de rodaje DD y EE.

Zone	Mean	St. dev [days]	Start of surcharging 90% percentile
P2Z1a	21/11/2017	7	02/12/2017
P2Z1b	26/11/2017	8	02/12/2017
P2Z3a	06/11/2017	14	23/11/2017
P2Z3b	24/10/2017	13	15/11/2017
P2Z4a	26/10/2017	18	16/11/2017
P2Z4b	24/12/2017	75	23/05/2018
P2Z4c	11/10/2017	5	19/10/2017
P2Z5a	18/09/2017	17	05/10/2017
P2Z5b	25/09/2017	21	25/10/2017
P2Z6a	29/08/2017	7	08/09/2017
P2Z6b	02/09/2017	7	12/09/2017
P2Z7	25/07/2017	10	29/07/2017
P2Z8	09/10/2017	10	17/10/2017
P2Z9	17/06/2017	3	22/06/2017
P2Z10	01/07/2017	7	07/07/2017
P2Z11	28/07/2017	12	10/08/2017
P2Z12	11/08/2017	7	18/08/2017
P2Z13	19/09/2017	16	14/10/2017
P3Z1	06/09/2017	2	08/09/2017
P3Z3	06/09/2017	7	13/09/2017
P3Z4a	14/11/2017	82	11/01/2018
P3Z4b	12/10/2017	31	13/11/2017
P3Z5	11/10/2017	22	31/10/2017
P3Z6	15/10/2017	19	14/11/2017
P3Z7a	16/11/2017	23	05/12/2017
P3Z7b	17/12/2017	4	22/12/2017
P3Z8	17/12/2017	4	22/12/2017
P3Z9	04/01/2018	6	15/01/2018
P3Z10	31/10/2017	28	30/12/2017

Tabla 3: Estado actual de la sobrecarga de la Pista 2 y 3 y de las calles de rodaje adyacentes iniciando en febrero.



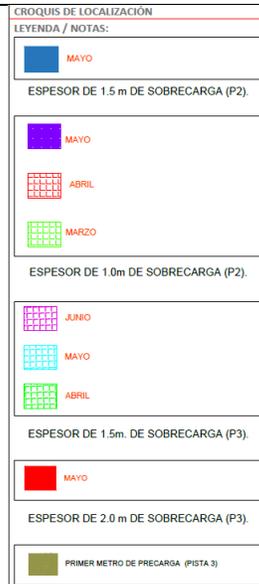


Figura 4: Estatus de la construcción de la sobrecarga adicional (TASANA, Julio 2018)

La figura 4 muestra el estatus de la construcción de la sobrecarga adicional a través de la Pista 2 y 3 y las Calles de rodaje adyacentes. La figura 5 muestra el diseño del Sistema de Bombeo Vertical Activo (AVPS).

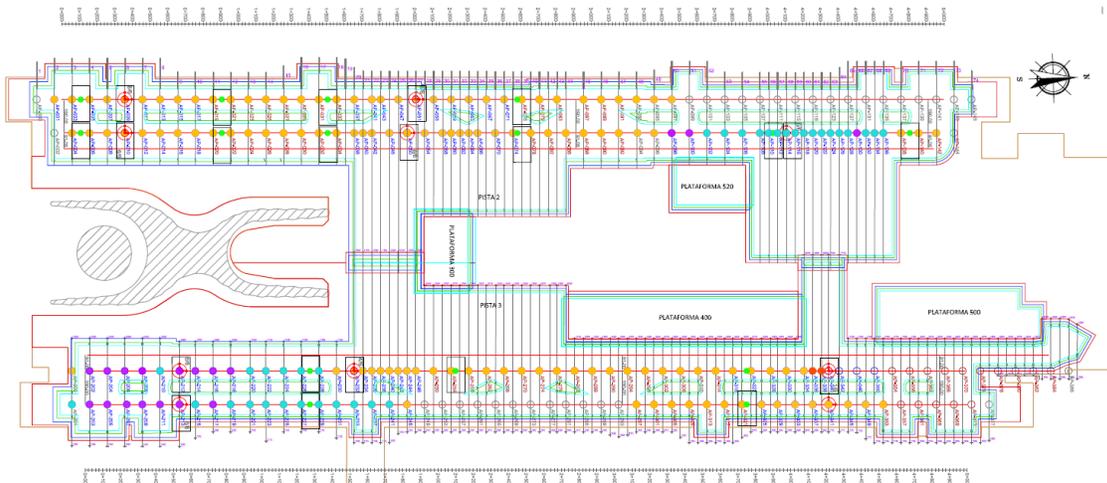


Figura 5: Diseño y estatus del sistema AVPS sobre la pista Pista 2 y 3 y las Calles de Rodaje adyacentes (SIPNA, Junio 2018)

SIMBOLOGÍA:

	SISTEMA DE BOMBEO VERTICAL ACTIVO POZO COLECTOR Y BOMBA DE ACHIQUE		GRUPO DE POZO DE OBSERVACIÓN
	SISTEMA DE BOMBEO VERTICAL ACTIVO POZO COLECTOR		POZO DE OBSERVACIÓN AISLADO
	SISTEMA DE BOMBEO VERTICAL ACTIVO EXCLUIDO EN LA SEGUNDA ENTREGA		SISTEMA DE POZO DE BOMBEO EN OPERACIÓN
	EJE DE PISTAS Y CALLES DE RODAJE		POZO DE BOMBEO CON EQUIPO DE BOMBEO INSTALADO
	EJE DEL TUBO DE DRENAJE HORIZONTAL		POZO DE BOMBEO CON TUBO COLECTOR INSTALADO
	CAPA DE TEZONTLE 1 = 0,50 m		EXCAVACIÓN PARA ALOJAR EL TUBO COLECTOR
	CAPA DE TEZONTLE 2 = 0,50 m		POZO DE OBSERVACIÓN INSTALADO
	CAPA DE TEZONTLE 3 = 1,00 m		
	CAPA DE PRECARGA 1 = 1,00 m		
	CAPA DE PRECARGA 2 = 1,00 m		

Figura 6: Clave para entender la Figura 5.

2.5 Estructura del Reporte

En los siguientes capítulos se reportan las evaluaciones más recientes de la mejora de suelo. La sección 3 y 4 proporcionan la conclusión preliminar por zona con respecto a los requisitos de pavimento A y B principales. En la sección 5 se reporta la verificación de la mejora de suelo observada de las investigaciones de suelo llevadas a cabo durante la sobrecarga. En la sección 6 se reporta la evaluación de la mejora de suelo con respecto a los requisitos de pavimento para evaluar la fecha esperada para la remoción de sobrecarga. Finalmente, en la Sección 7 se proporcionan las conclusiones y recomendaciones.

El Anexo I proporciona un resumen del retro-análisis por Zona, en el cual se comparan las mediciones de la instrumentación MO con los modelos. La zona 1a de la Pista 2 se describe en mayor detalle para demostrar el proceso que es replicado para otras zonas. El Anexo II reporta los parámetros calculados en los modelos retro-analizados por Zona.

Se presenta una lista de los términos comúnmente usados en la siguiente tabla.

Término	Descripción
Sistema de Bombeo Vertical Activo (AVPS)	Para conectar las bombas directamente a los drenes horizontal instalados por debajo de la elevación de terreno y agua de bombeo que está en el Tezontle.
Retro-análisis	Sirve para ajustar el modelo de asentamiento, de modo que se acople a las observaciones medidas en los instrumentos del MO (por ejemplo: placas de asentamiento)
Base de Cemento Tratado (CTB)	Parte de la construcción de pavimento por debajo del pavimento (asfalto) que será una capa de agregado de basalto tratado con concreto.
Grado de Consolidación (U)	El porcentaje de disipación de exceso de presión de poro como resultado de la consolidación.
Estancamiento	La altura de la capa de agua en el Tezontle con respecto al nivel de terreno natural.
Comienzo de Sobrecarga	El momento en el que el 2do metro de terraplén de material pesado es construido.



Sobrecarga (<i>verbo</i>)	Colocación de la carga superficial que es mayor a la carga final del pavimento.
Material de sobrecarga	Material colocado para alcanzar la carga de sobrecarga que no es Tezontle (Basalto en su mayoría)
DC	Corteza Desechada (DC): De medio rígida a rígida, ARCILLA desechada (CH).
FAS	Formación Arcillosa Superior (FAS): ARCILLA de alta plasticidad (CH) muy suave a suave, verde grisáceo; entrelazada con finas capas de arena suelta, fina y sedosa y ocasionalmente con vidrio denso volcánico.
RETs	Calles de Rodaje de Salida Rápida, conectando las Pistas a las Calles de Rodaje paralelas en un ángulo que permite la salida rápida.
Zonas de espera	Conexión de las Calles de Rodaje entre Pistas y conjunto de Calles de Rodaje en un ángulo adecuado a las Pistas.
<u>Unidades de Suelo</u>	
CD	Capa Dura (CD): muy densa, de color verde grisáceo, ligeramente cementada a arena limosa (MH a SM).
FAI	Formación Arcillosa Inferior (FAI): Firme, haciéndose rígida con profundidad, ARCILLA verde grisácea de alta plasticidad (CH); entrelazada con finas capas de arena suelta a densa, fina y limosa y vidrio volcánico muy denso.
SES	Serie Estratificada Superior (SES): Secuencia heterogénea de suelos arcillosos, limosos y arenosos con alta variabilidad en consistencia, compacidad y compresibilidad.
FAP	Formación Arcillosa Profunda (FAP): ARCILLA de rígida a muy rígida, de color gris verdoso (CH), intercalada con capas de arena limosa y piezas de vidrio volcánico.
SEI	Serie Estratificada Inferior (SEI): Secuencia heterogénea de suelos arcillosos, limosos y arenosos con alta variabilidad en consistencia, compacidad y compresibilidad.

3 REQUISITO A: CAPACIDAD DE CARGA

3.1 Puntos de Partida

El punto de partida para este informe es el diseño de pavimento que consiste en una capa CTB de 0.95 m en combinación con una capa de Tezontle de 1.5 m (TSN_GACM_REP_0577). Con esta combinación, la capacidad de carga es garantizada por una vida de diseño de 20 años. El espesor actual de la capa de tezontle depende del asentamiento en cada ubicación. El asentamiento requerido por ubicación depende del nivel superficial local y del nivel futuro del pavimento, y por ende, variará espacialmente (ver la Figura 7).

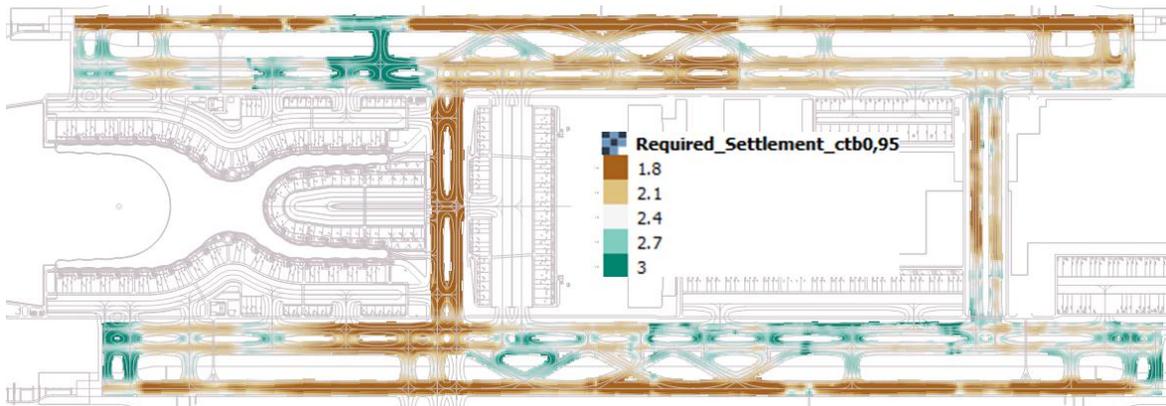


Figura 7: Asentamiento requerido para la configuración de pavimento con CTB=0.95m.

El asentamiento total puede ser monitoreado directamente y se pueden realizar modificaciones con base en la extrapolación de los asentamientos medidos hacia el asentamiento en el fin del tiempo de construcción. Si el asentamiento requerido no se puede cumplir con sobrecarga, se investigarán otras modificaciones.

3.2 Verificación del requisito A

Los resultados de los análisis del requisito de capacidad de carga son resumidos en la tabla 1. La tabla muestra el promedio esperado del espesor final del Tezontle durante la operación de acuerdo al asentamiento esperado después de 12 meses de sobrecarga con 2 m o 3 m de sobrecarga. En caso de que el espesor del Tezontle sea menor que 1.5 m, no se cumple el requisito de capacidad de carga. Las conclusiones de esta tabla se presentan en la Sección 3.3.

Tabla 1: Promedio de asentamientos de construcción por zona de acuerdo al Modelo de Asentamiento del MO por 12 meses, 2m de sobrecarga (Capa CTB 0.95m)

		Asentamiento requerido [m]	Asentamiento al final de la sobrecarga [m]	Espesor requerido del tezontle [m]	Espesor del Tezontle [m]	Cumple el requisito	Altura del asentamiento [m]
2_1a	RWY2_	2.06	2.28	1.50	1.71	yes	2m
2_1a	STUB_	2.26	2.08	1.50	1.32	no	2m
2_1a	RWY2_	1.53	3.06	1.50	3.02	yes	3m
2_1a	STUB_	2.62	2.78	1.50	1.65	yes	3m
2_3a	RWY2_	2.10	2.59	1.50	1.98	yes	2m
2_3a	RWY2_	1.81	3.03	1.50	2.71	yes	3m
2_3a	STUB_	2.66	2.81	1.50	1.64	yes	3m
2_3a	TWYC_	2.39	3.00	1.50	2.10	yes	3m
2_3a	TWYD_	2.37	2.99	1.50	2.11	yes	3m
3_1	RWY3_	2.28	3.03	1.50	2.24	yes	3m
3_1	STUB_	2.76	3.09	1.50	1.82	yes	3m
3_1	TWYF_	2.85	3.05	1.50	1.69	yes	3m
3_1	TWYG_	2.62	3.22	1.50	2.09	yes	3m
3_3	RWY3_	2.10	2.75	1.50	2.14	yes	3m
3_3	STUB_	2.64	2.73	1.50	1.58	yes	3m
3_3	TWYF_	2.35	2.91	1.50	2.06	yes	3m
3_3	TWYG_	2.31	2.85	1.50	2.04	yes	3m
3_7a	STUB_	2.40	2.43	1.50	1.52	yes	3m
3_7a	TWYF_	2.52	2.27	1.50	1.24	no	3m
3_7a	TWYG_	2.37	2.43	1.50	1.54	yes	3m
3_7b	RWY3_	1.93	2.04	1.50	1.59	yes	2m
3_7b	STUB_	2.15	2.06	1.50	1.40	no	2m
3_7b	RWY3_	2.00	2.68	1.50	2.18	yes	3m
3_7b	STUB_	2.60	2.95	1.50	1.84	yes	3m
3_9	TWYDD	1.88	2.20	1.50	1.80	yes	2m
3_9	TWYEE	2.01	2.12	1.50	1.60	yes	2m
3_9	TWYDD	2.51	2.33	1.50	1.31	no	3m
3_9	TWYEE	2.39	2.47	1.50	1.57	yes	3m

Las conclusiones por zona se proporcionan en la sección 3.3

3.3 Conclusiones por Zona para el requisito A

Con base en el Modelo de Asentamiento del MO, para cada zona, se evalúa el cumplimiento del requisito de capacidad de carga. Los resultados de estas evaluaciones se presentan a continuación.

3.3.1 Pista 2 Zona 1a

La zona 1a es la zona más al sur de la Pista 2, en donde la capa comprensible FAS alcanza lo más profundo (~30m de profundidad). La figura 8 muestra el asentamiento de construcción de acuerdo con el modelo de asentamiento del MO con 3m de sobrecarga en la Zona 1 en la Pista 2. De la Figura y la Tabla 1 se concluye que:

- Los primeros dos metros de sobrecarga son modelados con un peso unitario no saturado (γ_{unsat}) de 18kN/m³. Sin embargo, para ajustarse al asentamiento medido después de colocar la sobrecarga adicional, el último metro es modelado con $\gamma_{\text{unsat}}= 13\text{kN/m}^3$. Algunas observaciones en sitio han sugerido un contenido mayor de finos en el material dentro de esta zona en el sitio junto con material de tezontle mezclado con el material de sobrecarga. Sin embargo, una duración de monitoreo más larga será requerida para sacar conclusiones más fidedignas, ya que la información de asentamiento utilizada en la evaluación solo incluye 1 mes de información después de la colocación del 3er metro de precarga.
- El asentamiento de construcción esperado después de 12 meses de sobrecarga y remoción es de alrededor de 2.5 m para 3 m de aplicación de sobrecarga.
- Al borde del pavimento, donde no se ha colocado sobrecarga adicional, quizás no se cumpla con el asentamiento requerido. Se espera que el aplicar el AVPS en esta zona se proporcionen los asentamientos adicionales necesarios.

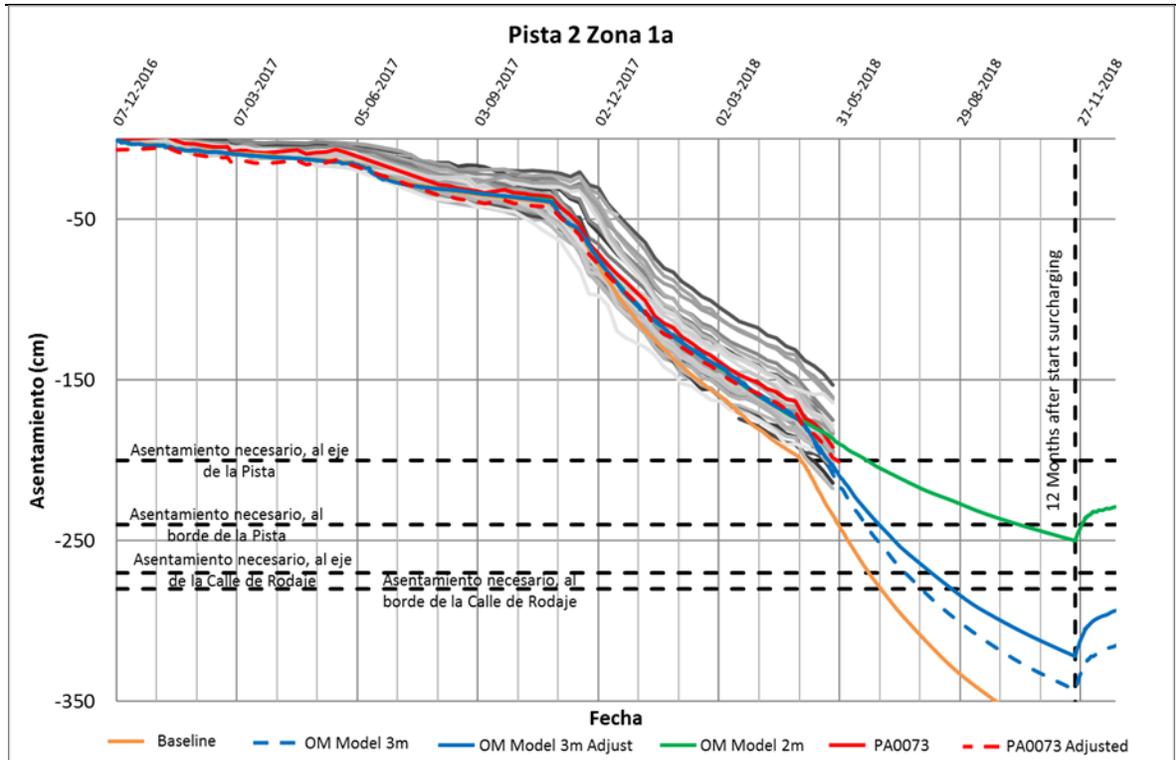


Figura 8: Asentamiento de construcción de acuerdo al modelo de asentamiento MO con 3 m de sobrecarga (línea azul) y 3m de sobrecarga, asumiendo el 13kPA de carga añadida debido al 3er metro (línea azul). También se presenta la predicción de línea base (línea naranja).

3.3.2 Pista 2 Zona 3a

La zona 3a se encuentra al sur de la Pista 2, en donde la capa comprensible FAS alcanza lo más profundo (~30m de profundidad). La figura 9 muestra el asentamiento de construcción de acuerdo con el modelo de asentamiento del MO con 3m de sobrecarga en la Zona 3a en la Pista 2. De la Figura y la Tabla 1 se concluye que:

- Se espera que cumpla la capacidad de carga, la tabla dice que se cumplirá para el borde del pavimento, pero el gráfico dice que no.
- Al borde del pavimento, donde no se ha colocado sobrecarga adicional, quizás no se cumpla con el asentamiento requerido. Se espera que el aplicar el AVPS en esta zona se proporcionen los asentamientos adicionales necesarios.

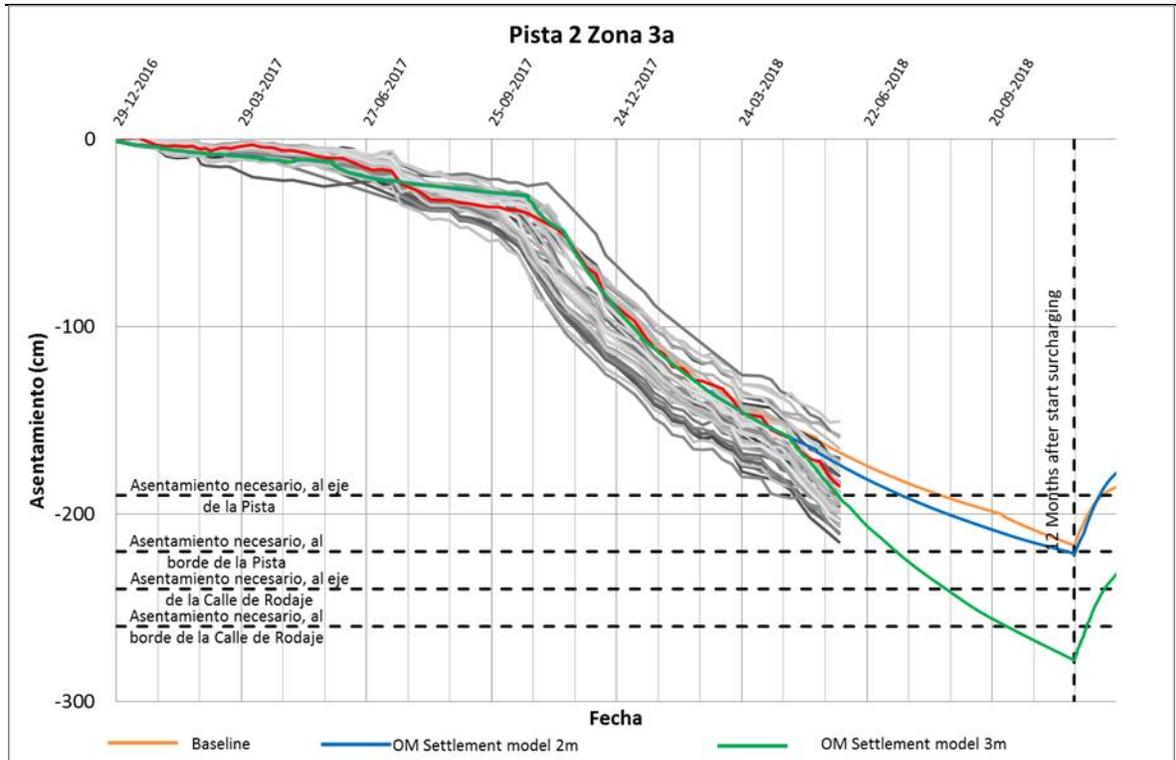


Figura 9: Asentamiento de construcción de acuerdo con el modelo de asentamiento del MO con 3m de sobrecarga (línea azul) y 3 m de sobrecarga, asumiendo el 13kPA de carga añadida debido al 3er metro (línea azul). También se presenta la predicción de línea base (naranja).

3.3.3 Pista 2 Zona 3b

En el reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579, se presentó el retro-análisis de la Zona 3b en la Pista 2. Se concluyó que el asentamiento de construcción no sería suficiente después de 12 meses no sería suficiente para cumplir con el requisito de capacidad de carga relacionada al espesor del tezontle por debajo de la CTB y el pavimento. En este reporte se evalúan las siguientes modificaciones adicionales para el área de Pista:

1. Bombeo activo para reducir el nivel de agua durante la construcción.
 - Pros: Se llevará a cabo a lo largo del sitio y, por lo tanto, los asentamientos diferenciales entre las áreas serán insignificantes.
 - Contras: La medida es efectiva, pero no es suficiente por si sola para alcanzar el asentamiento deseado.
2. Incremento en el tiempo en que la sobrecarga se deja colocada, permitiendo tiempo extra para que ocurra un asentamiento adicional.
 - Pros: incrementará la cantidad de asentamiento de construcción y, por lo tanto también el espesor del tezontle dejado en su lugar después de nivelas.
 - Contras: Requerirá de tiempo adicional con un impacto en el programa de para la construcción/terminación del pavimento y quizás no sea suficiente.
3. Añadir un 4to metro de sobrecarga para incrementar la carga.

- Pros: Incrementará la cantidad de asentamiento de construcción en un corto periodo de tiempo.
 - Contras: Requerirá de material extra. Algunas áreas solo tienen 2 metros de sobrecarga colocada, lo cual lleva a problemas con diferencias mayores en asentamientos residuales.
4. Excavar la parte superior de la capa de arcilla (Tezontle) y reemplazarla con suficiente espesor de tezontle para cumplir con los requisitos de capacidad de carga en el pavimento.
- Pros: Proporciona una capacidad de carga adecuada sin necesidad de medidas adicionales por el momento.
- Contras: Requiere que se realice una gran excavación, deshecho de FAS excavada y reemplazarla con tezontle compactado.

La tabla 2 muestra el espesor del Tezontle a lo largo de la Pista 2 que será alcanzado con el asentamiento modelado con un 3er metro de sobrecarga con y sin AVPS. Se muestra un promedio aproximado y un espesor mínimo.

Tabla 2: Asentamientos calculados para los escenarios que serán construidos en sitio.

Escenario	Duración [meses]	Espesor del Tezontle en la Nivelación [m]	
		“Promedio”	Mínimo
3m de sobrecarga	12	0.49	0.35
3m de sobrecarga (AVPS)	12	0.74	0.6

La magnitud del asentamiento a 12 meses con AVPS es 0.75 m menor que el asentamiento requerido para un espesor suficiente de tezontle. Para la Pista 2 – Zona 3b, se recomienda continuar con el bombeo activo y monitorear el asentamiento. Quizás se requiere una excavación de aproximadamente 1.0 m de arcilla y reemplazo por tezontle.

3.3.4 Pista 2 Zona 4c

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579.

La información de la placa de asentamiento de Junio se presenta en la figura 10, se verificó que el modelo del MO aún es representativo del comportamiento geotécnico de la Zona. Las mediciones muestran que los requisitos de asentamiento se alcanzarán aproximadamente.

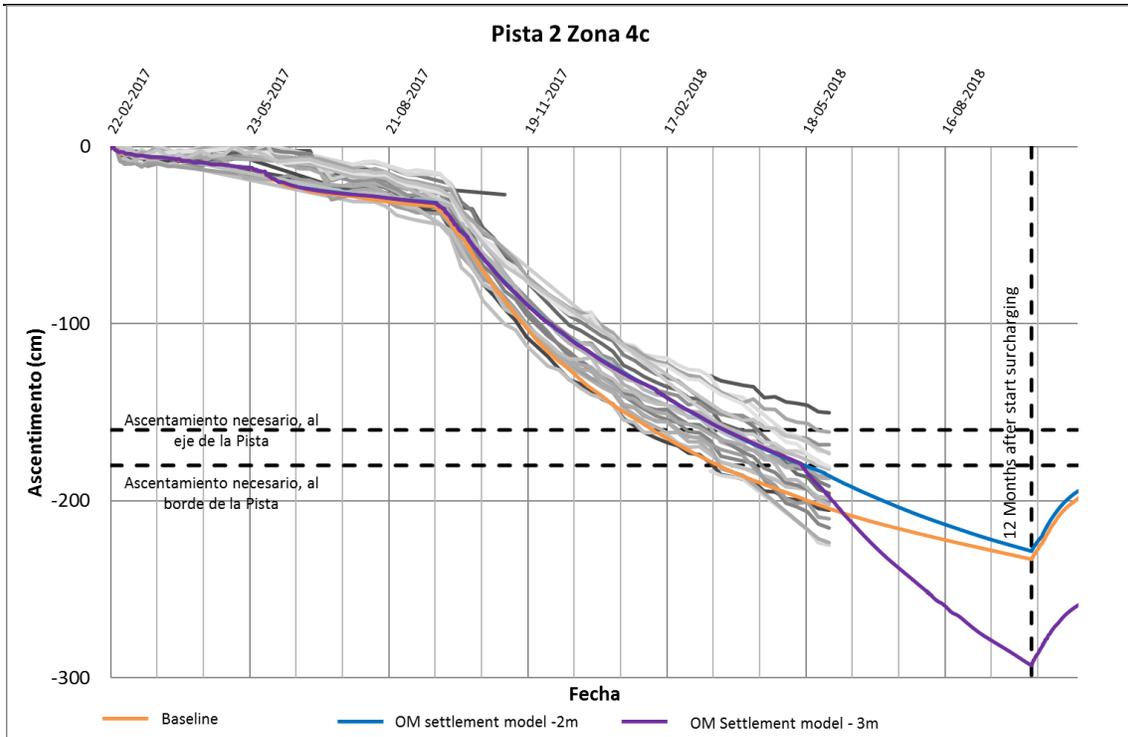


Figura 10: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO, comparación entre 2m (azul) y 3m (púrpura) sobrecarga aplicada por 12 meses. También se presenta la línea base (naranja).

3.3.5 Calles de Rodaje C y D Zona 3b

En el reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579 se presentó el retro-análisis de la Zona 3b. En este reporte se han evaluado las modificaciones adicionales del área de Calles de Rodaje, tal como fue hecho para la Pista (Sección 3.3.3).

La tabla 3 muestra el espesor del tezontle a lo largo de la Pista 2 que será alcanzado con el asentamiento modelado con un 3er metro de sobrecarga con y sin AVPS incluyendo 17 meses de sobrecarga. Se muestra un espesor aproximado promedio y mínimo.

Tabla 3: Asentamientos calculados para el escenario que será construido en sitio.

Escenario	Duración [Meses]	Espesor del Tezontle en la Nivelación [m]	
		“Promedio”	Mínimo
3m de sobrecarga	12	0.48	-0.04
3m de sobrecarga (AVPS)	12	0.73	0.19
3m de sobrecarga (AVPS)	17	1.37	0.79

Con el bombeo activo y un 3er metro de sobrecarga aplicado por un total de 17 meses, se logró una reducción significativa en un área total de pavimento que no cumplirá el requisito de capacidad de carga cuando se compara con 12 meses sin bombeo activo. Un 4to metro de sobrecarga incrementará el espesor del Tezontle

por 17 meses, sin embargo, tendrá un efecto adverso en los asentamientos residuales diferenciales entre la Zona 3b y áreas adyacentes (donde hay 2m de sobrecarga). Se recomienda aplicar el AVPS con 3m de sobrecarga en esta área por 17 meses para reducir el área donde no se cumple el requisito de capacidad de carga.

3.3.6 Calles de Rodaje C y D Zona 4a

Se hace referencia al reporte bimestral de Abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

La información de la placa de asentamiento de Junio se presenta en la Figura 11, Se verifica que el modelo MO aún es representativo del comportamiento geotécnico de la zona.

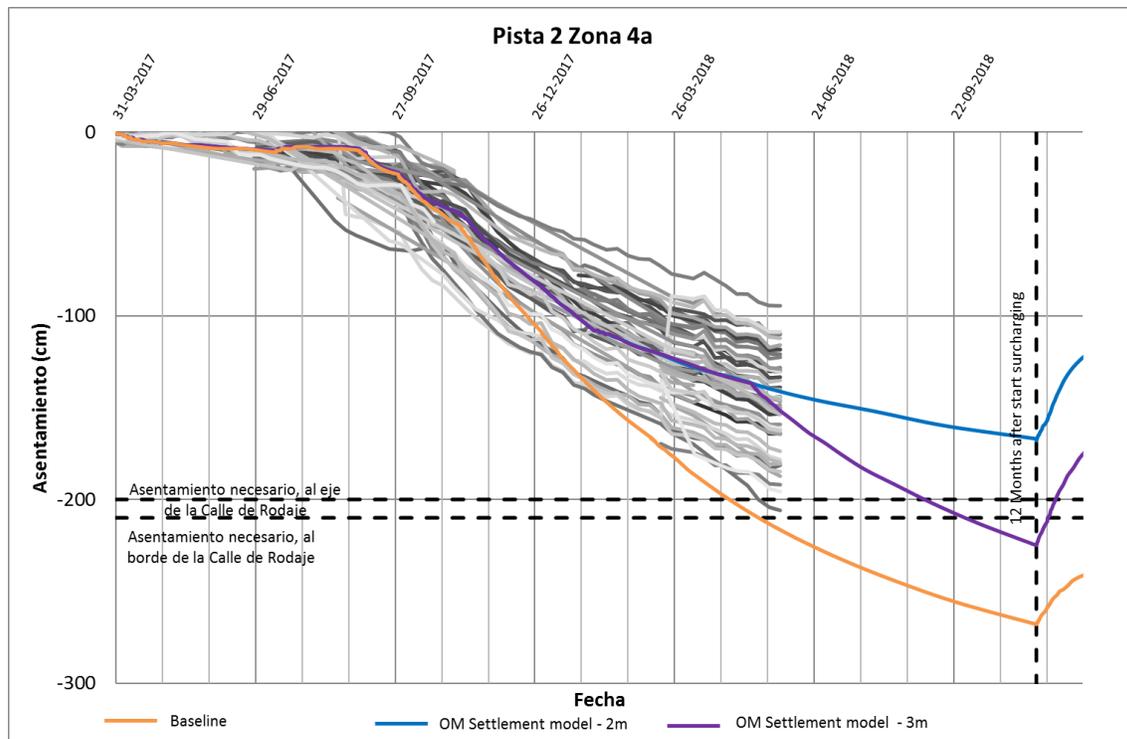


Figura 11: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO, comparación entre 2m (azul) y 3m (púrpura) sobrecarga aplicada por 12 meses. También se presenta la línea base (naranja).

3.3.7 Pista 2 Zona 5a

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

3.3.8 Calles de Rodaje C y D Zona 5b

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

3.3.9 Calles de Rodaje C y D Zona 6a

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

3.3.10 Pista 2 Zona 6b

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

3.3.11 Pista 2 Zona 7

Se hace referencia al reporte bimestral de febrero del 2018 TSN_GACM_REP_0578

La información de la placa de asentamiento de Junio se presenta en la Figura 12, Se verifica que el modelo MO aún es representativo del comportamiento geotécnico de la zona. Las mediciones indican que los requisitos de asentamiento quizás no sean cumplidos en algunas áreas.

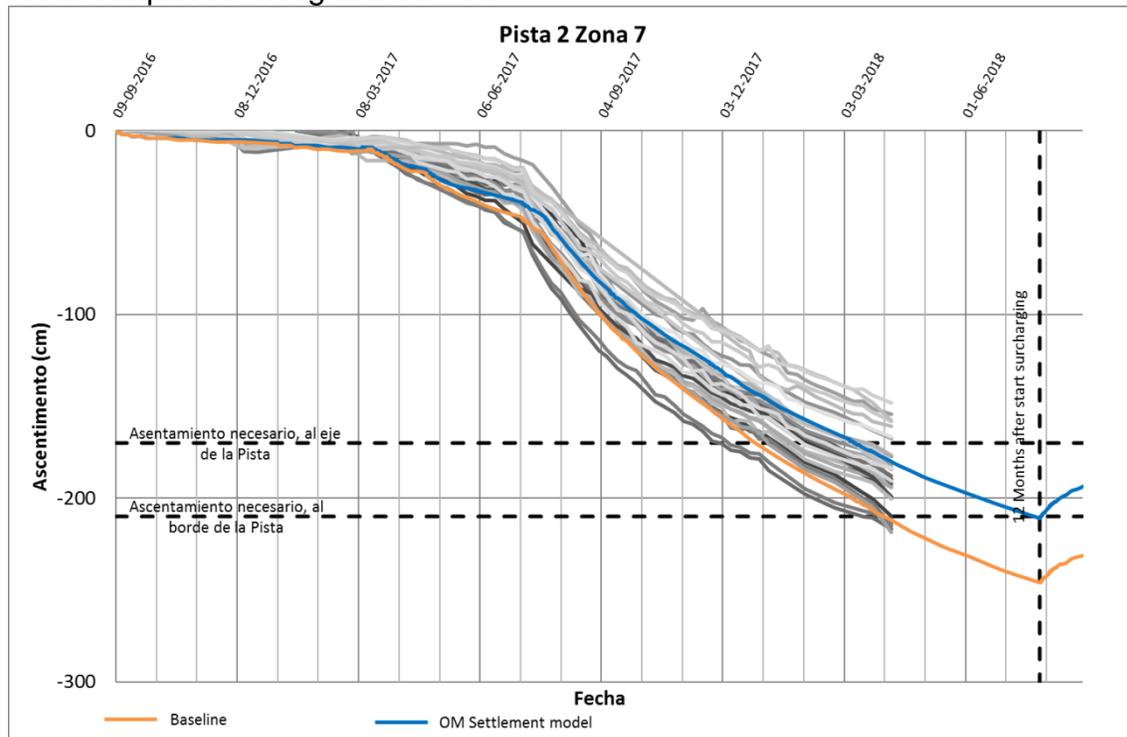


Figura 12: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento del MO donde se aplicaron 2m de sobrecarga (azul) por 12 meses. También se presenta la línea base (naranja).

3.3.12 A520 2 Zona 9

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

3.3.13 Pista 2 Zona 10

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

La información de la placa de asentamiento de Junio se presenta en la Figura 13, Se verifica que el modelo MO aún es representativo del comportamiento geotécnico de la zona en ambas áreas con 2 y 3 m de sobrecarga. Las mediciones indican que los requisitos de asentamiento quizás no sean cumplidos después de 12 meses.

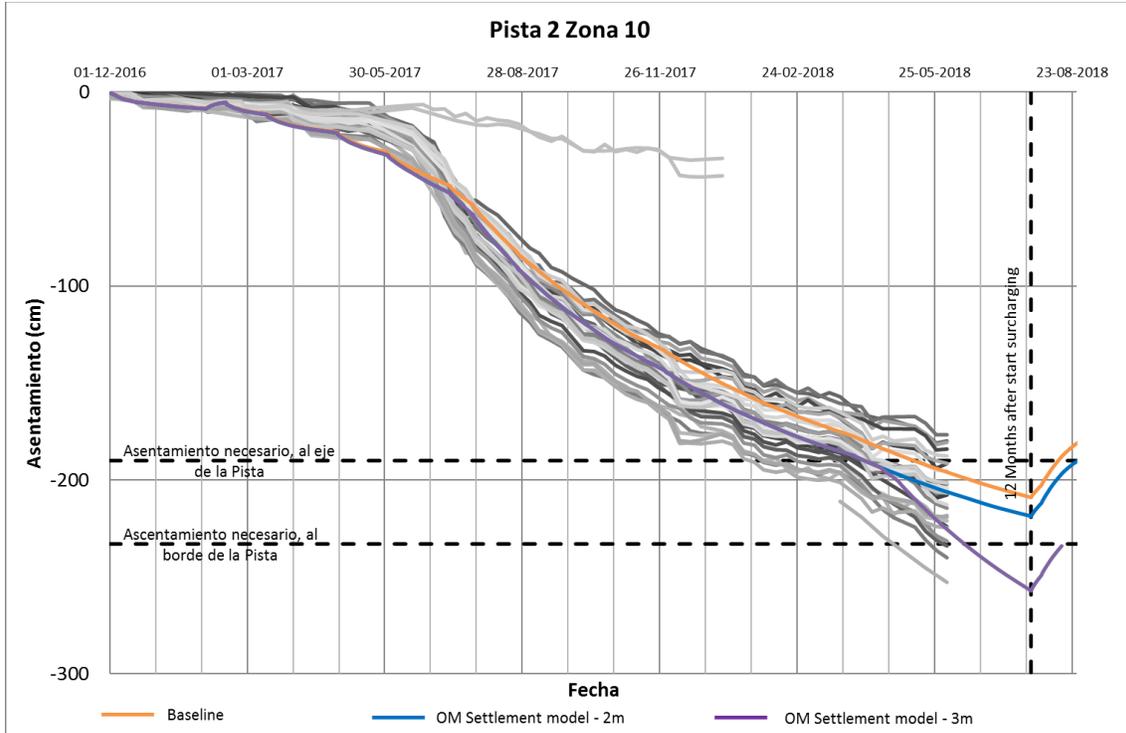


Figura 13: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO, comparación entre 2m (azul) y 3m (púrpura) sobrecarga aplicada por 12 meses. También se presenta la línea base (naranja).

3.3.14 Pista 2 Zona 12

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

La información de la placa de asentamiento de Junio se presenta en la Figura 14, Se verifica que el modelo MO aún es representativo del comportamiento geotécnico de la zona en áreas con 3 m de sobrecarga. En las áreas con 2m de sobrecarga, el modelo MO muestra asentamiento similar que el medido. Las mediciones indican que los requisitos de asentamiento quizás no sean cumplidos.

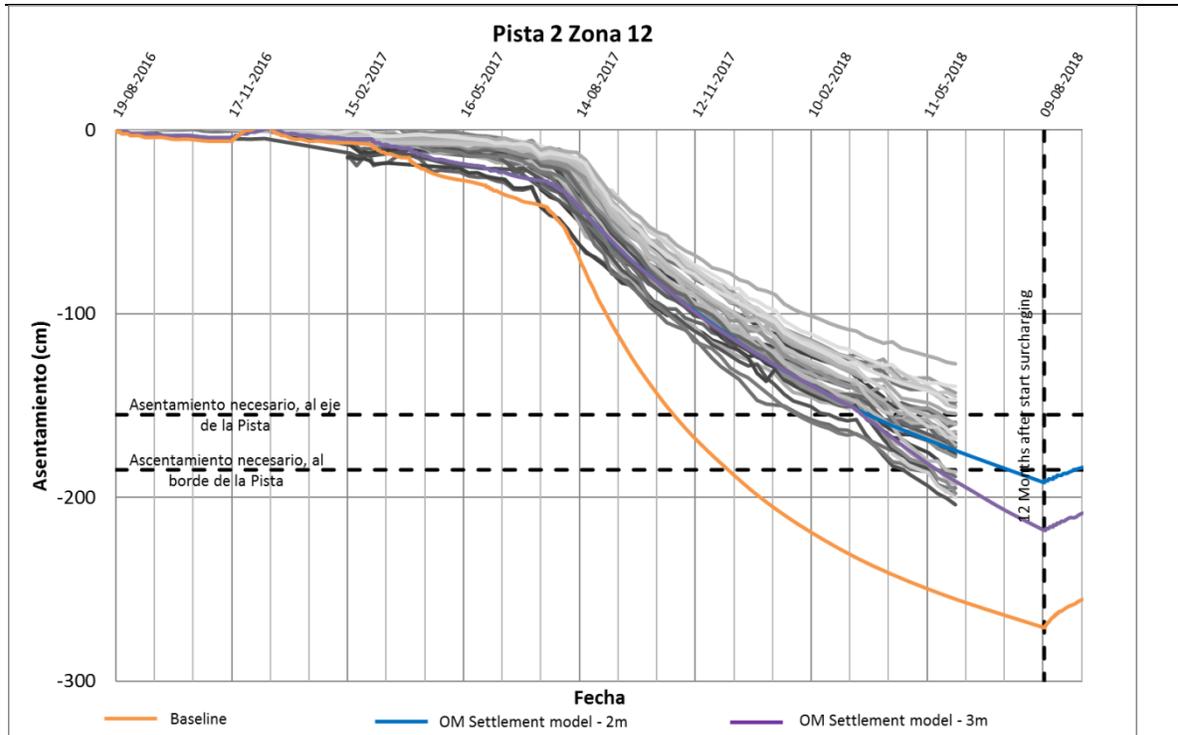


Figura 14: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO, comparación entre 2m (azul) y 3m (púrpura) sobrecarga aplicada por 12 meses. También se presenta la línea base (naranja).

3.3.15 Calles de Rodaje C y D Zona 13

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

La información de la placa de asentamiento de Junio se presenta en la Figura 15, Se verifica que el modelo MO aún es representativo del comportamiento geotécnico de la zona. Las mediciones indican que los requisitos de asentamiento quizás no sean cumplidos.

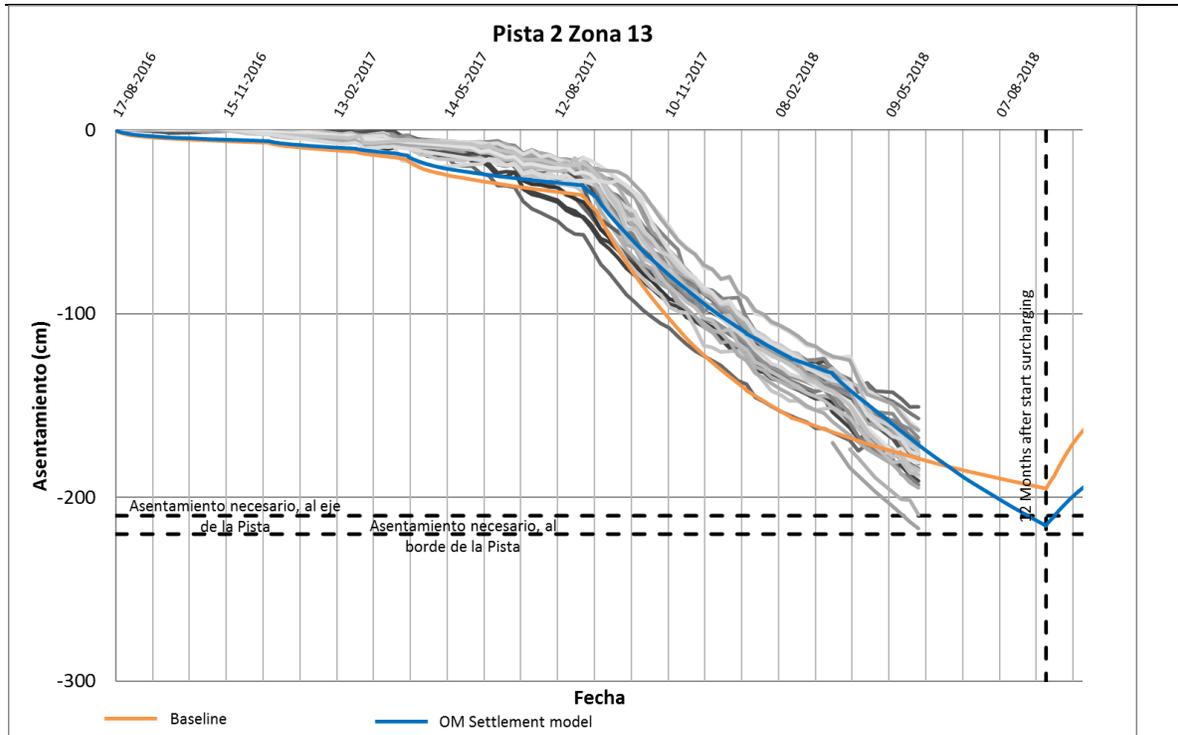


Figura 15: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento del MO, donde se aplicaron 2m y 3m (azul) por 12 meses. También se presenta la línea base (naranja).

3.3.16 Calles de Rodaje C y D Zona 8

Zona 8 en las Calles de Rodaje C y D no se espera que cumpla el asentamiento requerido. Para esta zona se están analizando las modificaciones adicionales al diseño de la sobrecarga y serán presentadas en el siguiente reporte bimestral.

3.3.17 Pista 3 y Calles de Rodaje F y G Zona 1

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

3.3.18 Pista 3 y Calles de Rodaje F y G Zona 3

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

Los primeros dos metros de sobrecarga son modelados con peso unitario no saturado (γ_{unsat}) de 18kN/m^3 . Sin embargo, para ajustar el asentamiento medido después de colocar la sobrecarga adicional, el último metro es modelado con $\gamma_{\text{unsat}}=14\text{kN/m}^3$.

3.3.19 Calles de Rodaje F y G Zona 4a

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

3.3.20 Pista 3 Zona 4b

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

3.3.21 Pista 3 y Calle de Rodaje F y G Zona 6

Se hace referencia al reporte bimestral de abril del 2018 TSN_GACM_REP_0579

La información de la placa de asentamiento de Junio se presenta en la Figura 16, Se verifica que el modelo MO aún es representativo del comportamiento geotécnico de la zona. Los asentamiento aún no reflejan cualquier material de sobrecarga adicional colocado requerido para cumplir el asentamiento requerido en esta Zona. Las áreas donde se retrasó la construcción muestra un menor asentamiento, esto puede ser visto en las líneas de asentamiento en la Figura 16.

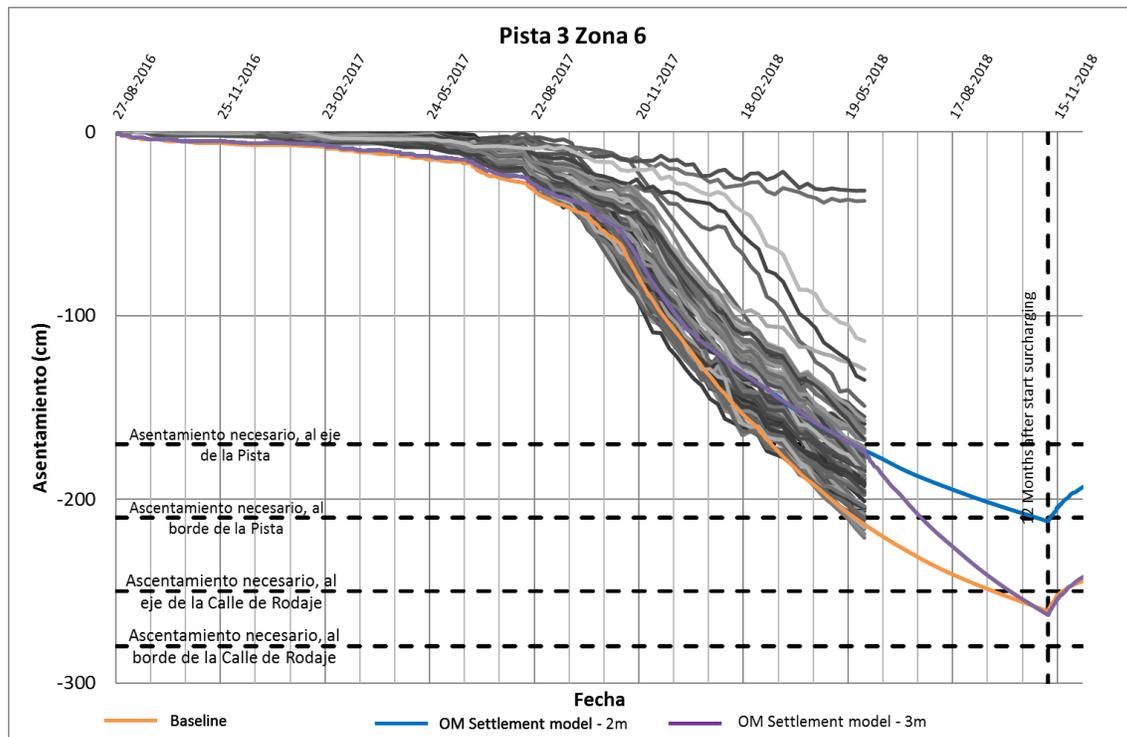


Figura 16: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO, comparación entre 2m (azul) y 3m (púrpura) sobrecarga aplicada por 12 meses. También se presenta la línea base (naranja)

3.3.22 Pista 3 - Zona 7b

La zona 7b es parte del Paquete 3 que cubre parte de la Pista. La figura 17 muestra el asentamiento de construcción de acuerdo con el modelo de asentamiento del MO con 3m de sobrecarga en la Zona 7b de la Pista 2. Se asume que se instaló un 3er metro en abril. De la figura y tabla 1 se concluye que:

- En promedio, se espera que los diferentes tipos de pavimento de las Zonas cumplan el requisito de capacidad de carga. Sin embargo, el comportamiento después del 3er metro no ha sido verificado. Además, en las RET no ha sido suficiente el asentamiento para cumplir con el requisito de capacidad de carga. Esto será verificado en el siguiente reporte mensual.
- No se han instalado los PVDs alrededor de los instrumentos en esta Zona. Esto se identificó en la Adenda y se ha colocado sobrecarga adicional. Sin embargo, la instalación de los PVDs no ha sido verificada por la Supervisión de Sitio. Si aún no se han instalado los PVD, se recomienda mucho instalarlos. Aparte de las diferencias en el comportamiento de consolidación durante la sobrecarga, la falta de los PVDs durante la operación conducirá a un comportamiento variable y asentamientos diferenciales muy locales después de la colocación del pavimento.

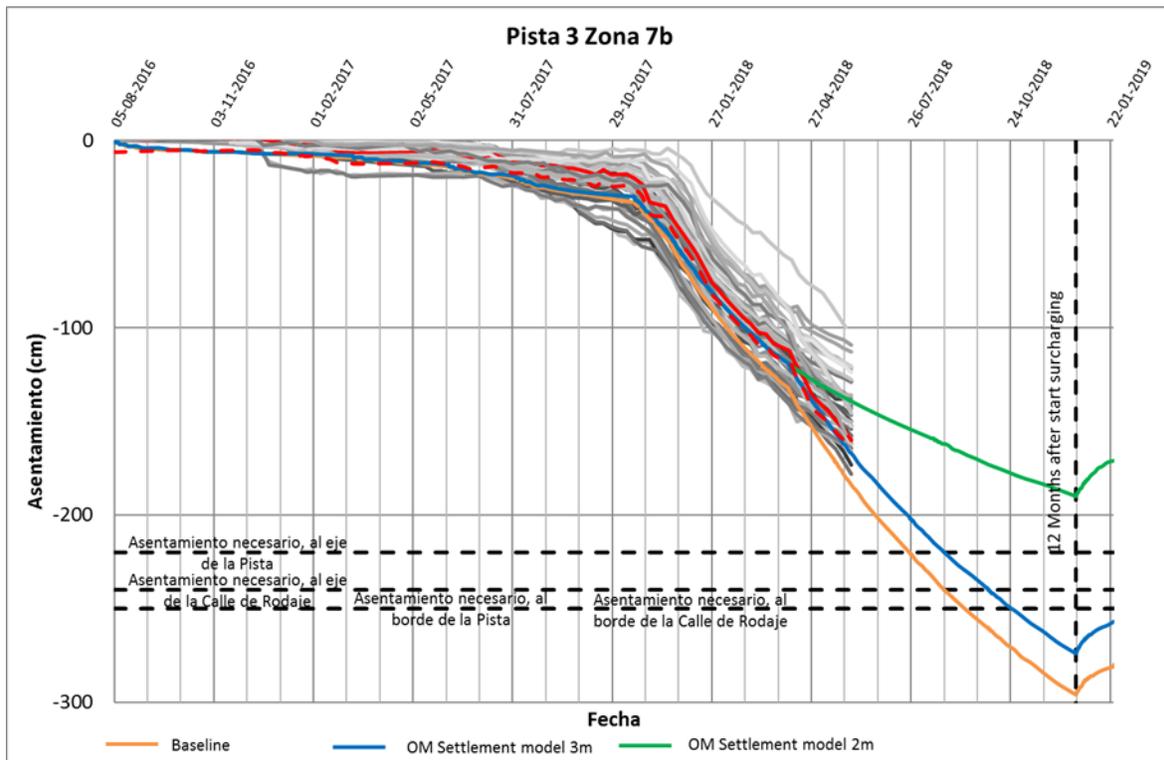


Figura 17: Asentamiento de construcción de acuerdo con el modelo de asentamiento del MO con 3m de sobrecarga (línea azul). También se presenta la predicción de línea base (naranja).

3.3.23 Calle de Rodaje F y G Zona 7a

La zona 7a cubre las Calles de Rodaje paralelas F y G. La figura 18 muestra el asentamiento de construcción de acuerdo con el modelo de asentamiento del MO con 3m de sobrecarga que fue colocada en abril. De la figura y tabla 1 se concluye que:

-
- El asentamiento requerido es de alrededor de 2.7 m, por lo tanto, se recomienda la sobrecarga adicional como parte de la Adenda.
 - Se espera que el asentamiento de construcción con el 3er metro colocado en Abril del 2018 esté alrededor de los 2.2 a 2.4 m. En este modelo no se incluyó el AVPS.
 - En la Calle de Rodaje G, se espera que el asentamiento cumpla con el requisito de capacidad de carga. Sin embargo, el comportamiento de la Calle de Rodaje F después del 3er metro tiene que ser verificado. El asentamiento en algunos puntos al borde de la calle de rodaje quizás no cumpla con los requisitos; esto será verificado con revisiones de nivelaciones hechos con levantamientos sobre la sobrecarga.
 - No se han instalado los PVDs alrededor de los instrumentos en esta Zona. Esto se identificó en la Adenda y se ha colocado sobrecarga adicional. Sin embargo, la instalación de los PVDs no ha sido verificada por la Supervisión en Sitio. Si aún no se han instalado los PVD, se recomienda mucho instalarlos. Aparte de las diferencias en el comportamiento de consolidación durante la sobrecarga, la falta de los PVDs durante la operación conducirá a un comportamiento variable y asentamientos diferenciales muy locales.

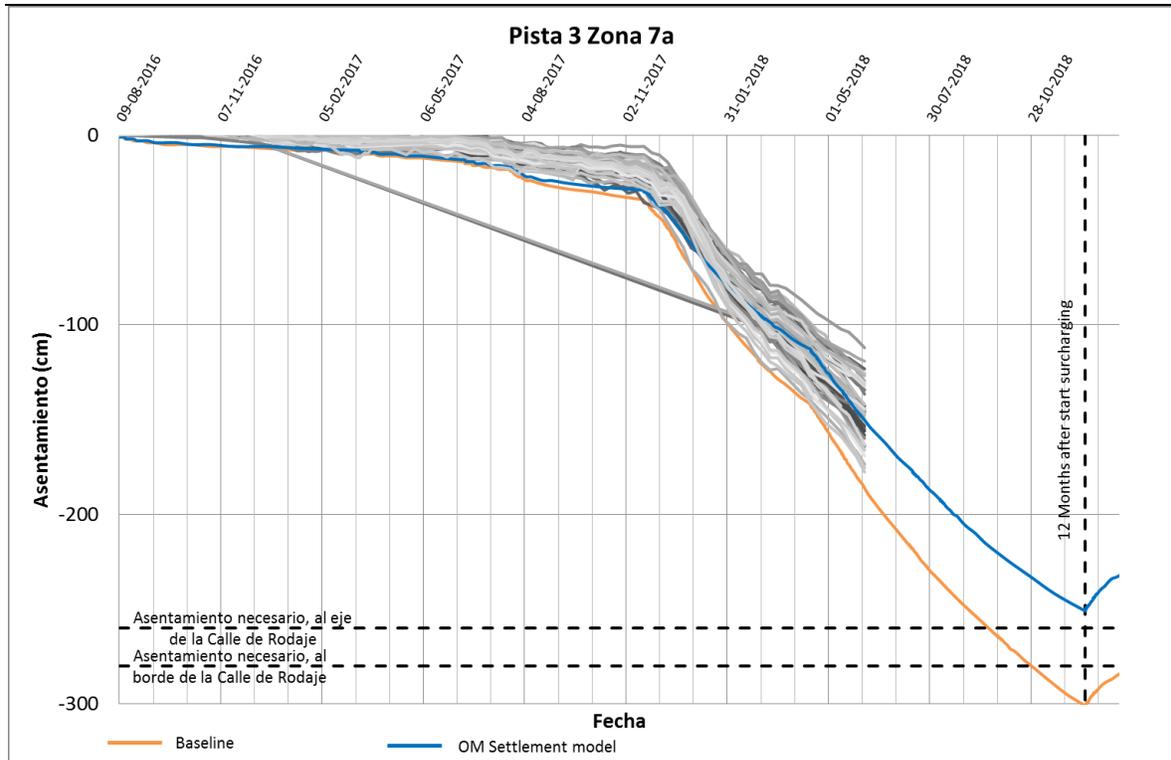


Figura 18: Asentamiento de construcción de acuerdo con el modelo de asentamiento del MO con 3m de sobrecarga (línea azul). También se presenta la predicción de línea base (naranja). Nota: las placas de asentamiento que han sido reemplazadas debido a daños muestran líneas 'interpoladas'.

3.3.24 Calle de Rodaje DD y EE Zona 9

La zona 9 es parte del Paquete 3, el cual cubre las Calles de Rodaje transversales DD y EE. En esta zona, sólo se han instalado las placas de asentamiento. La Figura 19 muestra el asentamiento de construcción de acuerdo al modelo de asentamiento MO con 2 y 3 m de sobrecarga en la Zona 3b en la Pista 2. Se asume que el 3er metro se instalará a mediados de Julio. De la figura y la tabla 1 se concluye que:

- Se espera que el asentamiento de construcción sea ligeramente mayor que 2.0 m si se aplican los 2 m de sobrecarga y alrededor de 2.5 m si se aplica un 3er metro. En este modelo no se incluye el AVPS.
- El asentamiento de construcción con 2m no será suficiente en parte de la Zona. En esta área se ha recomendado un 3er metro de sobrecarga en la Adenda¹. El retraso de la colocación del 3er metro quizás conlleve a retrasos en la remoción de la sobrecarga.
- En la Calle de Rodaje DD, donde se ha recomendado un 3er metro de sobrecarga como parte de la Adenda, la sobrecarga adicional quizás no sea suficiente para alcanzar el requisito de capacidad de carga. Esto será verificado con levantamientos de nivel sobre la sobrecarga.

Alternativamente, 14 meses de sobrecarga con 3m puede ser suficiente para alcanzar el asentamiento requerido.

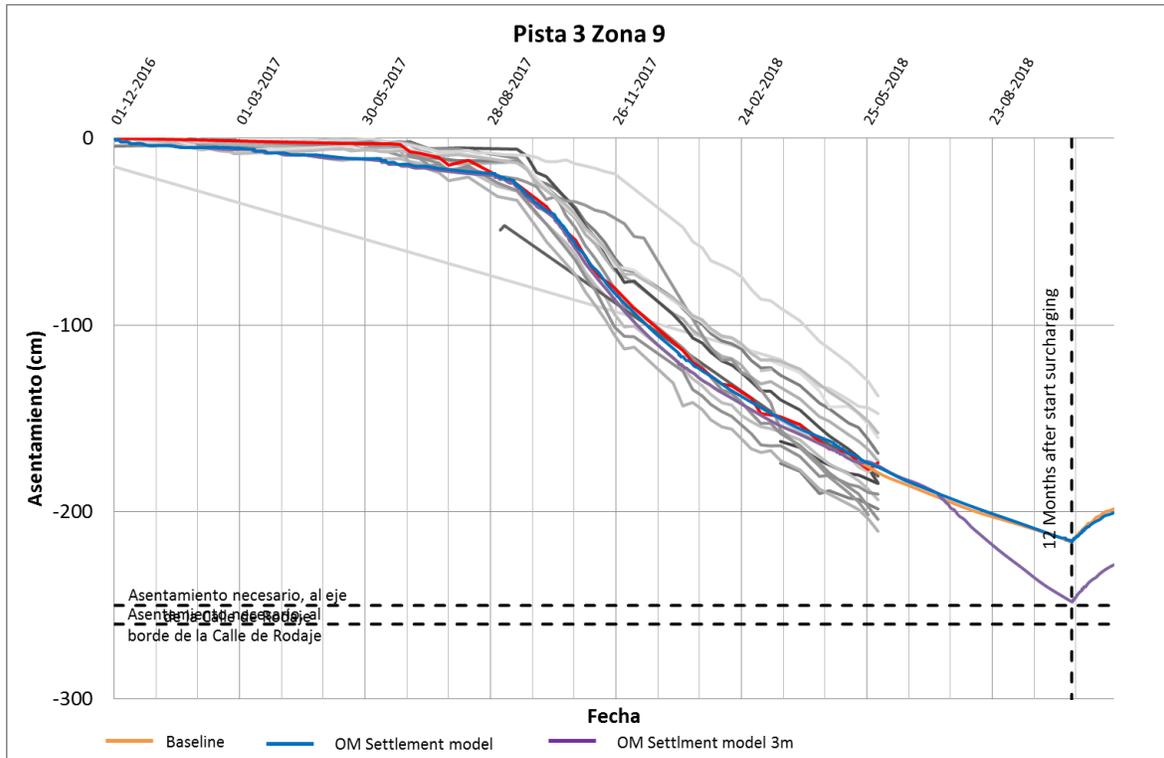


Figura 19: Asentamiento de construcción de acuerdo con el Modelo de asentamiento MO con 2m de sobrecarga (línea azul) y 3m de sobrecarga (púrpura). También se presenta la predicción de línea base (naranja).

4 REQUISITO B: ASENTAMIENTO RESIDUAL Y DIFERENCIAL (OACI)

4.1 Puntos de partida

4.1.1 Requisitos de aspereza, regularidad y pendiente del pavimento

Los criterios que definen las irregularidades tolerables de las pistas y la calle de rodajes se definen en ICAO (2013).

Los límites máximos y aceptables temporalmente de OACI (2013) se proporcionan en la Tabla 4. Estos valores se han adoptado para el diseño de los pavimentos aeroportuarios, es decir, en la evaluación de los efectos del asentamiento total y diferencial en el rendimiento de los pavimentos.

Tabla 4 : Criterio de asentamiento longitudinal diferencial en Pista y Calle de rodaje

Estado límite		Límite de excedencia	Asentamiento o dif [cm] por 60m (Pistas)	Asentamiento o dif [cm] por 60m (Calle de rodaje)	Periodo de retorno	Clasificación OACI (A14, Att A, Fig A-3)
Estado Límite de Serviciabilidad	SLS	15%	10 ≈ 0.17%	30 ≈ 0.50%	8 años	Temporalment e aceptable
Estado Límite Final	ULS	2%	16 ≈ 0.27%	48 ≈ 0.80%	8 años	Excesivo
Estado Límite Accidental	ALS	0%	20 ≈ 0.33%	60 ≈ 1.00%	8 años	Inaceptable

Los criterios de pendiente en dirección transversal basados en OACI (2013) se proporcionan en la Figura 20 para pistas y calles de rodaje.

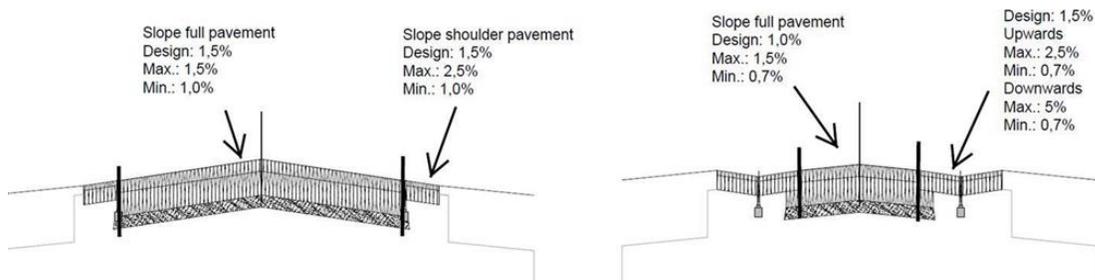


Figura 20: Criterio de pendiente transversal para pavimentos de (izquierda) pista y (derecha) calles de rodaje

4.1.2 Requisitos de asentamiento diferencial

La cantidad de asentamientos residuales y diferenciales aceptables depende de la función del área del pavimento. Por ejemplo, cerca de la terminal, se toleran menos asentamientos diferenciales, porque se espera que la terminal no se asiente significativamente. Esto se consideró en el diseño, al especificar la cantidad de asentamiento diferencial en cada área de pavimento. Además, se identifican zonas de transición donde se permite una mayor cantidad de asentamiento diferencial y es posible el mantenimiento durante la vida útil del diseño. Para alojar los asentamientos diferenciales (basados en la carga) para el sistema, se han identificado zonas de transición designadas, con áreas con un comportamiento de asentamiento uniforme medio. Estas zonas se muestran en la Figura 21.

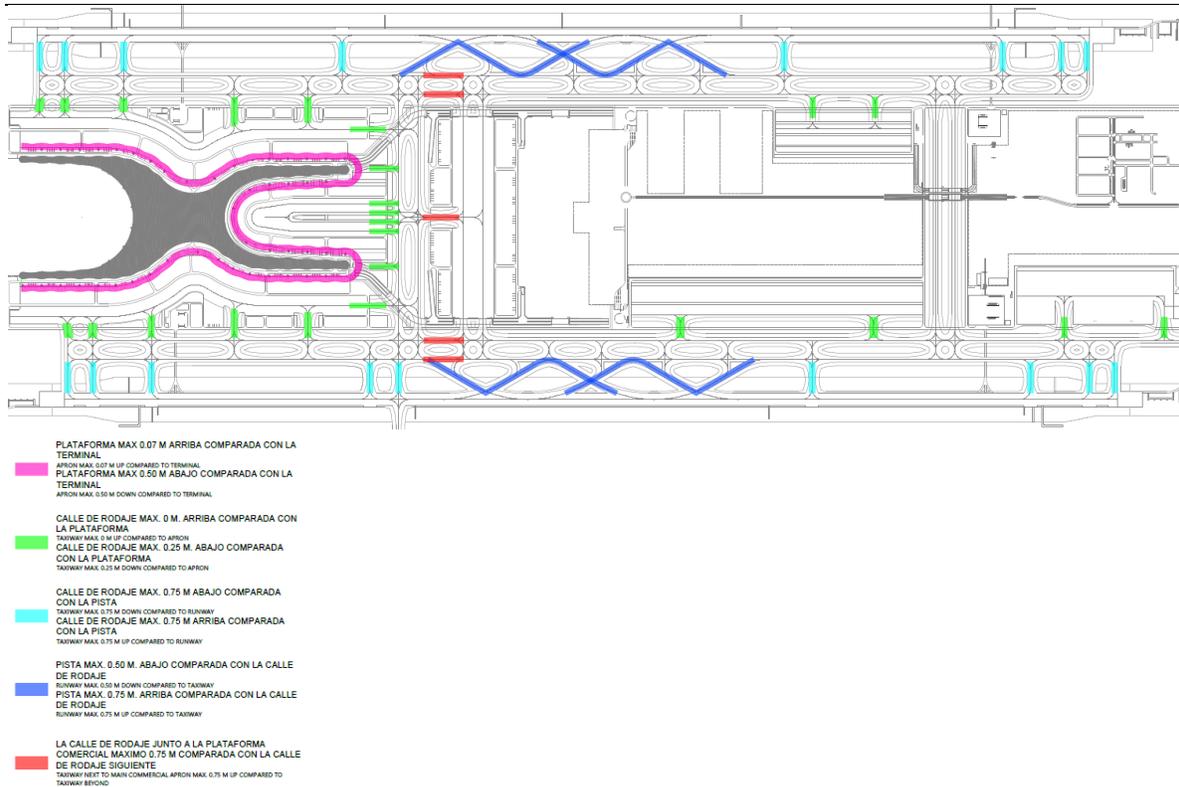


Figura 21: Requisitos de asentamiento diferencial

4.2 Valor objetivo inicial

Al comienzo del MO, cuando los datos son todavía limitados y no se tienen para todas las zonas, no se pueden verificar los asentamientos longitudinales y diferenciales. Por lo tanto, se ha establecido un valor objetivo inicial. El grado de consolidación bajo precarga (U) es un indicador importante para el desempeño de la sobrecarga y se utilizará como el primer valor objetivo para satisfacer los criterios de asentamiento residual y requisitos de pendiente del pavimento. El valor objetivo inicial para U es un promedio del 90% en las capas FAS para la aplicación de los 2 m de sobrecarga. En el caso de que se aplique 3 m de sobrecarga, el objetivo es de 70%. En el caso de que este objetivo no se alcance dentro del tiempo de sobrecarga proporcionado, la influencia de eliminar la sobrecarga se evaluará en detalle con modelos de cálculos mejorados.

Con base en el modelo de Asentamiento del MO, las predicciones se realizan en la U al final del período de sobrecarga de 12 meses y se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Resumen de la U esperada al final de la sobrecarga de 12 meses por zona, basada en modelos de retro-análisis en caso de que se apliquen los 2 m.

Pista	Zona (Figura 1)	Rango de U(%) después de 12 meses de sobrecarga
2	1	90-95
2	3a	65-80
2	3b	70-85
2	4a	70-85
2	4c	70-85
2	5a	75-95
2	5b	85-95
2	6a	75-95
2	6b	75-95
2	7	85-95
2	10	80-90
2	12	50-80
3	1	70-95
3	3	80-90
3	4a	70-85
3	4b	n/a
3	6	70-85
3	7a	85-90
3	7b	80-90
3	9	80-90

5 VERIFICACIÓN DE MEJORA DE SUELO: INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

5.1 Introducción

La verificación de mejora de suelo realizada durante la sobrecarga puede ser medida en diferentes investigaciones del terreno. En este reporte se han derivado el límite elástico y grado de consolidación estimado de varias pruebas de suelo. El estudio se presenta en el Anexo III.

5.2 Conclusiones preliminares de la Investigación de Terreno GI

Se han llevado las siguientes evaluaciones para el proyecto del NAICM:

- El límite elástico actual en la capa de arcilla FAI ha sido derivado de la prueba de Edómetro.
- El exceso de la presión de agua de poro en la arcilla de la información de disipación DPPi.
- Evaluación del Grado de consolidación basada en la prueba de penetración con piezocono.

De la evaluación se sacan las siguientes conclusiones:

1. Los diferentes métodos generalmente ofrecen valores aceptables del límite elástico, los cuales han sido promediados para dar un valor promedio único.
2. La designación de calidad de muestra de las muestras del Edómetro ha sido evaluada en buena, aceptable y pobre.
3. Los cálculos del grado de consolidación basados en las evaluaciones de límite elástico de las pruebas del Edómetro indican un amplio rango de valores que van desde el 24% hasta el 100%. El amplio rango de resultados es causado principalmente por valores atípicos y perturbación de muestra.
4. Solo los resultados de 3 pruebas DPPi han sido proporcionados a la fecha,
5. La información presentada contiene muchas inconsistencias que deben ser consideradas antes de sacar conclusiones de la información.

6 EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE SOBRECARGA

6.1 Introducción

Como se presentó en la figura 22, siguiente el monitoreo reportado por CFE, el análisis de información discutido en los reportes mensuales del MO y el retro-análisis reportado en los reportes bimestrales del MO, se utilizan los modelos de asentamiento finales para definir las implicaciones del progreso actual de la mejora de suelo. Esto incluye el asentamiento de construcción calculado, el espesor y peso de la estructura del pavimento y el asentamiento residual.

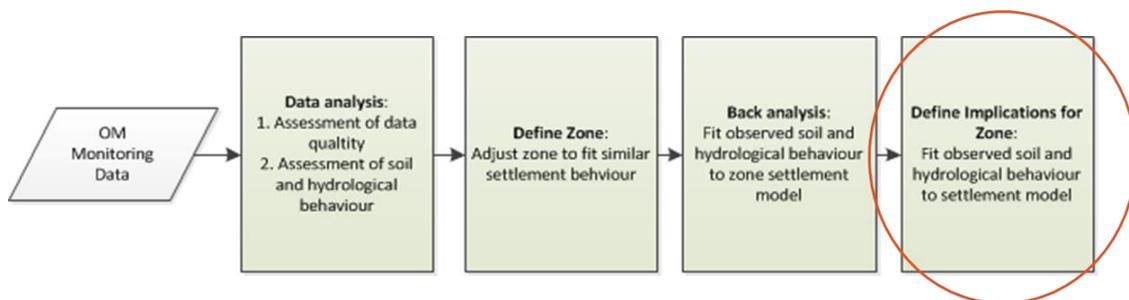


Figura 22: Diagrama de flujo del MO.

Se analiza un modelo en el cual se aplica sobrecarga por 12 meses. En caso de que se concluya que 12 meses no es suficiente para alcanzar asentamientos residuales aceptables, se investigará una sobrecarga por mayor tiempo. En este reporte se presentan las zonas norte y centrales del paquete 2 (ver figura 23).

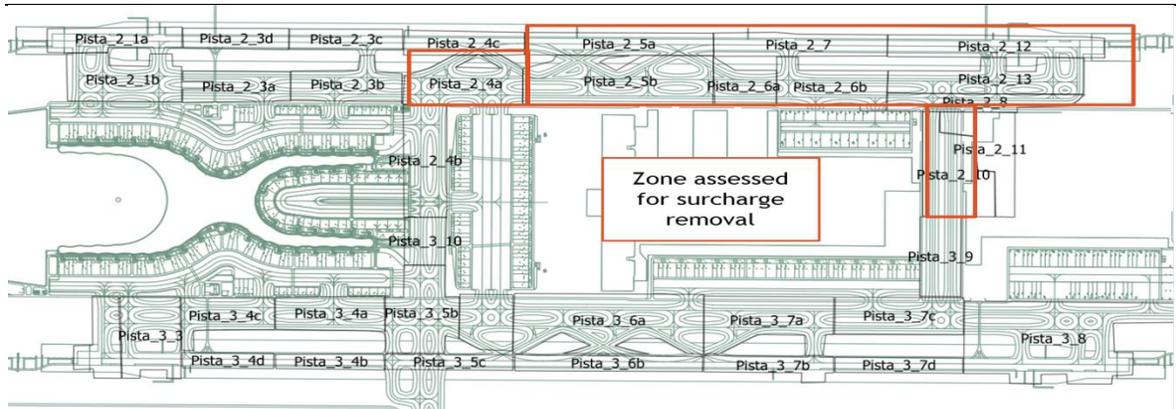


Figura 23: Zonas donde la remoción de sobrecarga de 12 meses ha sido evaluada con el modelo de asentamiento del MO.

6.2 Resultados

Por zona, se presenta lo siguiente:

1. Asentamiento promedio después de 20 años de operación
2. 90° porcentaje del asentamiento después de 20 años de operación
3. Evaluación del requisito de pendiente transversal por zona
4. Revisión de los requisitos de pendiente longitudinal
5. Revisión de los asentamientos diferenciales máximos permisibles en las zonas de transición

Estos criterios se describen en los reportes bimestrales del MO.

Tabla 6: Resultados del criterio de remoción de sobrecarga basado en 12 meses de sobrecarga.

ID	Requisito de asentamiento residual					
	Tiempo de sobrecarga aplicado en el análisis geotécnico	promedio de 20 años de asentamiento residual [m]	de 20 años - 90% de asentamiento residual [m]	Pendiente transversal de la OACI	Requisito de pendiente longitudinal de la OACI	Asentamiento diferencial en áreas de transición de
P2Z10	12 meses	0.3	0.7	72% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 5 años	✓	✓
P2Z7	12 meses	0.5	0.9	60% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 5 años	✓	✓
P2Z11	12 meses	0.5	n/a	95% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 8 años	✓	✓
P2Z12	12 meses	0.6	0.8	95% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 5 años	✓	✓
P2Z6a	12 meses	0.3	0.4	95% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 8 años	✓	✓
P2Z6b	12 meses	0.3	0.3	95% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 8 años	✓	✓
P2Z5a	12 meses	0.3	0.4	90% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 8 años	✓	✓
P2Z13	12 meses	0.4	0.5	90% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 5 años	✓	✓
P2Z8	12 meses	0.3	0.46	90% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 5 años	✓	✓
P2Z5b	12 meses	0.3	0.36	95% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 8 años	✓	✓
P2Z4a	12 meses	0.3	0.5	90% de la zona cumple con el	✓	TBD

					requisito de la OACI después de 8 años	
Paquete 3						
P3Z1		12 meses	1.15	1.69	0% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 5 años	×
P3Z3		12 meses	0.46	0.69	60% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 5 años	×
¹ Ver la siguiente sección para una mejor explicación de la evaluación del requisito de pendiente longitudinal						

6.2.1 La influencia de anomalías al cumplir los requisitos de pendiente longitudinal

En la tabla 6 se presenta la evaluación del requisito de pendiente longitudinal. Esto ha sido realizado con los cálculos de asentamiento para los primeros 8 años a cada 100 m a lo largo del carril de la Pista. La figura 24 y 25 muestran el resultado del análisis, mostrando casi todos los puntos de cálculos cumplidos con el requisito.

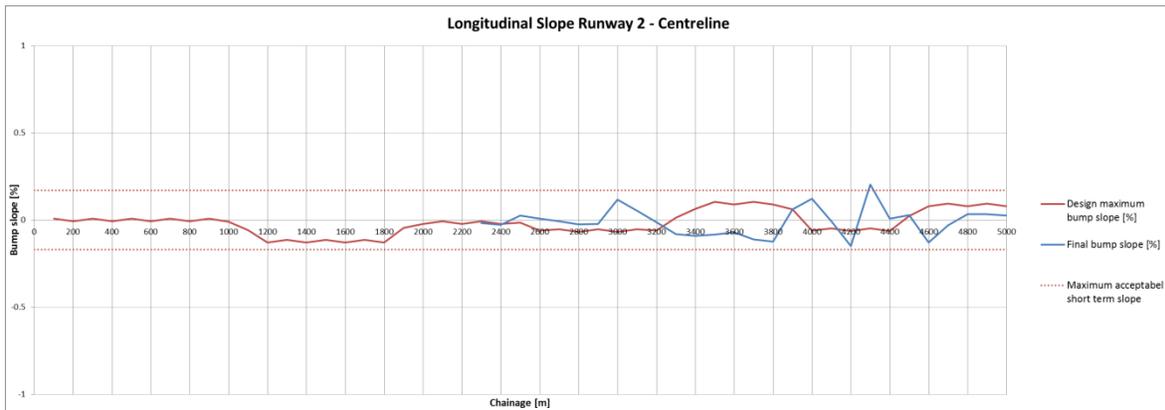


Figura 24: Revisión de pendiente longitudinal en el carril de la Pista 2 basada en 8 años de asentamiento residual.

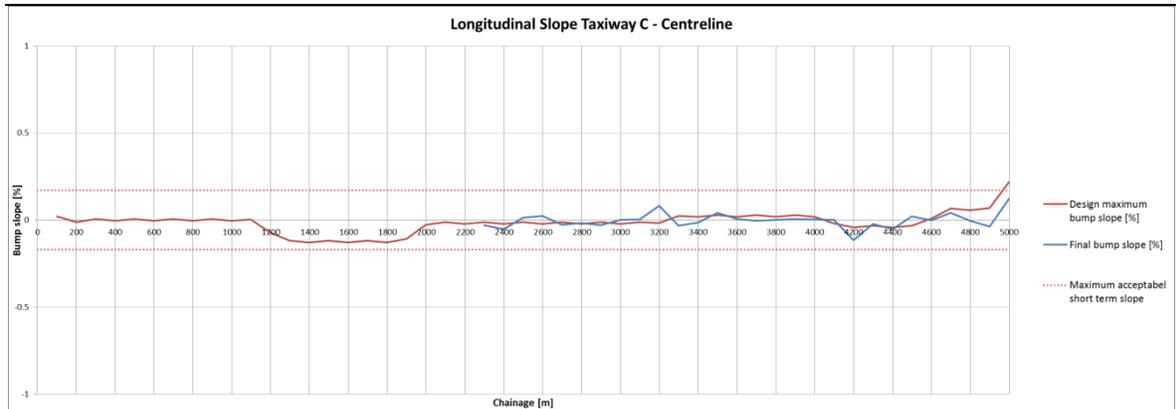


Figura 25: Revisión de pendiente longitudinal en el carril de la Calle de Rodaje C basada en 8 años de asentamiento residual.

De las observaciones realizadas durante el MO se ha concluido que las diferencias en la historia de esfuerzo causaron anomalías (antiguas zanjas, diques, vialidades, etc.) identificadas a lo largo del sitio, las cuales causan variabilidad en el comportamiento del suelo. Esta variabilidad será crítica para el requisito de pendiente longitudinal, ya que las diferencias mayores en el asentamiento sobre distancias relativamente cortas pueden ocurrir durante la operación en Pistas y calles de rodaje. Por lo tanto, se lleva a cabo un análisis más detallado para esas anomalías. Además, para cumplir con el requisito de capacidad de carga, se ha estado aplicado sobrecarga adicional (3 metros) en ciertas áreas. Las áreas de transición de áreas con 2 o 3 m también se analizan. En este reporte se evalúan las siguientes áreas (ver la figura 26):

1. En la transición de las Calles de Rodaje C y D desde el área de Cascajo hacia el norte.
2. En la transición de la Pista 2 desde el sur hacia el área de estancamiento
3. En la transición de las Calles de Rodaje C y D desde un área sobrecargada con 2 m y otra área con 3 m.
4. En la transición de la Pista 2 desde un área sobrecargada con 2 m y otra con 3 m.

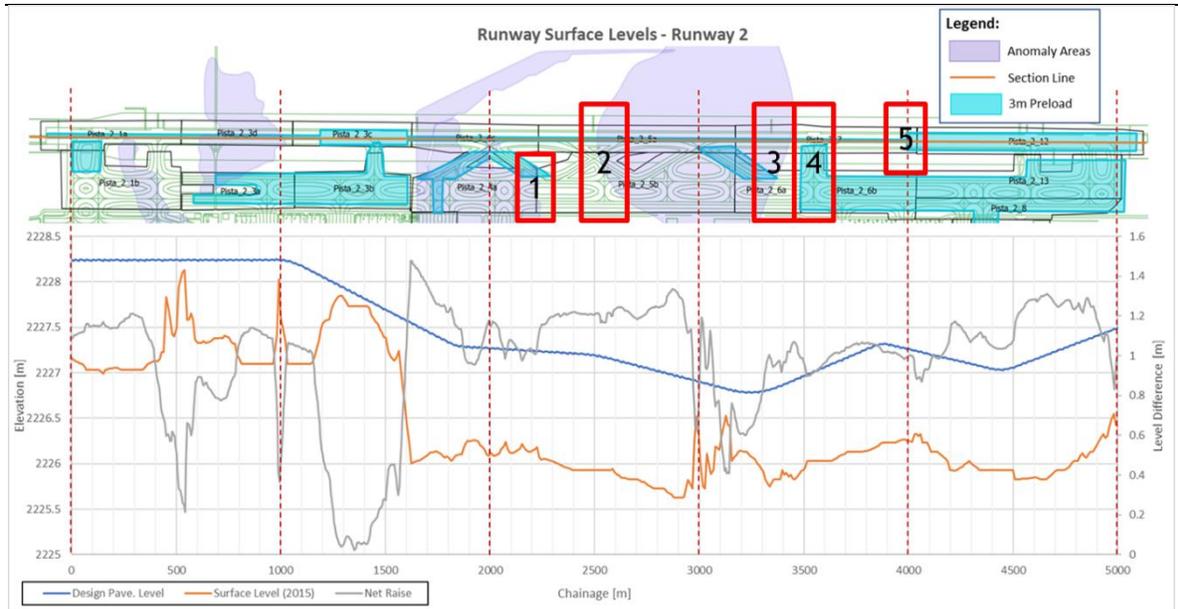


Figura 26: Anomalías por las cuales se realiza la evaluación de requisito de pendiente longitudinal (en la caja roja). La parte superior de la figura muestra una vista aérea de las anomalías (áreas de estancamiento y el área de cascajo). La parte inferior de la figura muestra la sección larga del carril de la Pista 2 presentando el nivel superficial del 2015, el nivel de diseño final del pavimento y la diferencia entre estos 2 niveles (elevación neta).

Tabla 7: Resumen de revisión de pendiente longitudinal en áreas de transición.

Número de área de asentamiento transición	8 años de residual dentro de la anomalía o sobrecarga adicional	8 años de residual al exterior de la anomalía o sobrecarga adicional	8 años de asentamiento diferencial	Evaluación del requisito de pendiente longitudinal
1	16 a 17cm	20 a 24cm	3 a 8cm	A una distancia de 10m junto con asentamiento diferencial de 5 cm es aceptable, por lo tanto, esta área de transición no se considera muy problemática. Sin embargo, quizás se requiera de mantenimiento menor para mantener el requisito de pendiente longitudinal. Sobrecargar por más tiempo ambas zonas reducirá el mantenimiento requerido en esta área.
2	24cm	24cm	0 cm	Aunque el área de estancamiento causará diferencias en el comportamiento del suelo durante la sobrecarga, el área de transición no es problemática para el requisito de pendiente longitudinal durante la operación.
3	38cm	30cm	8cm	Los asentamientos diferenciales a través del área de transición son causados principalmente por los cambios en la elevación neta. Ya que esta diferencia es gradual, esta zona no es problemática.

4	18cm	22cm	4cm	A una distancia de 10m junto con asentamiento diferencial de 5 cm es aceptable, por lo tanto, esta área de transición no se considera problemática.
5	50cm	63cm	7cm	A una distancia de 10m junto con asentamiento diferencial de 5 cm es aceptable, por lo tanto, esta área de transición no se considera muy problemática. Sin embargo, un tiempo adicional de sobrecarga en la zona 7 mejorará esta evaluación.

6.2.2 Zonas para las cuales 12 meses no es suficiente

En la zona 7, donde se aplicaron 12 meses de sobrecarga, el asentamiento residual durante los primeros 5 años conlleva a solo 60% de la zona cumpliendo el requisito de pendiente transversal. Para alcanzar suficiente consolidación y un periodo de mantenimiento de re-nivelación aceptable en la zona, se requiere más tiempo de sobrecarga. La tabla 8 muestra los resultados del modo con 14 meses de sobrecarga. El requisito de pendiente transversal se mejora en un 90% después de 8 años.

Tabla 8: Resultados del criterio de remoción de sobrecargada basados en 14 meses de sobrecargar.

ID	Tiempo de sobrecarga aplicado en el análisis geotécnico	Requisito de asentamiento residual				
		20 años promedio de asentamiento residual [m]	20 años 90 % de asentamiento residual [m]	Pendiente transversal OACI	Requisito de pendiente longitudinal OACI	Asentamiento diferencial en áreas de transición
P2Z7	14 meses	0.3	0.6	90% de la zona cumple con el requisito de la OACI después de 8 años	✓	✓

Además, como se presentó en la tabla 6, no se espera que las zonas 1 y 3 del paquete 3 cumplan con los requisitos de la OACI. Por lo tanto, nos e recomienda remover la sobrecarga después de 12 meses. Las implicaciones de dejar la sobrecarga por un periodo de tiempo mayor serán calculadas en los siguientes meses.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la aplicación del MO para las pistas y calles de rodaje (transversales), el GACM tiene la posibilidad de tomar decisiones en relación con el diseño de la sobrecarga y el diseño del pavimento contrastado con: el tiempo, costos y aceptación de los incrementos en los ciclos de mantenimiento. Los criterios para tomar decisiones

relacionados con el diseño de la sobrecarga y del pavimento son requisitos relacionados con:

- A. Capacidad de carga del pavimento: espesor del Tezontle al final del asentamiento de sobrecarga; (evaluado por zona en la Sección 3)
- B. Requisitos de la OACI para la pendiente del pavimento longitudinal y pendiente transversal y del nivel de la zona de transición: Asentamientos residuales (después de la construcción) (evaluados por zona en la Sección 3.3.24)

Este reporte describe las conclusiones preliminares para los pasos 3 y 4. El reporte será actualizado dentro de 2 meses. Se avalúan las siguientes zonas (ver la figura 1):

- Pista 2: Zona 1a, Zona 3a
- Calles de Rodaje C y D: Zona 3a
- Pista 3: Zona 7b
- Calles de Rodaje F y G: Zona 7a
- Calles de Rodaje DD y EE: Zona 9

Se hacen las siguientes conclusiones con respecto al MO:

- En la Zona 3b de la Pista 2 y Calles de Rodaje C y D, no se espera que los asentamientos sean suficientes después de 12 meses. Se han evaluado las opciones para modificaciones. Se recomienda continuar con el bombeo activo y monitorear el asentamiento. Tal vez se requiera una excavación de aproximadamente 1.0m en la arcilla para reemplazarla con Tezontle. Además, el bombeo vertical activo deberá de ser aplicado para reducir la cantidad necesaria de excavación.
- En las zonas 7a, 7b y 9 del Paquete 3, se ha colocado el 3er metro. TASANA monitoreará el comportamiento, En la Zona 7b y 9, este comportamiento mostrará si la sobrecarga adicional es suficiente para alcanzar el asentamiento requerido.
- Alrededor de los instrumentos en las zonas 7a y 7b del Paquete 3, parece que los PVDs no han sido instalados. TASANA recomienda encarecidamente instalar los PVDs prontamente, por las razones que ya se han proporcionado muchas veces en reportes mensuales y cartas.
- El grado de consolidación esperado después de 12 meses de sobrecarga varía entre 75 a 95% para las zonas enlistadas arriba, excepto para la Zona 3a, donde la consolidación quizás sea menor (aproximadamente 65%). Esto tendrá un efecto adverso en los asentamientos residuales y quizás se

requiera mayor sobrecarga en la zona para alcanzar los requisitos de la OACI.

- No se recomienda material de sobrecarga adicional para las zonas analizadas en este reporte mensual. En el RET en la zona 7b quizás se requiera sobrecarga adicional para cumplir el requisito de capacidad de carga. Esto será verificado en el siguiente reporte mensual. Quizás aún se requiera de sobrecarga adicional en las zonas analizadas en los siguientes meses.
- En muchas zonas se observa que el peso de la sobrecarga adicional es menor que el material colocado al inicio del proyecto. Por lo tanto, existe el riesgo de que el desempeño de la sobrecarga adicional se sobrestime en los modelos.

En este reporte se han evaluado los asentamientos residuales para una gran cantidad de zonas para determinar los efectos de remover la sobrecarga después de 12 meses. Las zonas se identifican en la Figura 2. Se sacan las siguientes conclusiones:

- Para la Zona 7 en el Paquete 2 no son suficientes los 12 meses de sobrecarga para cumplir con los requisitos de pendiente transversal de la OACI. 14 meses de sobrecarga proporcionarán suficiente consolidación por debajo del carril de la Pista para cumplir con el requisito. Por lo tanto se recomienda que la sobrecarga se mantenga en su lugar por 14 meses en la Zona 7 del Paquete 2. Esto mantiene el programa de construcción propuesto por TASANA durante las presentaciones del MO de mayo.
- Para las zonas 1 y 3 del paquete 3 no son suficientes los 12 meses de sobrecarga para cumplir con los requisitos de la OACI. No es recomendable remover la sobrecarga después de 12 meses. Las medidas requeridas para esta zona serán evaluadas en los siguientes meses.
- Para las zonas restantes enlistadas abajo se considera que 12 meses es suficiente para cumplir con los requisitos de la OACI (que son aplicables para estas zonas).
- - Paquete 2 Zona 4a
 - Paquete 2 Zona 5a
 - Paquete 2 Zona 5b
 - Paquete 2 Zona 6a
 - Paquete 2 Zona 6b
 - Paquete 2 Zona 10
 - Paquete 2 Zona 12
 - Paquete 2 Zona 13



- Las zonas al Sur del Paquete 2 y zona central a norte del paquete 3 serán analizadas en reportes futuros.

1 ANEXO I: DESCRIPCIÓN DE ZONAS

1.1 Introducción

En el Anexo 1 se describe la definición del modelo de asentamiento ajustado por zona. Primero se define la zona y se presenta la variación en el comportamiento del asentamiento. Esto es seguido por un resumen de los trabajos de construcción y el monitoreo disponible en la zona. Finalmente se presenta el ajuste del modelo (Retro-análisis) para la zona donde se compara el modelo de asentamiento actualizado con observaciones del MO.

Zona 1a de la Pista 2 se describe en mayor detalle para demostrar el proceso que es replicado en más Zonas.

1.2 Zona 1a, Pista 2

1.2.1 Definición de Zona

En la zona 1a de la pista 2, se ha aplicado sobrecarga adicional a lo largo del carril de la Pista y de las zonas de espera en el extremo sur de la zona. Las observaciones más recientes han sido comparadas con el retro-análisis y se presentan en la Figura 27 junto con la media y el $\pm 15\%$ de la media.

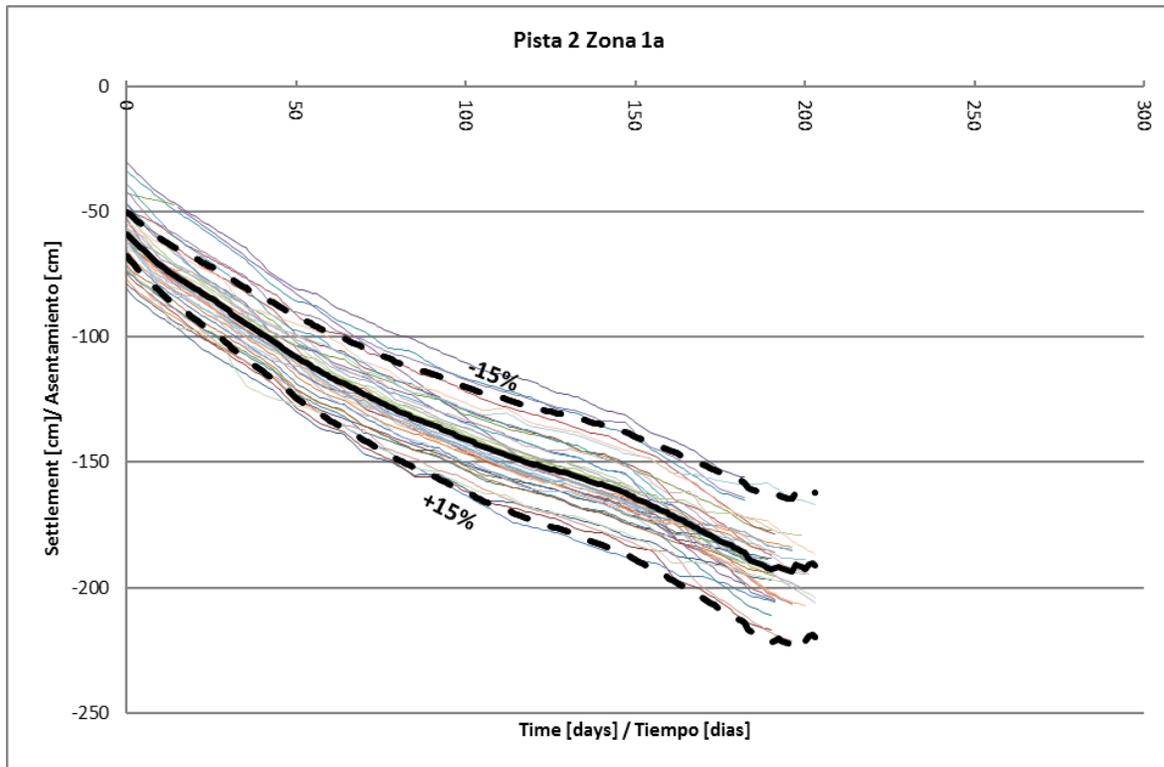


Figura 27: Variabilidad del asentamiento medido después del inicio de la sobrecarga en la Zona 1a Pista 2

1.2.2 Monitoreo

Pista 2 Zona 1a incluye 40 placas de asentamiento, 4 mangueras de asentamiento, 4 piezómetros eléctricos a 6 profundidades, 4 extensómetros y 7 tubos verticales dentro de la zona.

1.2.3 Trabajos de construcción

La placa de asentamiento que muestra el promedio del comportamiento del asentamiento ha sido utilizada para evaluar la zona. La placa seleccionada fue la PA0073, ubicada dentro del área donde se ha aplicado el 3m de sobrecarga. El programa utilizado durante la construcción se muestra en la Tabla A-1. El programa ha sido obtenido de los registro de construcción para el sitio.

Tabla A1-1: Programa de construcción en la ubicación de la placa de asentamiento

Programa de construcción de la placa de asentamiento:	PA0073	Día	Espesor de la capa [m]
1st Capa de tezontle	07-12-2016	0	0.5
2nd Capa de tezontle	12-01-2017	36	0.5
3rd Capa de tezontle (parte 1)	17-05-2017	161	0.5
Instalación PVDs	01-06-2017	176	-
3rd Capa de tezontle (parte 2)	14-06-2017	189	0.5
1st Capa de sobrecarga (parte 1)	28-10-2017	325	0.5
1st Capa de sobrecarga (parte 2)	31-10-2017	328	0.5
2nd Capa de sobrecarga (parte 1)	17-11-2017	345	0.5
2nd Capa de sobrecarga (parte 2)	23-11-2017	351	0.5
3rd Capa de sobrecarga (parte 1)	01-05-2018 ¹	510	0.5
3rd Capa de sobrecarga (parte 2)	05-05-2018 ¹	514	0.5
12 meses de sobrecargar	23-11-2018	716	
Capa de nivelación	30-11-2018	723	
Pantallas divisorias	27-12-2018	750	
Pavimento	17-02-2019	802	
Tiempo de entrega	29-03-2019	842	

¹. Se han realizado ajustes mínimos a la fecha en la que el 3er metro de sobrecarga fue aplicado, con base en los cambios observables del asentamiento/presión de la instrumentación dentro de la zona.

1.2.4 Geometría y Estratigrafía

La siguiente Estratigrafía ha sido aplicada en el modelo basado en las investigaciones realizadas durante la fase de diseño, ver la Tabla A1-2.

Tabla A1-2: Estratigrafía en la ubicación del análisis modelado

Estrato	Nivel superior [m]	Nivel base [m]	Espesor [m]
Corteza disecada (CD)	2227.126	2227.026	0.1
FASA	2227.026	2216.350	10.676
FASB	2216.350	2203.490	12.86



FASB	(sin	2203.490	2203.390	
perturbación)				0.1
FASC		2203.390	2201.000	2.39
FASC	(sin	2201.000	2197.140	
perturbación)				1.86
Capa Dura (CD)		2197.140	2196.050	1.09
FAI		2196.050	2185.300	10.75
SES		2185.300	2174.610	10.69
FAP		2174.610	2161.740	12.87
SEI		2161.740	2150.000	11.74

Se han tomado en consideración las perturbaciones debido a la instalación de los PVDs al incrementar localmente el radio de la permeabilidad horizontal a vertical de la capa a través de la cual se está instalando el PVD.

Los niveles actuales y futuros de la superficie y del agua subterránea se establecen en la Tabla A1-3.

Tabla A1-3: Niveles de superficie y de agua subterránea

Elevación (m)			
Superficie de terreno existente	Nivel inicial del agua subterránea	Nivel final del agua subterránea	Nivel superficial del pavimento
2227.126	2225.701	2225.900	2227.801

El perfil del agua subterránea ha sido tomado como fue presentado en el reporte de diseño del 2015 y se muestra en la figura 28.

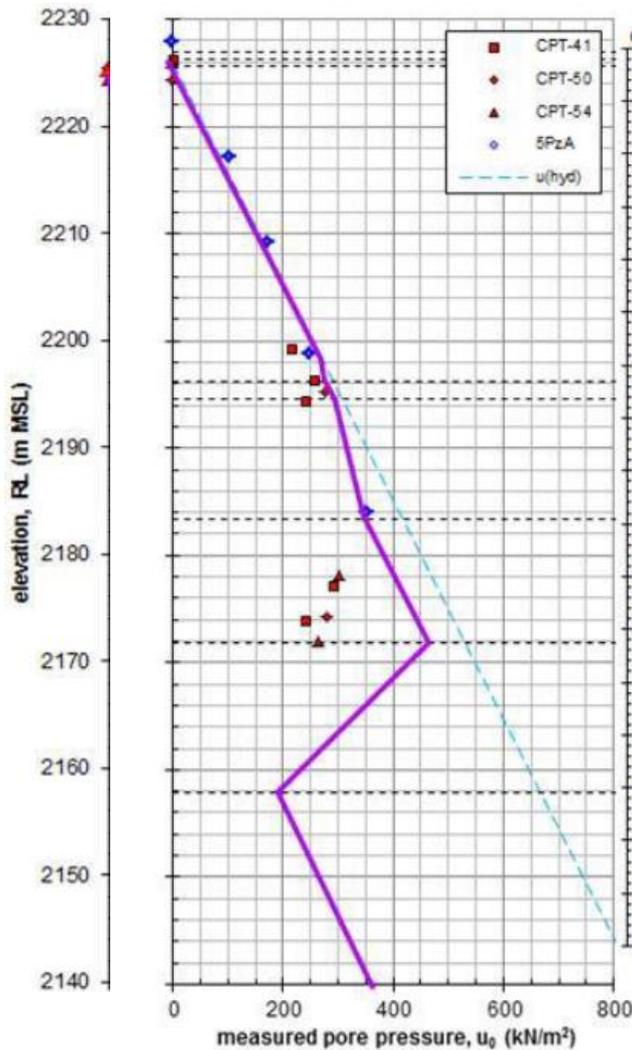


Figura 28: Perfil con nivel de presión de agua de poro aplicado en el sur de las Pistas 2 y 3.

1.2.5 Retro análisis

La figura 29 muestra el asentamiento medido en las placas junto con el asentamiento modelado. La tendencia general de las placas de asentamiento en la zona muestra un incremento en el nivel de terreno sobre el primer mes y medio, siguiendo la instalación de la placa. Este fenómeno ha sido considerado erróneo y, por lo tanto, la palcas de asentamiento representativa seleccionada ha sido ajustada a cero mediciones con la línea base, al punto en el cual este fenómeno se detiene. La placa de asentamiento ajustada (línea punteada) difiere de la placa de asentamiento media (línea roja sólida) por 0.07m.

El modelo de línea base (naranja) está cerca al límite menor (asentamientos mayores) de la zona. Usando el peso unitario del relleno de alrededor de 18 kN/m³ sobre el agua subterránea, no fue posible configurar un ajuste sensible de ambas

sobre un cronograma que incorpora estas y 3 metros de material de sobrecarga (línea punteada azul). Las fotografías del sitio y la evidencia anecdótica indican que existen cantidades significativas de tezontle mezcladas con el material de sobrecarga en esta ubicación.

El asentamiento del MO fue ajustado, Asumiendo un peso unitario de 13 kN/m³ por encima del agua, fue posible lograr un ajuste sensible (azul sólido). El modelo de asentamiento para 3m de sobrecarga (azul sólido) tiene los siguientes cambios:

- Incremento en OCR de la FAS de 11%
- Incremento del 13% de la permeabilidad inicial en la FAS
- CR y RR cambiados por menos de 2%
- Se asume 1 metro de estancamiento, reduciendo efectivamente el esfuerzo efectivo y, por lo tanto, el asentamiento durante la sobrecarga (Ver....)

El modelo indica aproximadamente 0.5 m asentamientos menores que los indicados en el modelo de línea base.

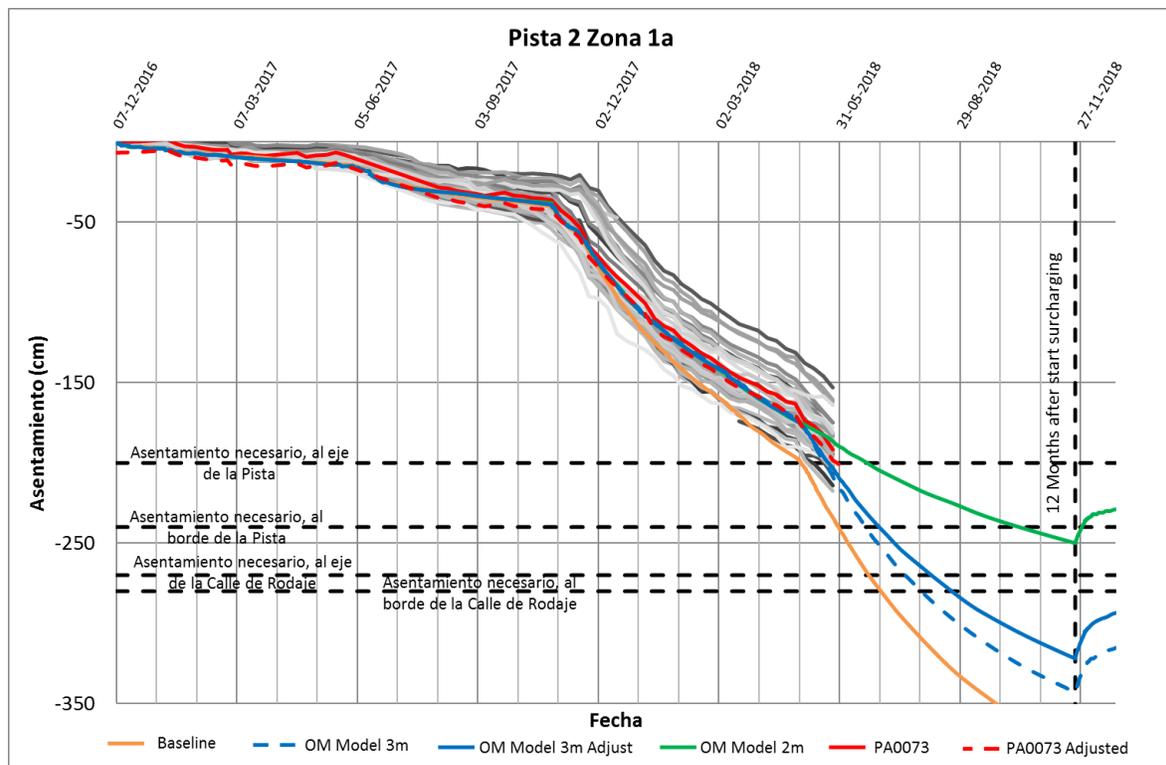


Figura 29: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO, comparación entre 2m y 3m sobrecarga aplicada por 12 meses. El ajuste del modelo del MO muestra el asentamiento asumiendo 13kN/m³ para el peso del material de sobrecarga no saturado..

El estancamiento de agua dentro del tezontle ha sido incluido en el modelo al variar la carga de agua dentro de los PVDs con tiempo. El programa de estancamiento se muestra en la Tabla A1-4.

Tabla A1-4: Programa de estancamiento

Fecha	Nivel de agua [m]
01/06/2017	2226.976
01/01/2018	2226.976
08/03/2018	2226.476
08/05/2018	2225.976
27/05/2018	2225.701
27/12/2018	2225.9

Los parámetros que han sido utilizados en la línea base y derivados del retro-análisis se presentan en la Tabla A1-5.

Tabla A1-5: Parámetros de línea base y del retro-análisis

Capa	Parámetro	Unidades	Línea base	P2Z1a
DC	Cc	-	2.2900	2.2717
	Cr	-	0.1950	0.1969
	Ca	-	1.00E-06	9.87E-07
	OCR	-	3.00	3.32
	k_v	m/s	2.63E-09	2.97E-09
FASA	RR	-	0.0407	0.0411
	CR	-	0.7243	0.7185
	Ca	-	0.0317	0.0313
	OCR	-	1.77	1.96
	k_v	m/s	2.63E-09	2.97E-09
FASB	RR	-	0.0428	0.0432
	CR	-	0.7825	0.7763
	Ca	-	0.0328	0.0324
	OCR	-	1.77	1.96
	k_v	m/s	2.63E-09	2.97E-09
FASC	RR	-	0.0435	0.0439
	CR	-	0.8903	0.8831
	Ca	-	0.0338	0.0334
	OCR	-	1.59	1.76
	k_v	m/s	2.63E-09	2.97E-09

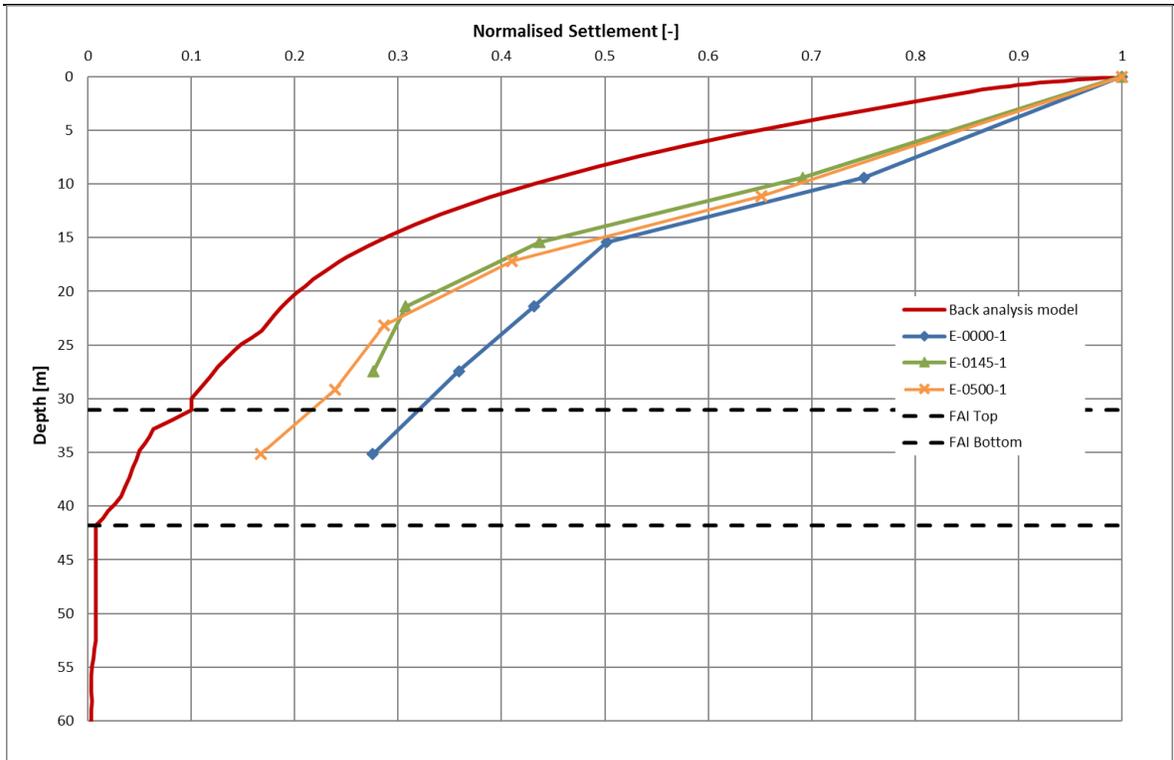


Figura 30: Asentamiento normalizado sobre profundidad, datos del extensómetros comparados con el modelo de cálculo

La figura 30 muestra los datos del extensómetro de 3 extensómetros dentro de la zona. Los extensómetros indican que entre 15 y 30% del asentamiento se origina por debajo de la FAI. En esta zona, los datos del extensómetro y piezómetro se consideran representativa del comportamiento real del suelo. Los extensómetros del modelo de asentamiento MO actual sobreestiman ligeramente el asentamiento en la parte superior de la FAS. El asentamiento en la FAI también es subestimado. Esto se puede deber a la subsidencia adicional medida en el extensómetro. En futuras evaluaciones, el retro-análisis de la capa FAI puede ser llevado a cabo con extensómetros representativos, de tal modo que el perfil de profundidad del asentamiento pueda ser modelado con mayor precisión.

La figura 31 y 32 muestran la presión de poro total medida y modelada en el modelo de asentamiento MO. La figura muestra una correlación relativamente cercana entre la presión de poro modelada (líneas punteadas) y presiones de poro medidas (línea sólida) y un patrón similar de disipación.

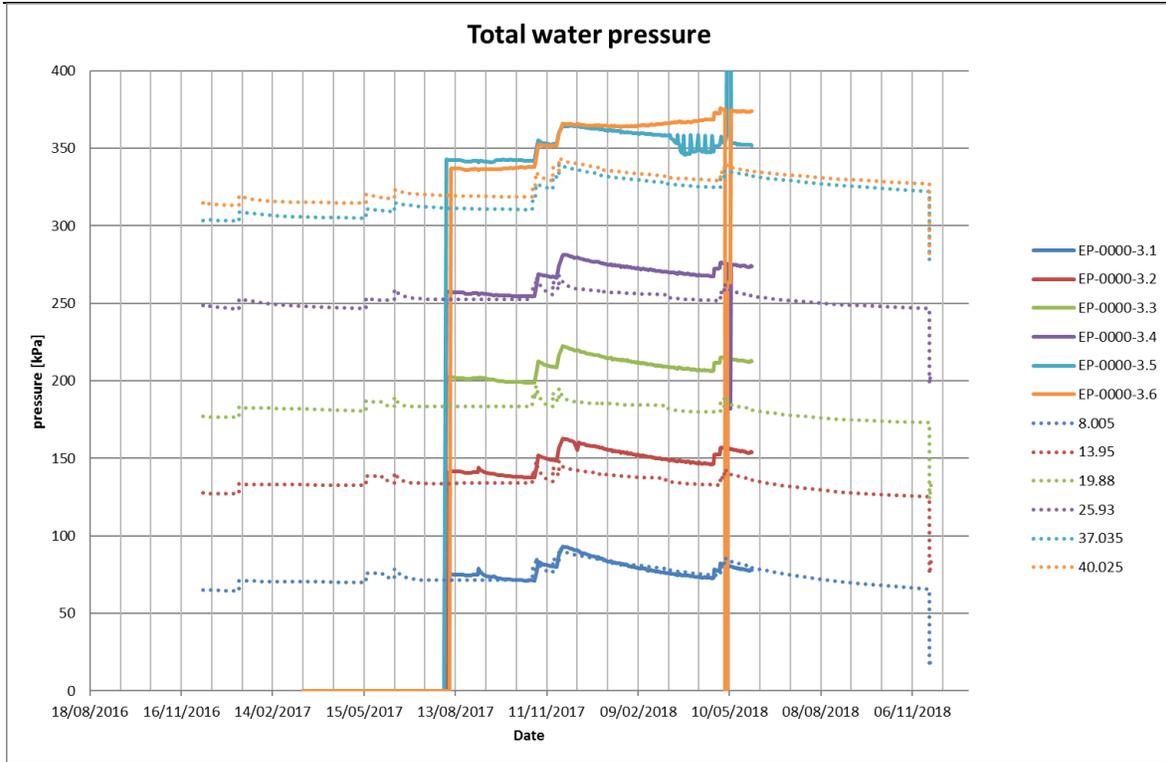


Figura 31: Presión de poro total observada en EP-0000-3 comparada con la presión de poro modelada

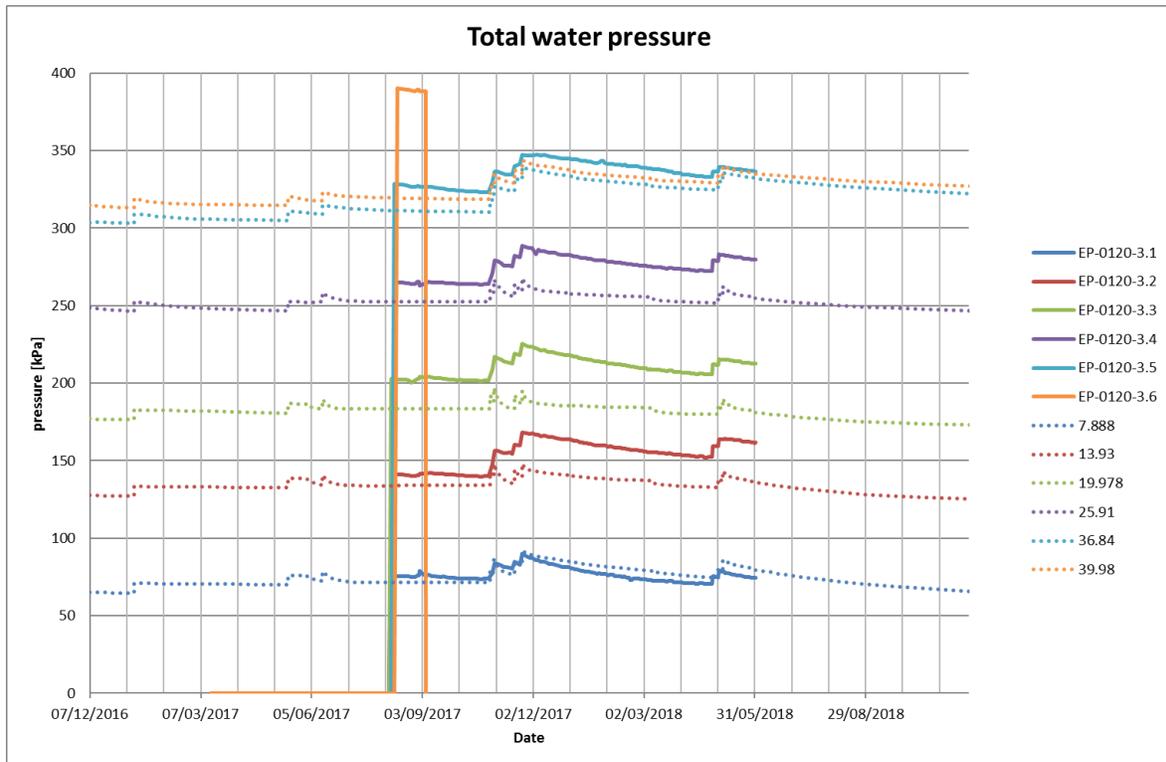


Figura 32: Presión de poro total observada en EP-0120-3 comparada con la presión de poro modelada

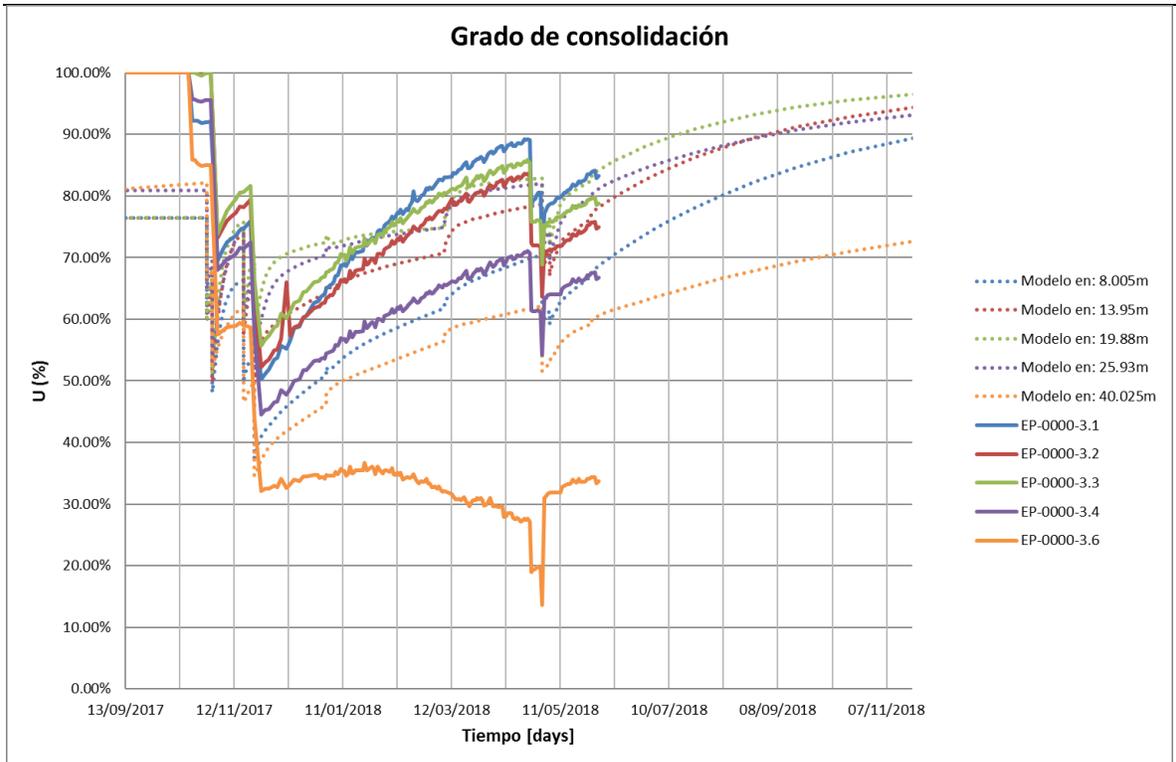


Figura 33: DOC a lo largo del tiempo, interpretado de los piezómetros eléctricos EP-0000-3 y modelado de cálculo

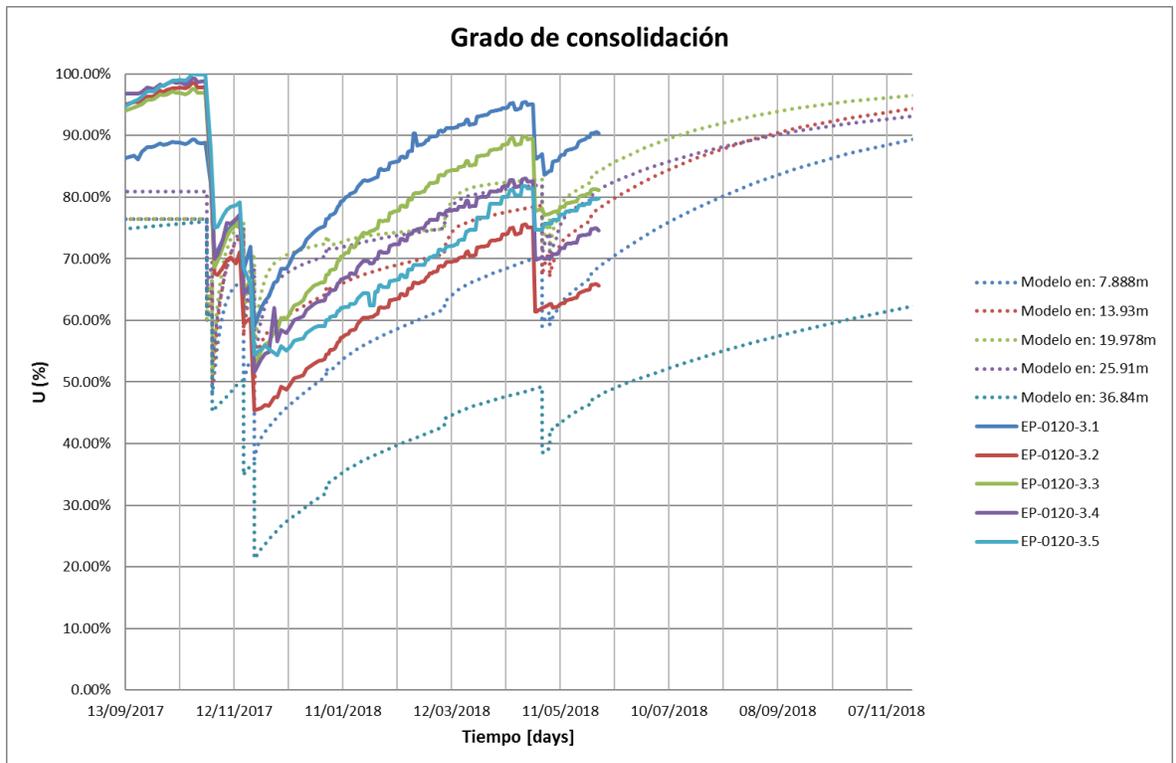


Figura 34: DOC a lo largo del tiempo, interpretado de los piezómetros eléctricos EP-0120-3 y modelado de cálculo

La figura 33 y 34 muestran la evaluación del Grado de Consolidación (U) con el tiempo, y como fue medido con los piezómetros EP-0000-3 y EP-0120-3. En general, el modelo del MO muestra una aproximación decentemente buena del U estimado de las mediciones en campo. Se debe observar que las lecturas de EP-0000-3.5 y EP-0120-3.6 han sido removidas de los trazados, ya que mostraban irregularidades en las lecturas, lo que indicaba una falla en la instrumentación.

1.3 Zona 3a, Pista 2

1.3.1 Definición de Zona

La zona 3a es la parte más al sur de la Pista 2. En esta zona el asentamiento es relativamente mayor. La mayoría de las placas de asentamiento caen dentro del criterio de zonificación de $\pm 15\%$ (Figura 35).

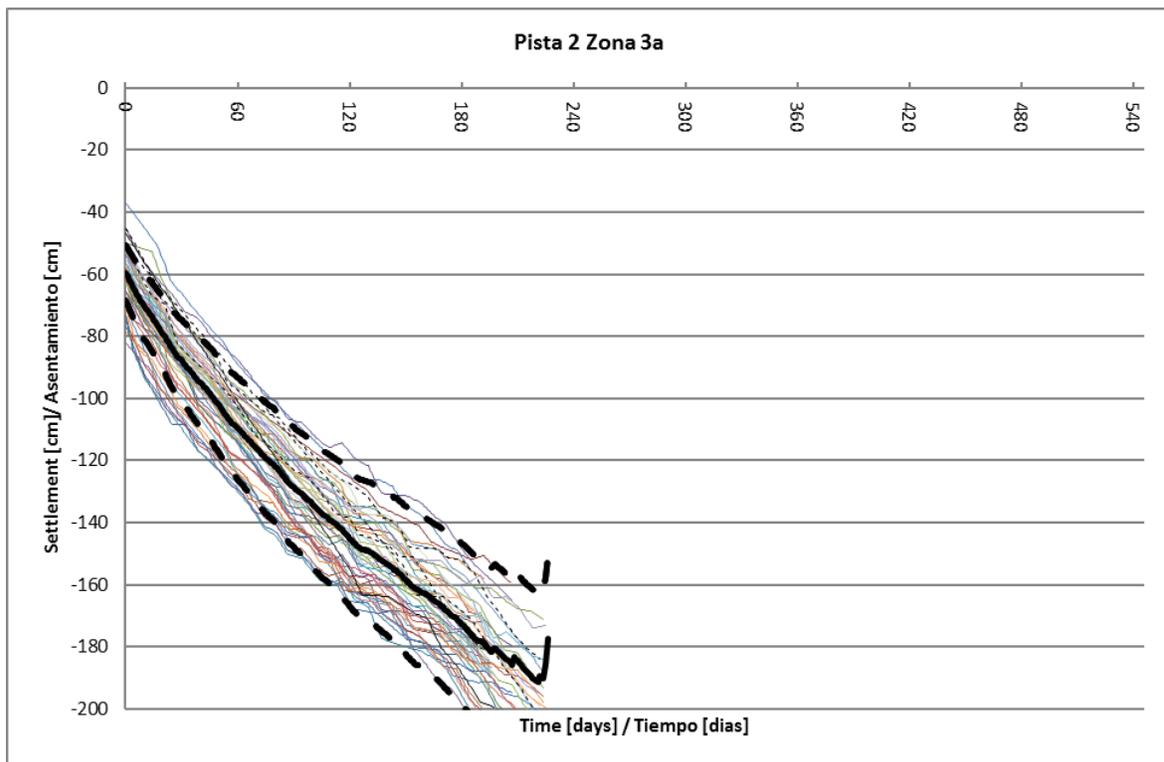


Figura 35: Variabilidad del asentamiento medido después del inicio de la sobrecarga en la Zona 3a en Pista 2

1.3.2 Trabajos de construcción

La zona 3a en la pista 2 sigue un programa de construcción típico. La única diferencia significativa es que los PVDs fueron instalados posteriormente de lo usual (126 días después de la primera capa de tezontle). La sobrecarga comenzó el 18-11-2017.

1.3.3 Monitoreo

En esta zona hay 48 placas de asentamiento, 2 extensómetros a 5 profundidades, 2 piezómetros eléctricos a 6 profundidades, 2 inclinómetros y 2 tubos verticales.

1.3.4 Retro-análisis

El retro-análisis utiliza la información de PA0283, que es considerada como representativa de la zona. En el modelo de asentamiento del MO, se utiliza una permeabilidad menor inicial (reducida por 16%). La capa FAS también es 2% más compresible y tiene un 4% menos de OCR que en el modelo de Línea Base. En la figura 36, se presenta que el modelo de asentamiento del MO (línea azul) produce mayor asentamiento que el de Línea Base (línea naranja), pero las 2 curvas no se desvían mucho. Además, ambos lograron alcanzar los asentamientos requeridos.

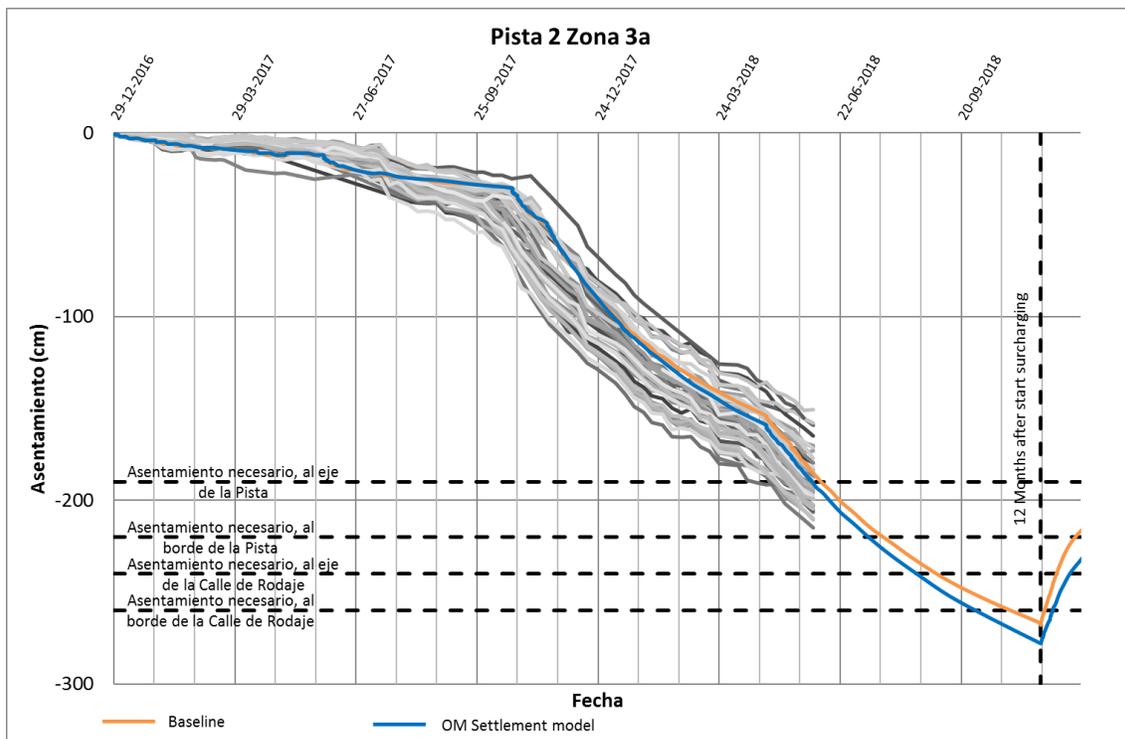


Figura 36: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO donde se aplicaron 2m de sobrecarga por 12 meses

La información del extensómetro no se presenta para la zona 3a. Parece que los instrumentos fueron reemplazados y, por lo tanto, las mediciones no muestran continuidad. Así que la información debe de recibir un tratamiento antes de ser utilizada. El método para enfocarse en esta cuestión será estudiada y se presentarán los resultados.

En la figura 37 y 39 se presenta el cronograma de la presión total, comparando las mediciones del piezómetro y los cálculos del Modelo del MO. Evidentemente, la estimación de presión del Modelo MO es capaz de aproximarse cercanamente a los

valores medidos. Finalmente, la zona 3a muestra un U medido razonablemente alto, que concuerda con los valores calculados del MO (figura 38 y 40). El modelo del MO es capaz de acercarse adecuadamente a la disipación de presión de agua de poro actual, ya que los PVDs (en las cercanías de los piezómetros) fueron instalados correctamente.

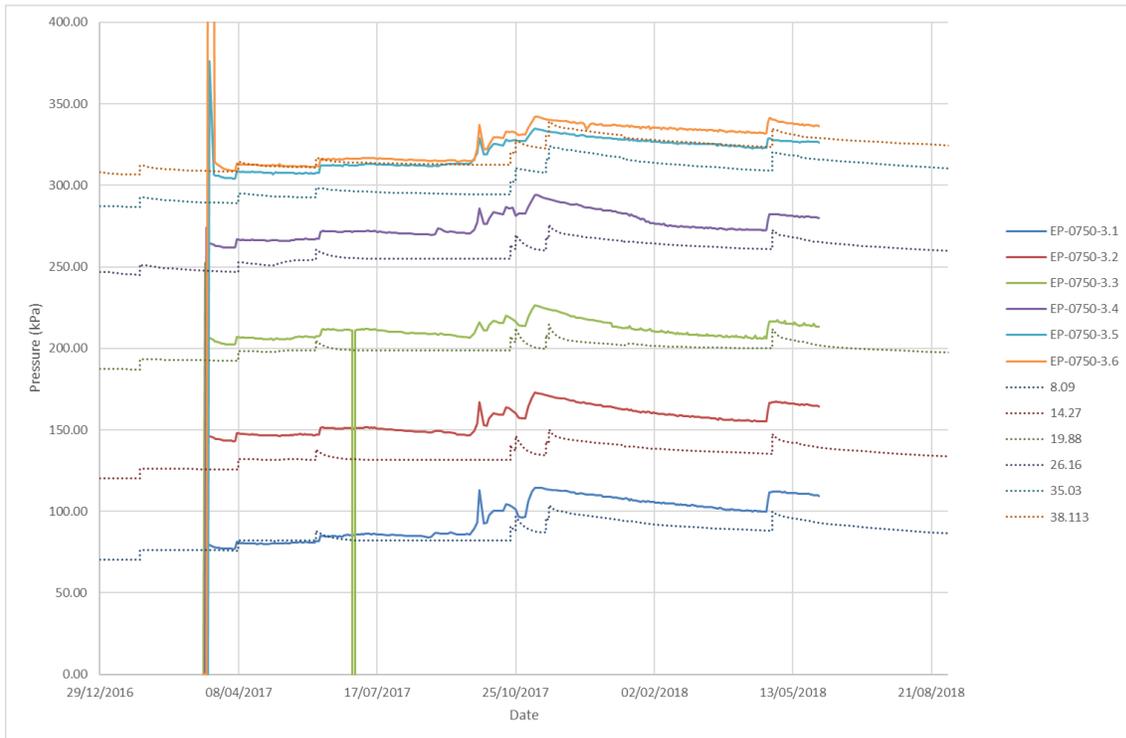


Figura 37: Presión total a lo largo del tiempo, datos de los piezómetros eléctricos (EP-0750-3) y modelo de cálculo

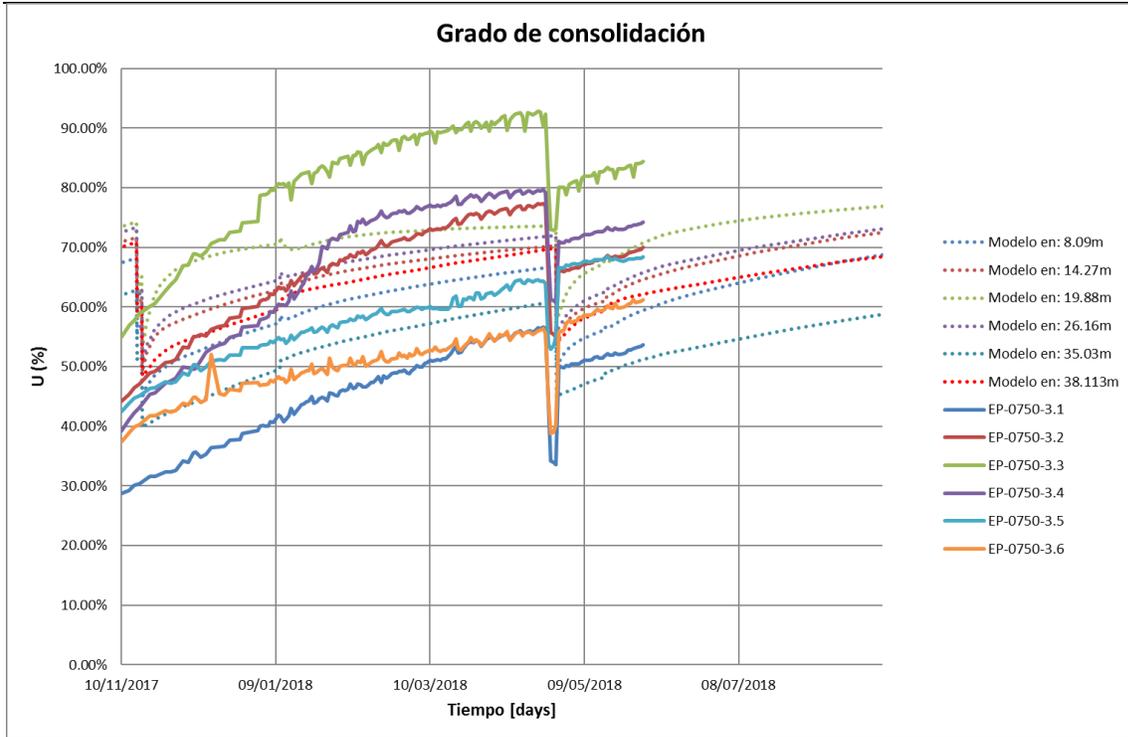


Figura 38: U a lo largo del tiempo, datos de los piezómetros eléctricos (EP-0750-3) y modelo de cálculo

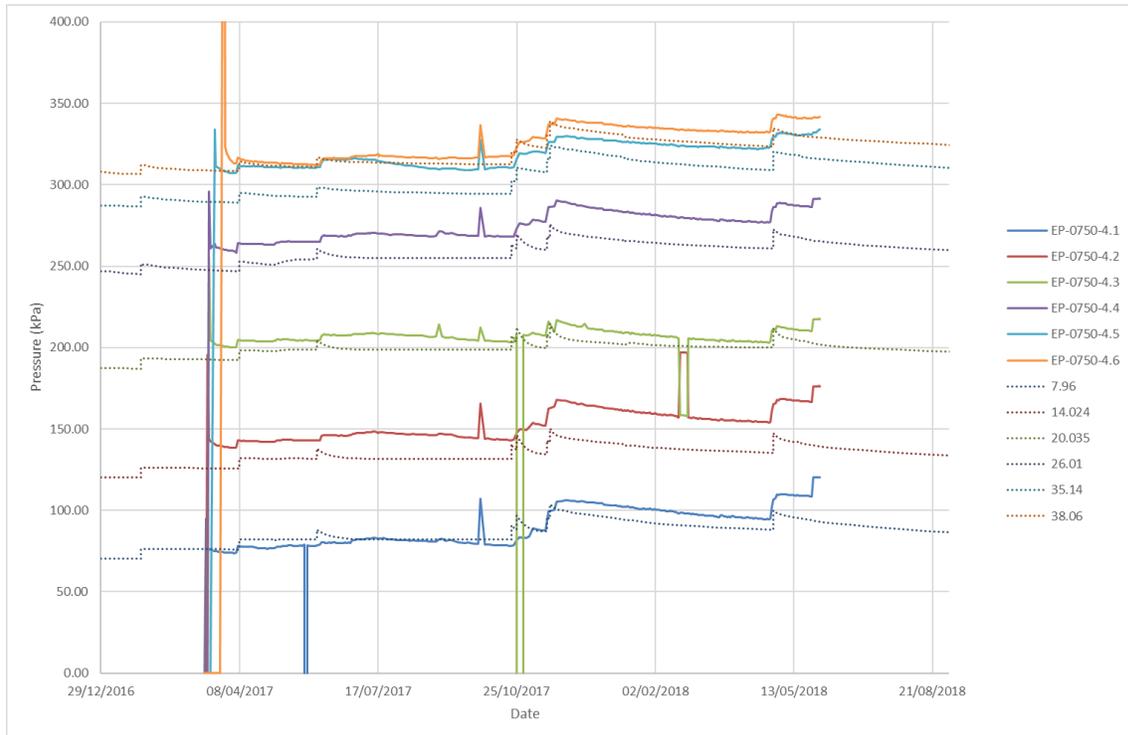


Figura 39: presión total a lo largo del tiempo, datos de los piezómetros eléctricos (EP-0750-4) y modelo de cálculo

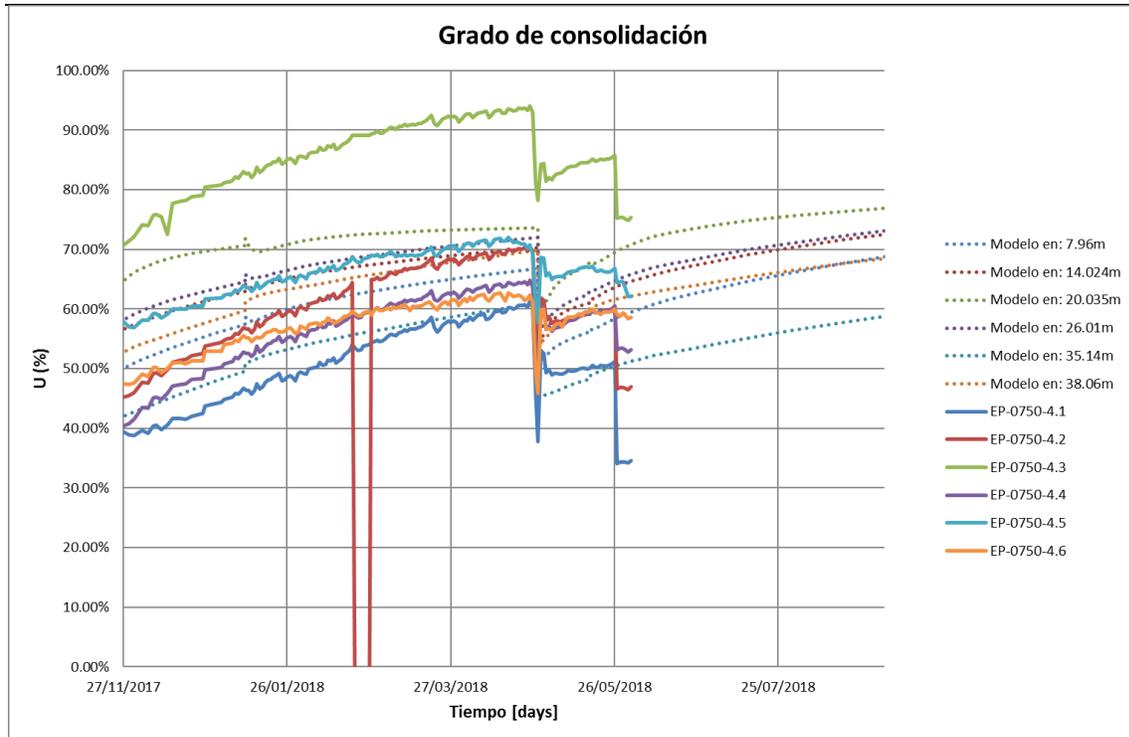


Figura 40: U a lo largo del tiempo, datos de los piezómetros eléctricos (EP-0750-4) y modelo de cálculo

1.4 Zona 3, Pista 3

1.4.1 Definición de Zona

En la zona 3 se ha aplicado sobrecarga adicional. Las observaciones más recientes han sido comparadas con el retro-análisis.

1.4.2 Trabajos de construcción

La placa de asentamiento que muestra el promedio del comportamiento del asentamiento ha sido utilizada para evaluar la zona. Se instaló el 08-11-2016. Se registró el inicio de la sobrecarga en 19-09-2017.

1.4.3 Monitoreo

La zona 3 incluye 44 placas de asentamiento, 2 mangueras de asentamiento, 4 piezómetros eléctricos a 6 profundidades, 4 extensómetros y 6 tubos verticales dentro de la zona.

1.4.4 Retro-análisis

La figura 41 muestra el asentamiento medido en las placas y el asentamiento modelado. El modelo de línea base (naranja) está relativamente cerca de capturar el comportamiento medio de la zona. Ajustándose a un comportamiento ligeramente

conservador, el modelo de asentamiento MO para 2m de sobrecarga (verde) tiene los siguientes cambios:

- Incremento muy ligero del OCR en la FAS
- Disminución del 14% de la permeabilidad inicial en la FAS
- 1m de estancamiento fue asumido, reduciendo efectivamente el asentamiento y el esfuerzo efectivo durante la sobrecarga

El modelo proporciona menor asentamiento que el de línea base.

La figura 41 también muestra el modelo de retro-análisis del MO con el 3m aplicado en Marzo. La calidad del 3er nivel de sobrecarga es ligeramente menor que el esperado. Por lo tanto, el modelo asume que el 3er metro tiene un peso unitario no saturado de 14kN/m^3 . El resultado se presenta en la línea púrpura.

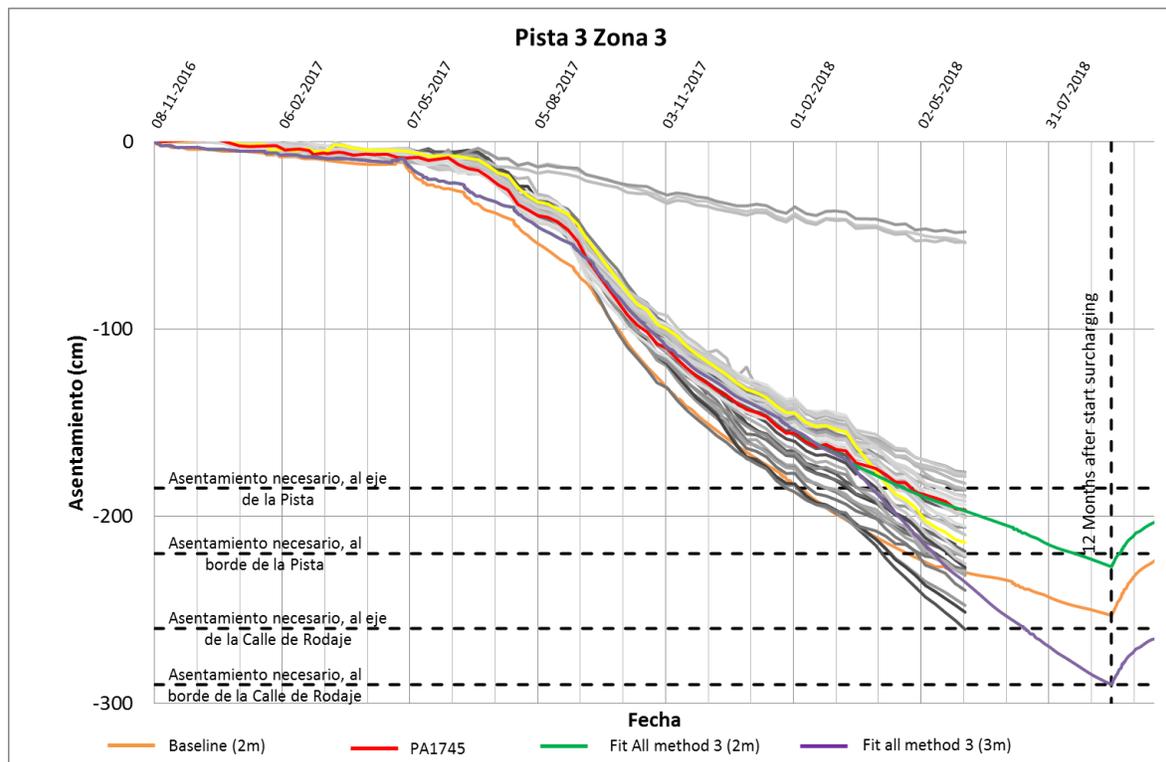


Figura 41: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO, comparación entre 2m y 3m sobrecarga aplicada por 12 meses

Como se aprecia en la figura 42, los extensómetros E-0120-3, E-0120-4, y E-0145-3 muestran que el 30% a 45% del asentamiento se origina debajo de la FAI. Esta cuestión se relaciona a la instalación tardía de los PVDs en su cercanía. El modelo no incluye este fenómeno, ya que solo ocurre de manera local alrededor de los instrumentos.

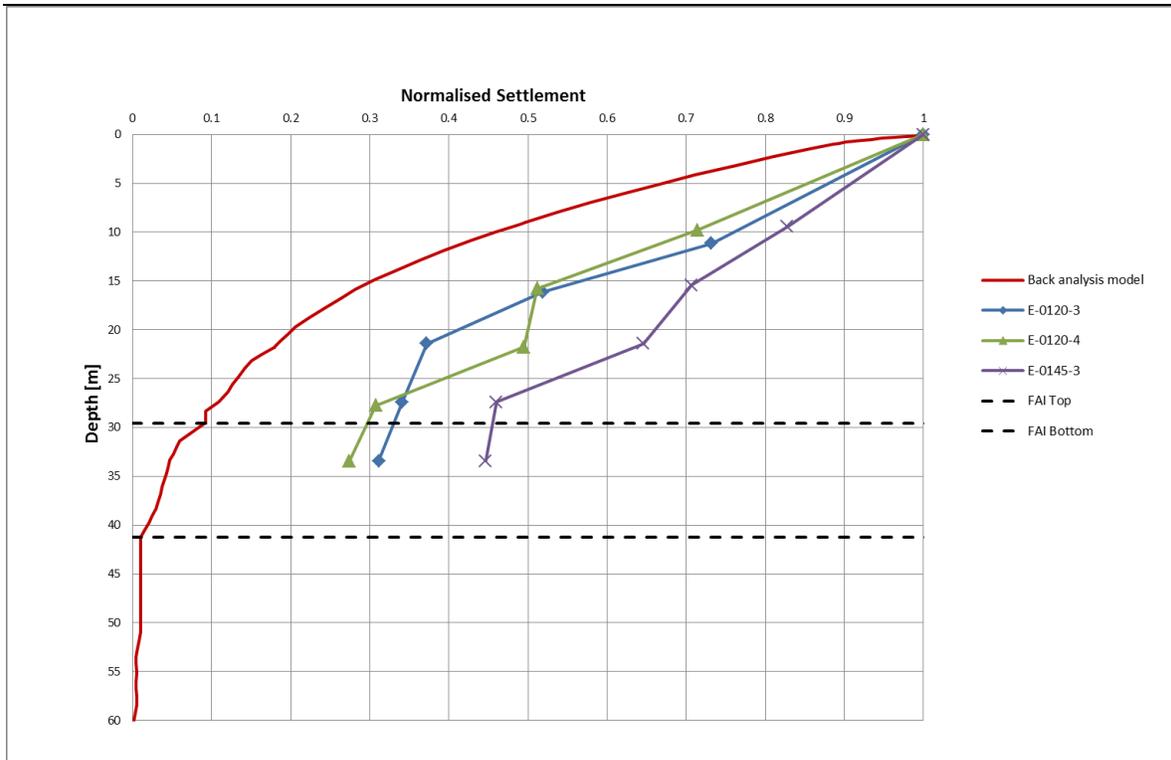


Figura 42: Asentamiento normalizado sobre profundidad, datos del extensómetro (E-0120-3, E-0120-4 y E-0145-3) comparador con el modelo de cálculo

La figura 43 y 44 muestran la presión de agua de poro total medida y modelado con el modelo de asentamiento del MO. La figura muestra una correlación relativamente cercana entre las presiones de poro modeladas y las presiones medidas.

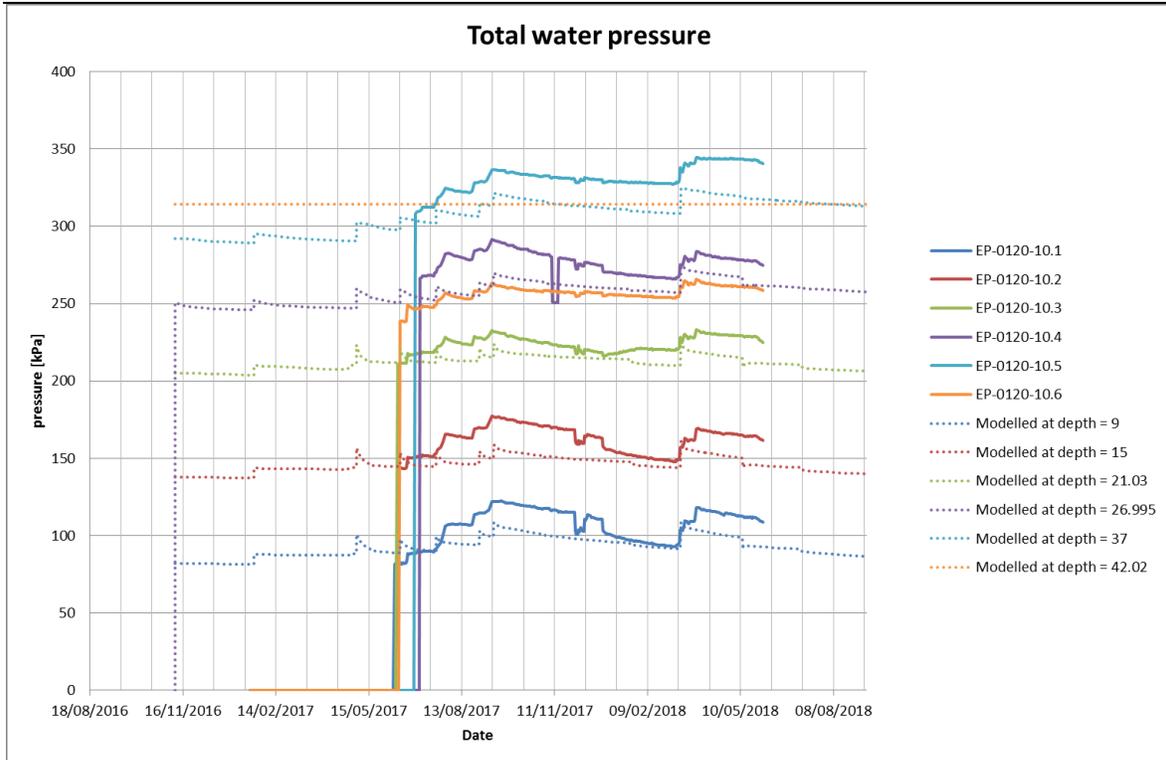


Figura 43: Presión de poro total observada en EP-0120-10 comparada con la presión de poro modelada.

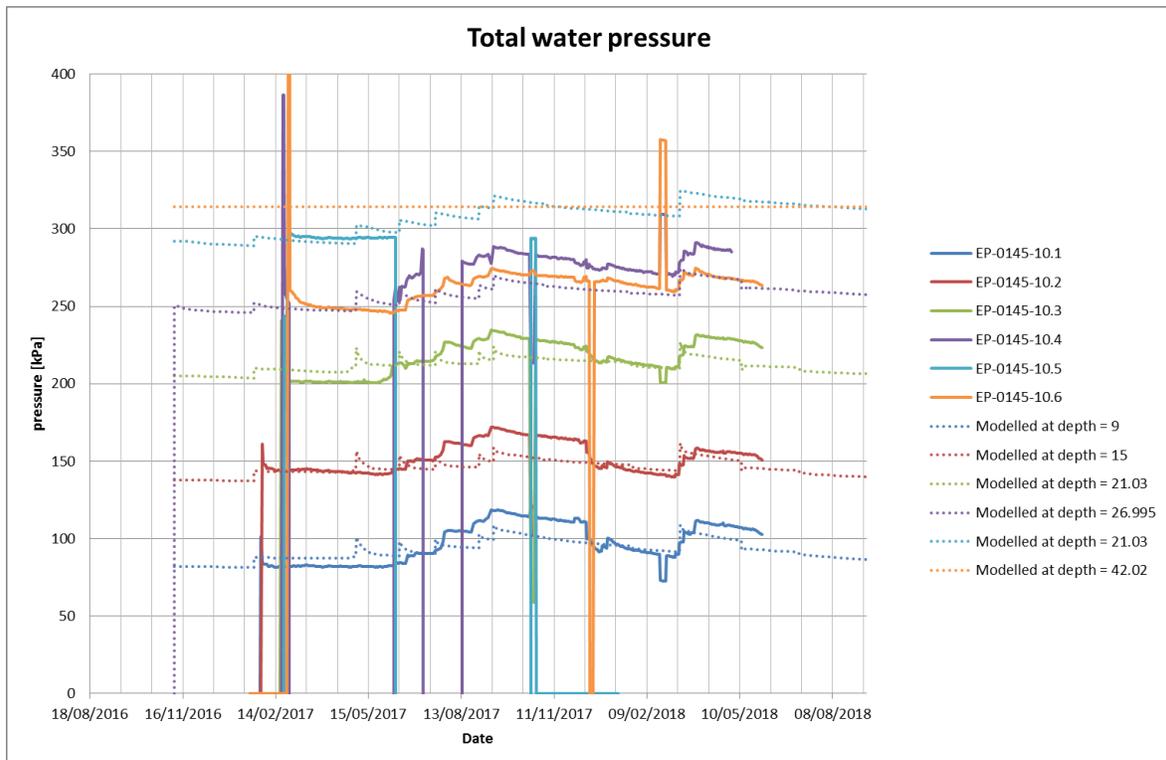


Figura 44: Presión de poro total observada en EP-0145-10 comparada con la presión de poro modelada.

La figura 46 y 45 exhiben la evolución del Grado de Consolidación (U) a lo largo del tiempo, como se midió en los piezómetros EP-0120-10 y EP-0145-10. En general, el modelo MO muestra una aproximación decentemente buena del U estimado de las mediciones en campo.

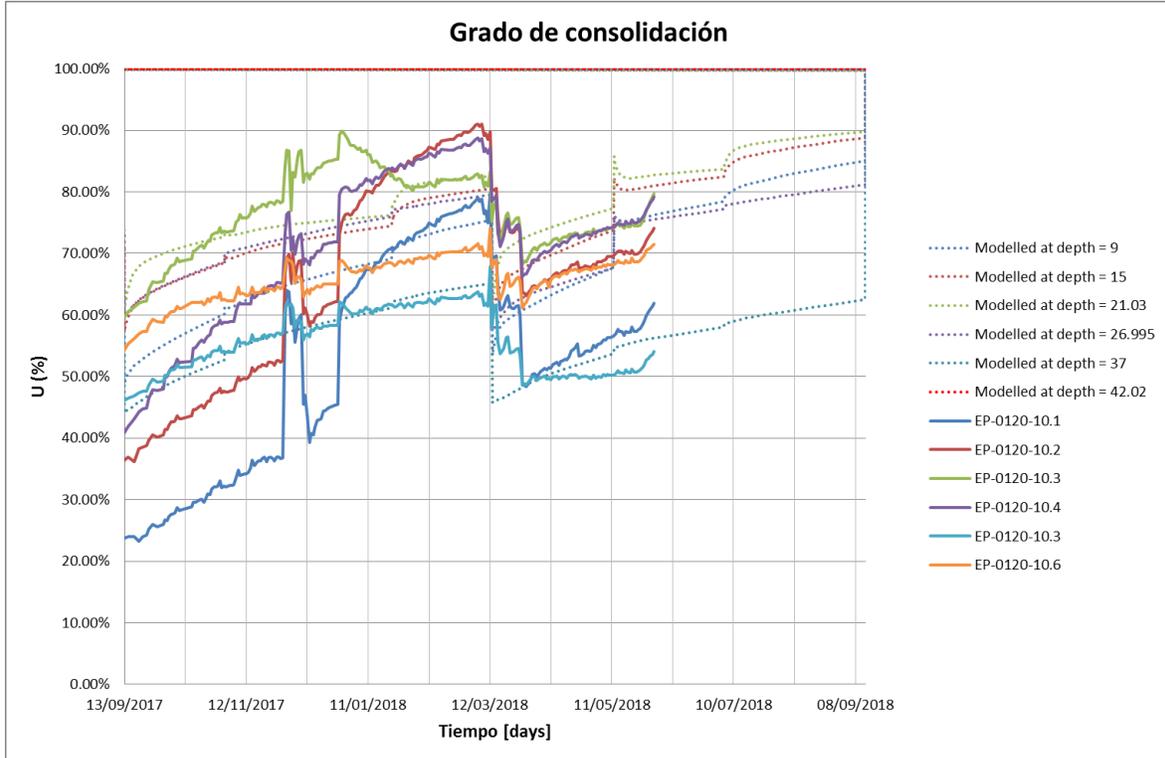


Figura 45: U a lo largo del tiempo, datos de los piezómetros eléctricos (EP-0120-10) y modelo de cálculo

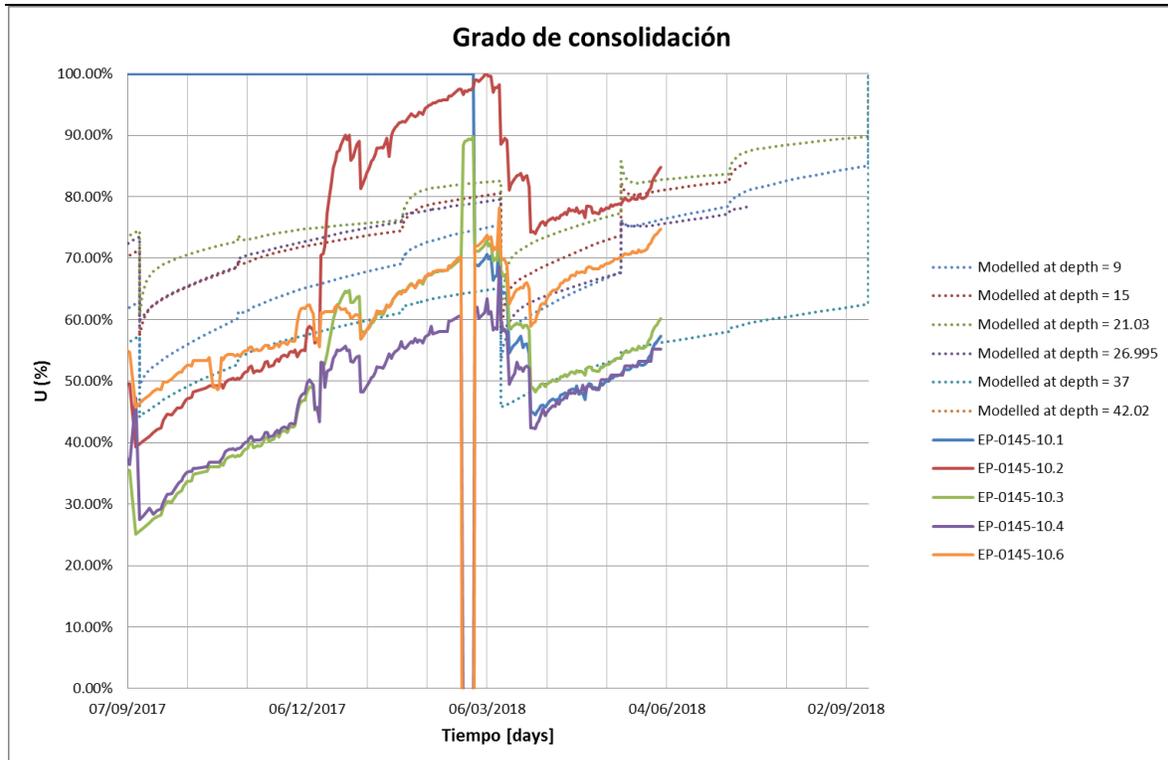


Figura 46: U a lo largo del tiempo, datos de los piezómetros eléctricos (EP-1175-4) y modelo de cálculo

1.5 Zona 7a, Pista 3

1.5.1 Definición de Zona

En la zona 7a de la pista 3 se ha aplicado sobrecarga adicional a lo largo de toda la longitud de la Calle de rodaje. Las observaciones más recientes han sido comparadas con el retro-análisis y se presentan en la figura 47 junto con la media y el $\pm 15\%$ de la media. La figura 47 incluye las placas de asentamiento dentro de las bahías de PVD, sin embargo, no se incluye la información de las placas de asentamiento dentro de las bahías de PVD en el análisis estadístico.

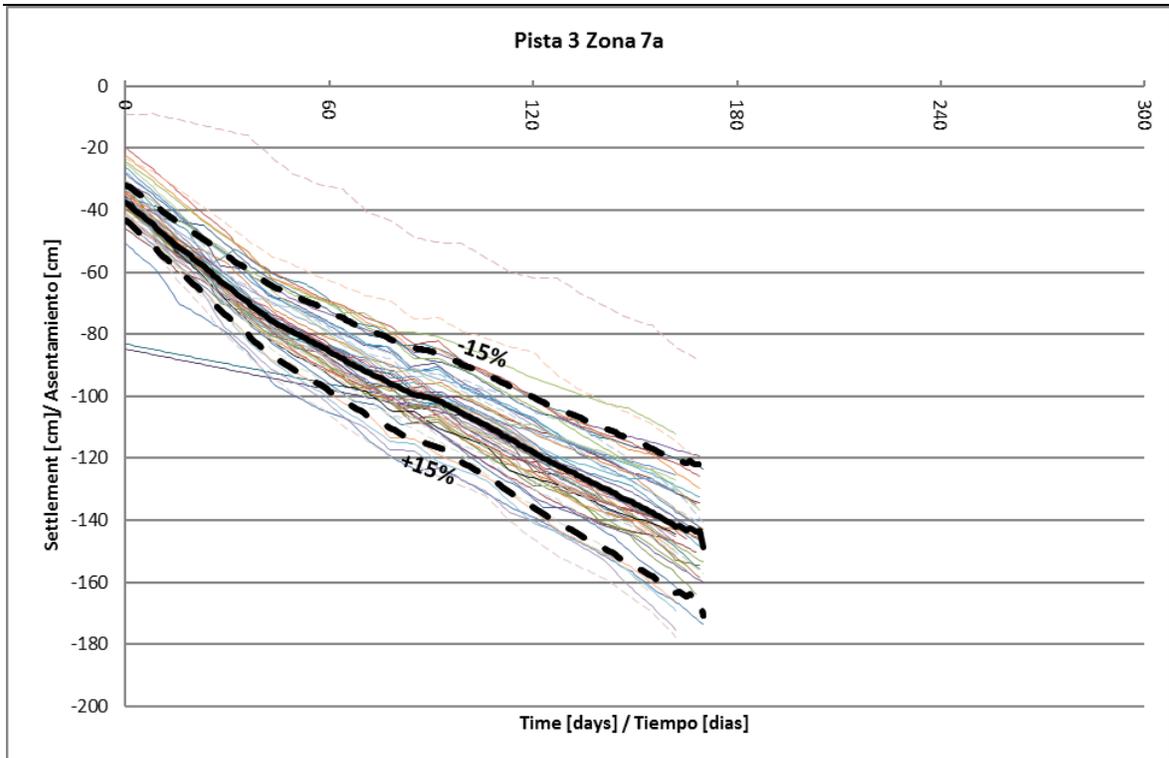


Figura 47: Variabilidad del asentamiento medido después del inicio de la sobrecarga en la Zona 7a on Pista 3

No se revisó más instrumentación como parte del retro-análisis para junio y será revisada y proporcionada durante el siguiente análisis del MO.

1.5.2 Trabajos de construcción

La placa de asentamiento que muestra el comportamiento promedio del asentamiento ha sido utilizada para evaluar esta zona. Se instaló el 09-08-2016. El comienzo de la sobrecarga es registrado en 17-11-2017. El 3er metro de sobrecarga fue aplicado entre 15-04-2018 y 20-04-2018. Los registros de construcción también indican que los PVDs en esta zona no fueron instalados hasta después de la colocación del segundo metro de tezontle.

1.5.3 Monitoreo

En esta zona hay 53 placas de asentamiento, 8 piezómetros eléctricos, 4 extensómetros, 4 inclinómetros, 4 tubos verticales y 4 mangueras de asentamientos.

1.5.4 Retro-análisis

La figura 48 muestra el asentamiento medido en las placas junto con el asentamiento medido. Las tendencias generales de las placas de asentamiento en la zona muestran un poco de incremento en el nivel de terreno en los primeros 4 meses posteriores a la instalación de la placa. Este fenómeno se considera erróneo y, por lo tanto, la placa de asentamiento representativa seleccionada ha sido ajustad

a cero mediciones con la línea base, en el punto en el que este fenómeno se detiene. La placa de asentamiento ajustada (línea punteada) difiere de la placa de asentamiento medida (rojo sólido) por 0.08 m.

El modelo de línea base (naranja) está cerca al límite inferior (asentamientos mayores) de la zona. Ajustando la placa de asentamiento mencionada anteriormente, el modelo de asentamiento para 3m de sobrecarga (azul sólido) tiene los siguientes cambios:

- Incremento muy ligero del OCR en la FAS de 11%
- Disminución del 19% de la permeabilidad inicial en la FAS
- 1m de estancamiento fue asumido, reduciendo efectivamente el asentamiento y el esfuerzo efectivo durante la sobrecarga

El modelo proporciona menor asentamiento que el de línea base.

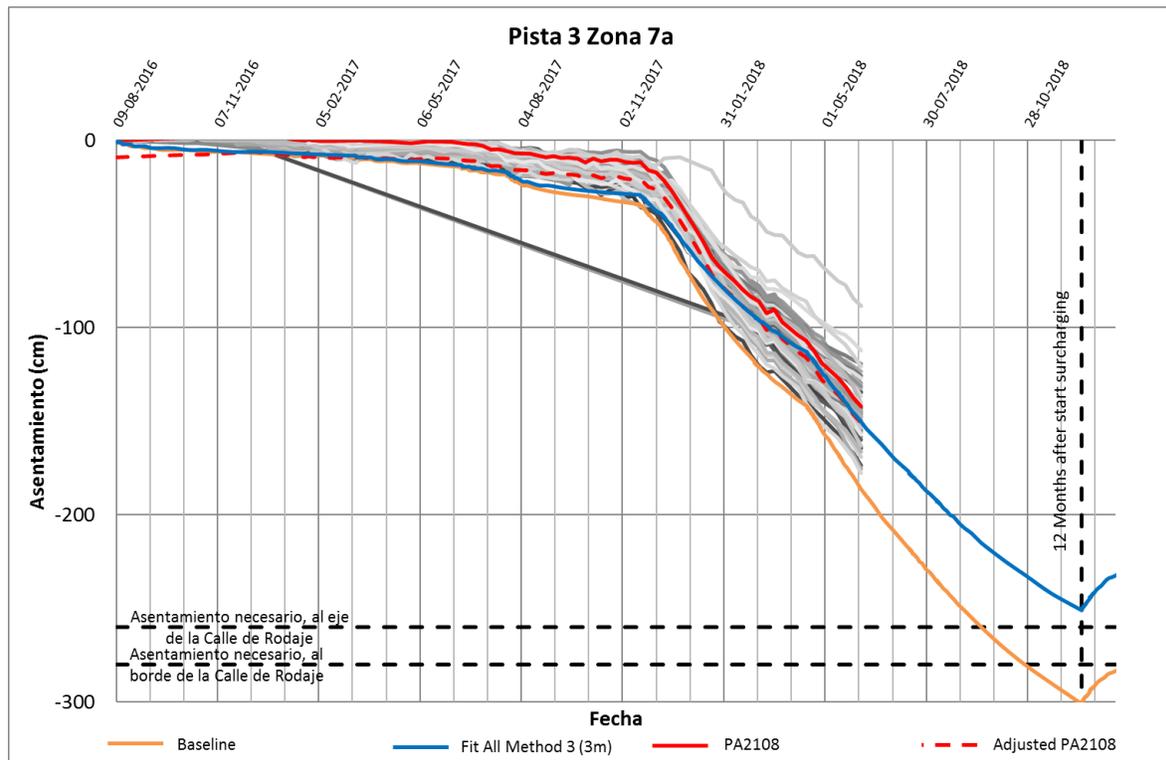


Figura 48: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento del MO, sobrecarga aplicada por 12 meses

1.6 Zona 7b, Pista 3

1.6.1 Definición de Zona

En la zona 7b de la pista 3 se ha aplicado sobrecarga adicional en partes de la zona. Las observaciones más recientes han sido comparadas con el retro-análisis y se presentan en la figura 47 junto con la media y el $\pm 15\%$ de la media. La figura 49

incluye las placas de asentamiento dentro de las bahías de PVD, sin embargo, no se incluye la información de las placas de asentamiento dentro de las bahías de PVD en el análisis estadístico.

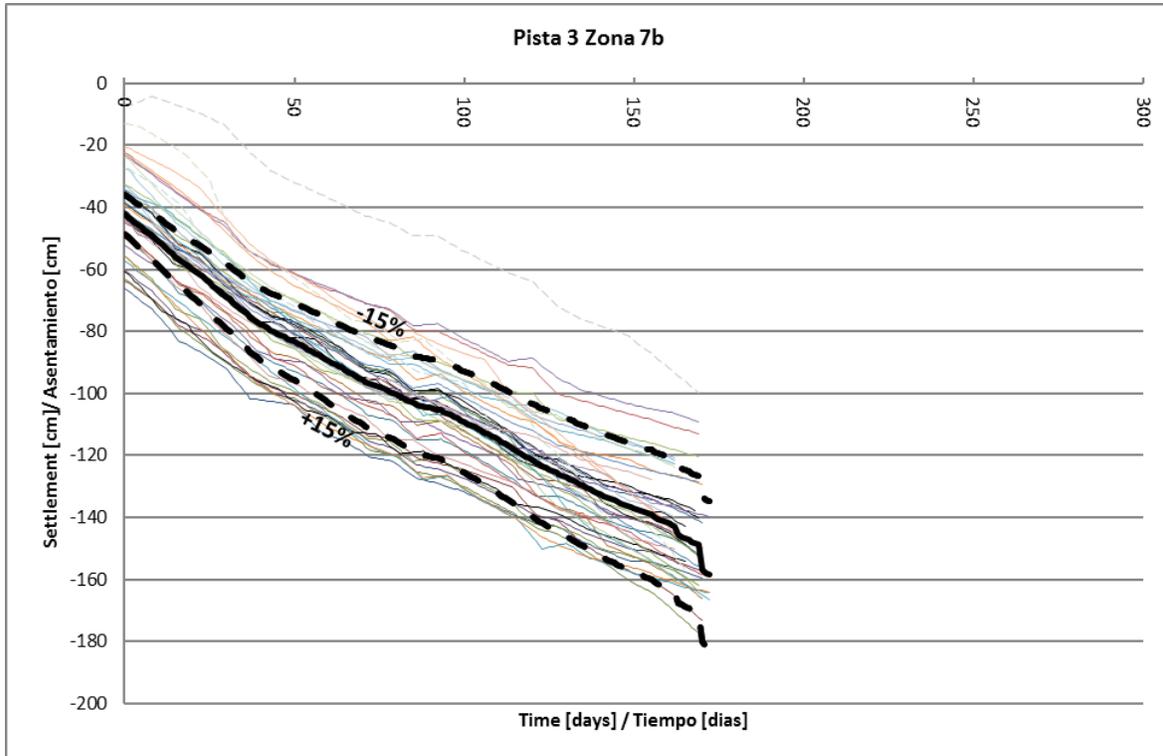


Figura 49: Variabilidad del asentamiento medido después del inicio de la sobrecarga en la Zona 7b Pista 3

1.6.2 Trabajos de construcción

La selección de una placa de asentamiento apropiada que muestre el promedio del comportamiento del asentamiento en la zona 7b es complicado, ya que el cronograma de construcción varía mucho a lo largo de la Zona. La instalación de los PVDs alrededor de la instalación y el historial de carga varía mucho a lo largo de la Zona. Una placa ligeramente conservadora ha sido seleccionada para el MO, donde un 3m de sobrecarga fue aplicado. La placa fue instalada en su ubicación el 05-08-2016 y se registró el comienzo de la sobrecarga el 22-12-2017. La aplicación del tercer metro de sobrecarga fue registrada en 06-04-2018. Los registros de construcción también indican que los PVDs no fueron instalados hasta después de la colocación del 2do metro de tezontle en esta zona.

1.6.3 Monitoreo

En esta zona hay 43 placas de asentamiento, 4 piezómetros eléctricos, 4 extensómetros, 4 tubos verticales y 4 mangueras de asentamientos.

1.6.4 Retro-análisis

La figura 50 muestra el asentamiento medido en las placas junto con el asentamiento medido. Las tendencias generales de las placas de asentamiento en la zona muestran un poco de incremento en el nivel de terreno en los primeros 3 meses posteriores a la instalación de la placa. Este fenómeno se considera erróneo y, por lo tanto, la placa de asentamiento representativa seleccionada ha sido ajustada a cero mediciones con la línea base, en el punto en el que este fenómeno se detiene. La placa de asentamiento ajustada (línea punteada) difiere de la placa de asentamiento medida (rojo sólido) por 0.06 m.

El modelo de línea base (naranja) está cerca al límite inferior (asentamientos mayores) de la zona. Ajustando la placa de asentamiento mencionada anteriormente, el modelo de asentamiento para 3m de sobrecarga (azul sólido) tiene los siguientes cambios:

- Incremento muy ligero del OCR en la FAS de 6%
- Disminución del 8% de la permeabilidad inicial en la FAS
- Ligera disminución de la CR y RR a 2%
- 1m de estancamiento fue asumido, reduciendo efectivamente el asentamiento y el esfuerzo efectivo durante la sobrecarga

El modelo indica asentamientos aproximadamente menores a 0.5 m que lo indicado en el modelo de línea base. La figura 50 también muestra el modelo del MO con sólo 2 metros de sobrecarga aplicada (verde).

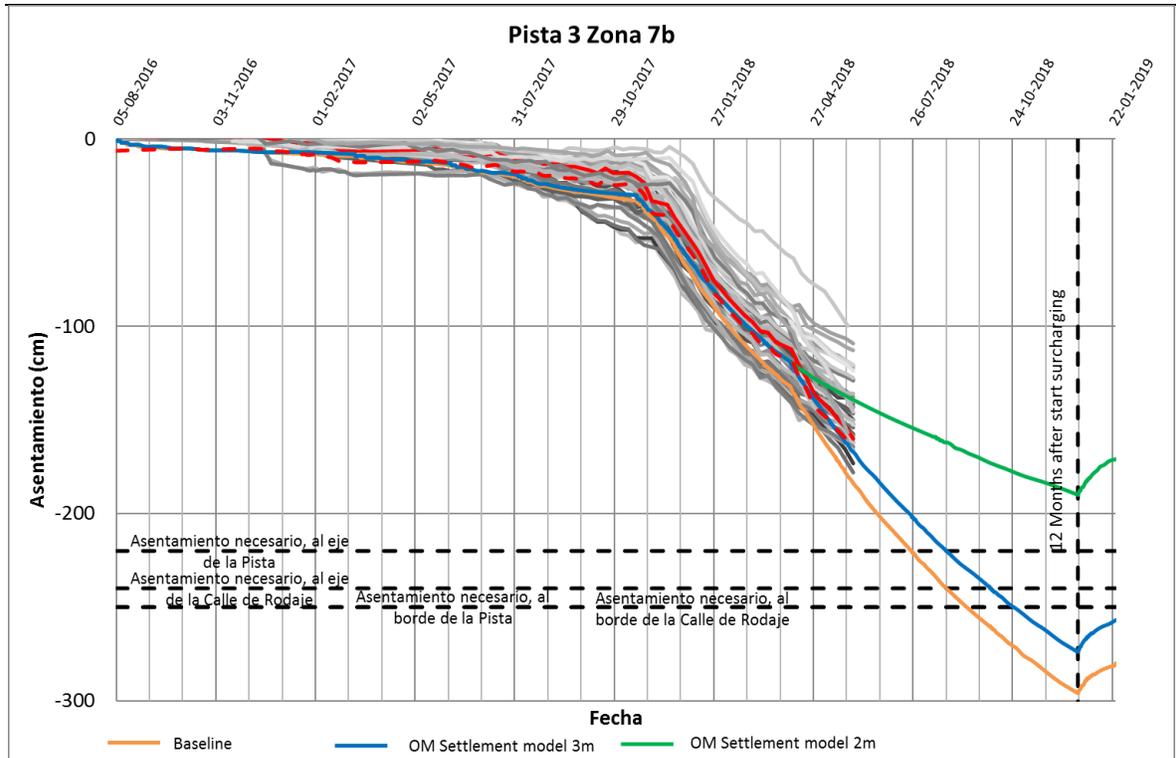


Figura 50: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO, comparación entre 2m y 3m sobrecarga aplicada por 12 meses

No se revisó más instrumentación como parte del retro-análisis de junio, pues se revisará y se proporcionará durante el próximo análisis del MO.

1.7 Zona 9, Pista 3

1.7.1 Definición de Zona

En la zona 9 no se ha aplicado sobrecarga adicional al principio de junio. La sobrecarga adicional será aplicada sobre unas partes de la zona en un futuro cercano. Las observaciones más recientes han sido comparadas en el retro-análisis y se presentan en la figura 51 junto con la media y $\pm 15\%$ de la media. La figura 51 incluye las placas de asentamiento dentro de las bahías de PVD, sin embargo, no se incluye la información de las placas de asentamiento dentro de las bahías de PVD en el análisis estadístico.

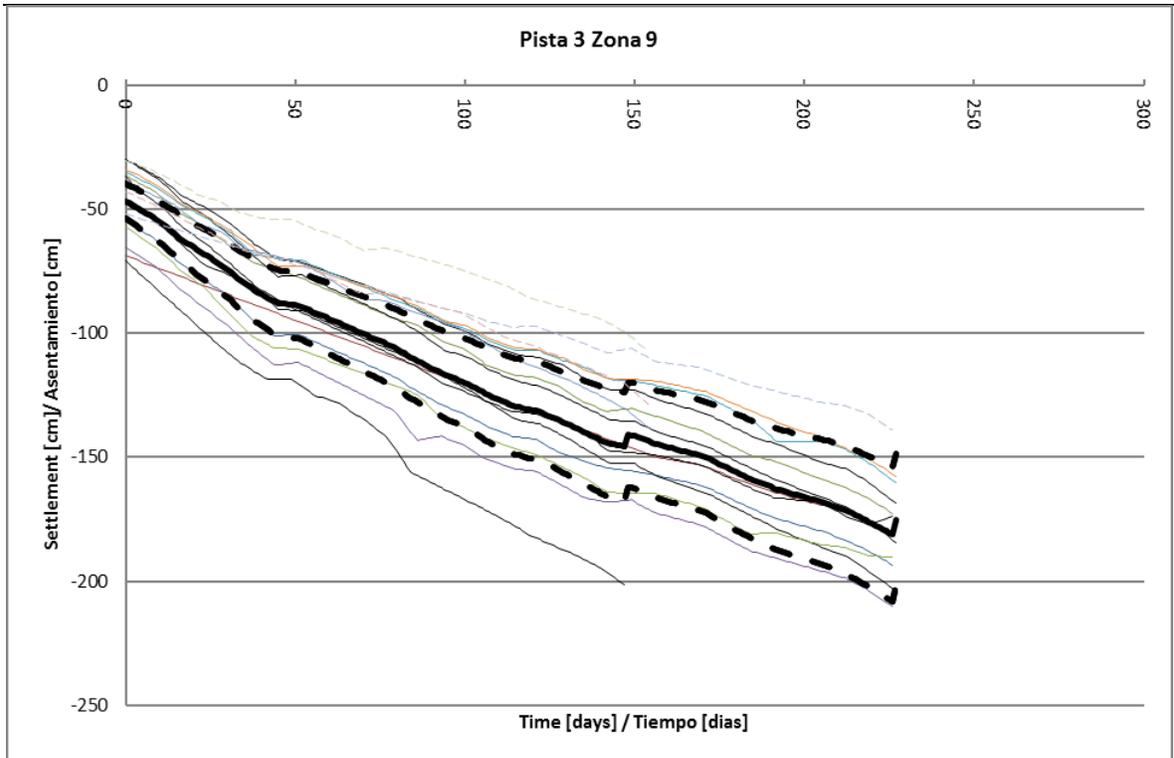


Figura 51: Variabilidad del asentamiento medido después del inicio de la sobrecarga en la Zona 9 on Pista 3

1.7.2 Trabajos de construcción

La placa de asentamiento que muestra el promedio del comportamiento de asentamiento ha sido utilizada para evaluar la zona. Se instaló el 01-12-2016. Se registró el inicio de la sobrecarga en 19-10-2017.

1.7.3 Monitoreo

La zona 9 incluye 20 placas de asentamiento. Ninguna manguera de asentamiento, piezómetro eléctrico, extensómetro o tubo vertical se ubica dentro de la zona.

1.7.4 Retro-análisis

La figura 52 muestra el asentamiento medido de las placas junto con el asentamiento modelado. El modelo de línea base (naranja) está cerca del comportamiento medio de la zona. Ajustándonos a una placa ligeramente conservadora, el modelo de asentamiento del MO para 2m de sobrecarga (verde) tiene los siguientes cambios:

- Disminución muy ligera del OCR en la FAS.
- Disminución del 16% en la permeabilidad inicial en la FAS.
- El CR y RR permanecen de manera similar (dentro del 1%).
- Se asume un metro de estancamiento de agua, reduciendo efectivamente el esfuerzo efectivo y, por lo tanto, el asentamiento durante la sobrecarga.

El modelo indica asentamientos de construcción similares a los del modelo de línea base.

La figura 52 también muestra el modelo MO con un 3er metro de sobrecarga aplicado en 15-07-2018 (azul). Se debe observar que este escenario se proporciona únicamente para propósitos indicativos y la curva actual dependerá del tiempo de aplicación actual del 3er metro de sobrecarga.

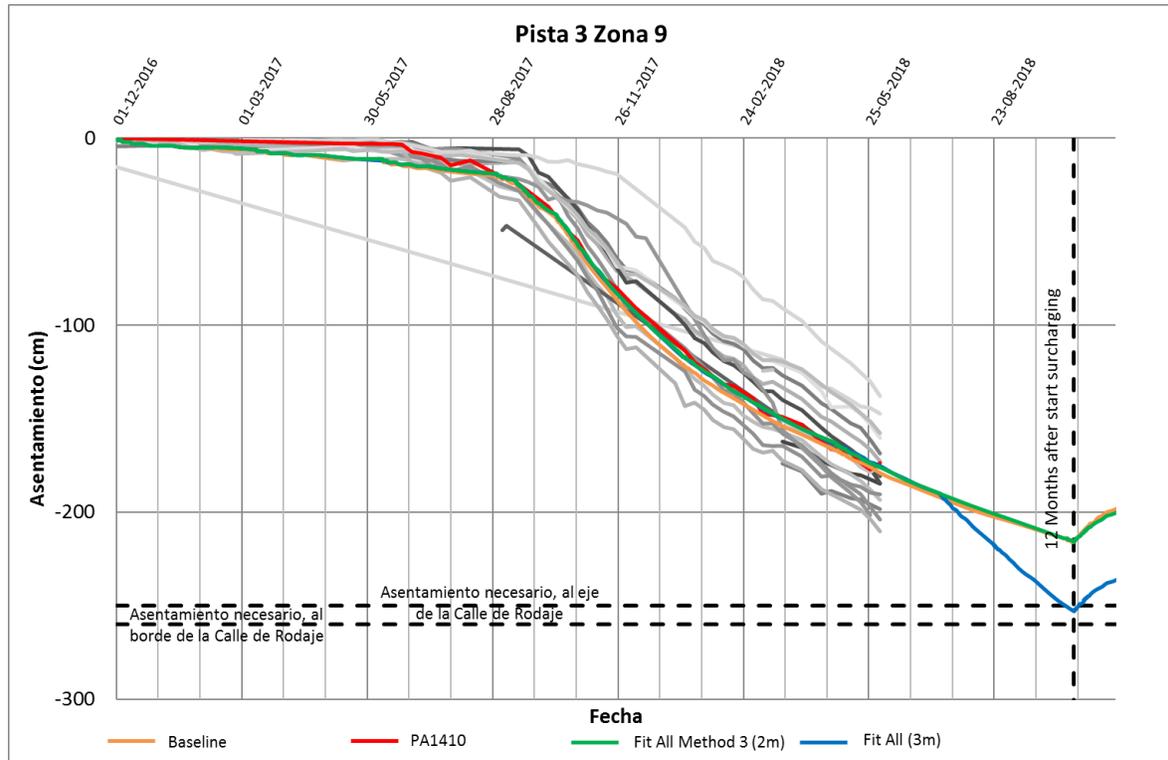


Figura 52: Asentamiento de construcción calculado con el Modelo de Asentamiento MO, comparación entre 2m y 3m sobrecarga aplicada por 12 meses

2 ANEXO II: PARÁMETROS DEL SUELO DEL RETRO-ANÁLISIS

El modelo de Línea Base es la definición inicial de los parámetros del suelo. Durante el retro-análisis estos parámetros se ajustan ligeramente a través de multiplicadores presentados en la Tabla 3 y la Figura 85. El retro-análisis se centra en la modificación de los parámetros del suelo (relación de compresión virgen CR, descarga – recarga, radio de compresión RR, el índice de fluencia $C\alpha$, k_v inicial permeabilidad, y relación de sobre consolidación OCR) en un intento de proporcionar un cronograma de asentamiento que coincida adecuadamente con el asentamiento representativo seleccionado. Los parámetros de suelo resultantes se presentan en la Tabla A2-1 y A2-2.

El retro-análisis se aplica principalmente a los parámetros de la FAS, que es la capa con mayor impacto en la generación de asentamiento y cuyos parámetros se especula que tienen la mayor variabilidad espacial, debido a las condiciones locales.

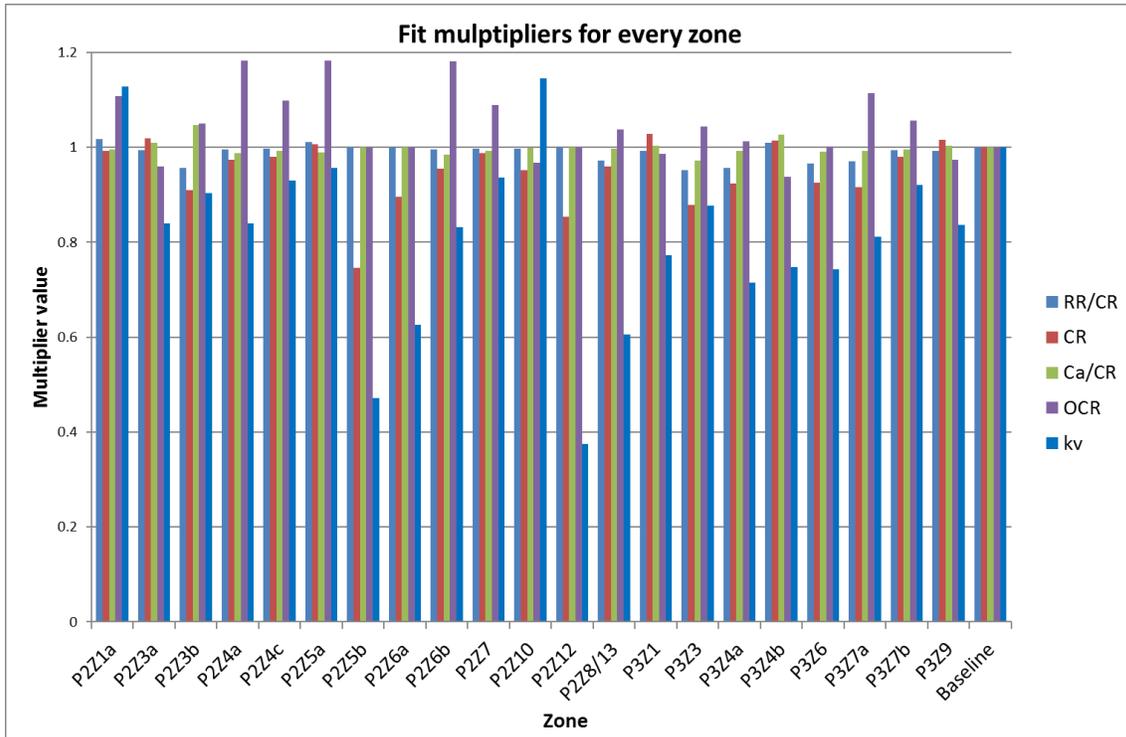


Figura 53: Multiplicadores del parámetro del Retro-análisis para cada Zona

Tabla A2-1: Parámetros del modelo de asentamiento del MO

Layer	Parameter	Zone							
		P2Z1a	P2Z3a	P2Z3b	P2Z4a	P2Z4c	P2Z5a	P2Z5b	
DC	Cc (-)	2.27	2.33	2.08	2.23	2.24	2.30	1.71	
	Cr (-)	0.20	0.20	0.17	0.19	0.19	0.20	0.15	
	Ca (-)	9.9E-07	1.0E-06	9.5E-07	9.6E-07	9.7E-07	9.9E-07	7.5E-07	
	OCR (-)	3.32	2.88	3.15	3.55	3.29	3.55	3.00	
	kv (m/d)	2.97E-09	2.21E-09	2.37E-09	2.21E-09	2.45E-09	2.51E-09	1.24E-09	
FASA	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	
	CR (-)	0.72	0.74	0.66	0.70	0.71	0.73	0.54	
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	
	OCR (-)	1.96	1.70	1.86	2.09	1.94	2.09	1.77	
	kv (m/d)	2.97E-09	2.21E-09	2.37E-09	2.21E-09	2.45E-09	2.51E-09	1.24E-09	
FASB	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	
	CR (-)	0.78	0.80	0.71	0.76	0.77	0.79	0.58	
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	
	OCR (-)	1.96	1.70	1.86	2.09	1.94	2.09	1.77	
	kv (m/d)	2.97E-09	2.21E-09	2.37E-09	2.21E-09	2.45E-09	2.51E-09	1.24E-09	
FASC	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	
	CR (-)	0.88	0.91	0.81	0.87	0.87	0.90	0.66	
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
	OCR (-)	1.76	1.53	1.67	1.88	1.75	1.88	1.59	
	kv (m/d)	2.97E-09	2.21E-09	2.37E-09	2.21E-09	2.45E-09	2.51E-09	1.24E-09	
FAI	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
	CR (-)	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
	OCR (-)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	
	kv (m/d)	2.60E-09							

Tabla A2-2: Parámetros del modelo de asentamiento del MO

Layer	Parameter	Zone						
		P2Z6a	P2Z6b	P2Z7	P2Z10	P2Z12	P2Z8/13	P3Z1
DC	Cc (-)	2.05	2.19	2.26	2.18	1.96	2.20	2.35
	Cr (-)	0.17	0.19	0.19	0.19	0.17	0.18	0.20
	Ca (-)	9.0E-07	9.4E-07	9.8E-07	9.5E-07	8.5E-07	9.6E-07	1.0E-06
	OCR (-)	3.00	3.54	3.27	2.90	3.00	3.11	2.96
	kv (m/d)	1.65E-09	2.19E-09	2.46E-09	3.01E-09	9.86E-10	1.59E-09	2.03E-09
FASA	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
	CR (-)	0.65	0.69	0.72	0.69	0.62	0.70	0.74
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	OCR (-)	1.77	2.09	1.93	1.71	1.77	1.84	1.75
	kv (m/d)	1.65E-09	2.19E-09	2.46E-09	3.01E-09	9.86E-10	1.59E-09	2.03E-09
FASB	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	CR (-)	0.70	0.75	0.77	0.74	0.67	0.75	0.80
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	OCR (-)	1.77	2.09	1.93	1.71	1.77	1.84	1.75
	kv (m/d)	1.65E-09	2.19E-09	2.46E-09	3.01E-09	9.86E-10	1.59E-09	2.03E-09
FASC	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	CR (-)	0.80	0.85	0.88	0.85	0.76	0.85	0.92
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	OCR (-)	1.59	1.88	1.73	1.54	1.59	1.65	1.57
	kv (m/d)	1.65E-09	2.19E-09	2.46E-09	3.01E-09	9.86E-10	1.59E-09	2.03E-09
FAI	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	CR (-)	0.74	0.74	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	OCR (-)	1.40	1.40	1.45	1.40	1.40	1.40	1.40
	kv (m/d)	2.60E-09	2.60E-09	2.94E-09	2.60E-09	2.60E-09	2.60E-09	2.60E-09

Tabla A2-3: Parámetros del modelo de asentamiento del MO

Layer	Parameter	Zone						
		P3Z3	P3Z4a	P3Z4b	P3Z6	P3Z7a	P3Z7b	P3Z9
DC	Cc (-)	2.01	2.12	2.32	2.12	2.10	2.24	2.32
	Cr (-)	0.16	0.17	0.20	0.17	0.17	0.19	0.20
	Ca (-)	8.5E-07	9.2E-07	1.0E-06	9.2E-07	9.1E-07	9.8E-07	1.0E-06
	OCR (-)	3.13	3.04	2.81	3.00	3.34	3.17	2.92
	kv (m/d)	2.31E-09	1.88E-09	1.97E-09	1.95E-09	2.13E-09	2.42E-09	2.20E-09
FASA	RR (-)	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	CR (-)	0.64	0.67	0.73	0.67	0.66	0.71	0.74
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	OCR (-)	1.85	1.79	1.66	1.77	1.97	1.87	1.72
	kv (m/d)	2.31E-09	1.88E-09	1.97E-09	1.95E-09	2.13E-09	2.42E-09	2.20E-09
FASB	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	CR (-)	0.69	0.72	0.79	0.72	0.72	0.77	0.79
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	OCR (-)	1.85	1.79	1.66	1.77	1.97	1.87	1.72
	kv (m/d)	2.31E-09	1.88E-09	1.97E-09	1.95E-09	2.13E-09	2.42E-09	2.20E-09
FASC	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	CR (-)	0.78	0.82	0.90	0.82	0.82	0.87	0.90
	Ca (-)	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
	OCR (-)	1.66	1.61	1.49	1.59	1.77	1.68	1.55
	kv (m/d)	2.31E-09	1.88E-09	1.97E-09	1.95E-09	2.13E-09	2.42E-09	2.20E-09
FAI	RR (-)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	CR (-)	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
	Ca (-)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	OCR (-)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
	kv (m/d)	2.60E-09						

Como se presenta en la Figura 53, el OCR y la permeabilidad son los parámetros que exhiben la mayor variabilidad entre las zonas. Los cambios del OCR varían entre -6% y +18%, lo que significa que el efecto localizado del historial de esfuerzo en la rigidez del suelo ha sido subestimado generalmente en el modelo de línea base. Los valores mayores del OCR se atestiguan en las zonas donde existió un dique o un cuerpo grande de agua (ver el mapa de anomalías mostrado en la figura 45).

Los valores respectivos de permeabilidad varían entre -63% a +13%, lo que indica que el modelo de Línea Base ha sobreestimado la velocidad de consolidación en muchos casos. Los otros 3 parámetros están generalmente cerca de los valores de Línea base, con la única excepción del CR, el cual ha cambiado en algunos casos por cerca de -25%, lo que lleva a que el modelo tenga un suelo más rígido que el modelo de línea base.

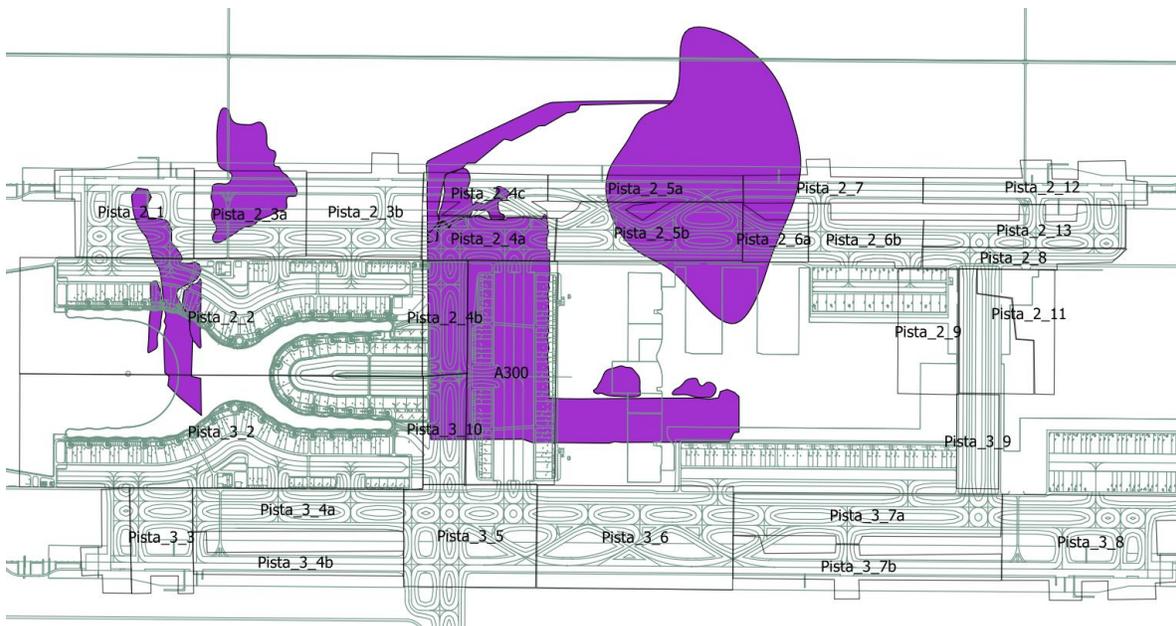


Figura 54: Mapa de anomalías del sitio

CR y RR son otra aproximación a las compresibilidades virgen y de descarga-recarga, respectivamente. En lugar de relacionar el logaritmo de la relación esfuerzo a vacío, estos parámetros lo conectan con la tensión. Su formulación es la siguiente:

$$\frac{\Delta h_{prim}}{h_0} = RR \log \left(\frac{\sigma_p}{\sigma_0} \right) + CR \log \left(\frac{\sigma'}{\sigma_p} \right)$$

$$CR = \frac{C_c}{1 + e_0}$$

$$RR = \frac{C_r}{1 + e_0}$$

3 ANEXO III: GRADO DE CONSOLIDACIÓN DEL EDÓMETRO, DISIPACIÓN DIRECTA DEL PIEZÓMETRO PUSH-IN Y PRUEBAS CPTU

1 INTRODUCCIÓN

El diseño del NAICM implica la instalación de PVDs para agilizar la consolidación del terreno inferior. Esto es acompañado de la elevación de los niveles de terreno existente con el uso de 2m de tezontle y la colocación de un relleno de sobrecarga de 2m por encima del tezontle. Como parte de la verificación de diseño, se llevaron a cabo pruebas in situ, tales como pruebas de penetración de piezocono (CPTus), piezómetros tipo push-in con disipación en profundidades objetivo y pruebas de laboratorio incluyendo pruebas de edómetro y pruebas triaxiales, entre otras.

Esta nota técnica resume la evaluación de la información de las pruebas de edómetro, DPPi y CPTu llevadas a cabo para estimar el grado de consolidación del terreno inferior.

2 CONDICIONES DEL TERRENO

Las condiciones del terreno del sitio comprenden las siguientes unidades de suelo;

- Unidad de suelo 1: Formación Arcillosa Superior (FAS, 16.5 – 32.4 m de espesor) – Cohesiva.
- Unidad de suelo 2: Capa Dura (CD, 0.5 – 5.5 m de espesor) – No cohesiva.
- Unidad de suelo 3: Formación Arcillosa Inferior (FAI, 5.8 – 15.6 m de espesor) – Cohesiva.
- Unidad de suelo 4: Depósitos Profundos (DP); divididas más adelante en 3 sub-unidades:
 - Unidad de suelo 4A: Serie Estratificada Superior (SES, 8.0 – 12.5m de espesor) – No cohesiva
 - Unidad de suelo 4B: Formación Arcillosa Profunda (FAP, 9.0m a 12.0m de espesor) – Cohesiva.
 - Unidad de suelo 4C: Serie Estratificada Inferior (SEI, espesor no comprobado) – No cohesiva.

Los detalles completos de las condiciones del terreno se describen en el reporte de investigación de terreno (GIR), referencia TSN_GACM_REP_0072, con fecha del 07 de agosto del 2015.

Las evaluaciones en este reporte se enfocan en muestras recuperadas de la capa FAS (Unidad de suelo 1) solamente.

3 PRUEBAS DE EDÓMETRO

22 resultados de las pruebas de edómetro a lo largo del sitio estuvieron disponibles para evaluación. Muestras de profundidades en un rango de 1m a 54.8m debajo del nivel de terreno existente previo, con la mayoría de las muestras tomadas entre 1m y 15m de profundidad. Esto significa que la mayoría de las muestras fueron tomadas de la capa FAS. Las hojas de trabajo de laboratorio fueron proporcionadas por el límite elástico determinado por CFE. Se utilizaron dos métodos analíticos de Becker et al. (1987) y de Boone (2010) junto con una construcción gráfica Casagrande para revisar el valor de límite elástico proporcionado para cada prueba de edómetro. La tabla 1 muestra un resumen de los valores de límite elástico para cada prueba de edómetro.

Tabla 1 – Resumen de límite elástico de las pruebas de edómetro

Muestra I.D	Profundidad (m)	Esfuerzo estimado original in situ, σ'_{vo} (kPa)	Radio de vacío In situ, e_o (-)	Límite elástico Boone, σ'_p (kPa)	Límite elástico - Construcción Casagrande (kPa)	Límite elástico - Becker et al., σ'_p (kPa)	Límite elástico - reportado, σ'_p (kPa)	Promedio de límite elástico - σ'_p (All) (kPa)
SS-01 M-2-1	6.4	20.43	8.82	40	40	42	38	40
SS-01 M-3-2	8.3	24.78	10.95	38	41	53	40	43
SS-01 M-6-2	13.1	36.19	5.68	44	42	48	42	44
SS-01 M-7-2	16.5	44.66	8.86	95	99	99	99	98
SSP-01 M-7-2	58.8	234.23	1.68	581	550	685	620	609
SS-02 M-4-2	9.6	28.08	6.83	39	40	46	39	41
SS-03 M-2-1-2	5	18.30	7.63	49	50	53	52	51
SS-03 M-3-1	8.4	26.08	8.81	54	56	54	58	55
SS-03 M-5-3	16.2	44.78	6.39	72	80	76	72	75
SS-04 M-1-2	5.3	18.12	9.41	31	28	36	35	33
SS-04 M-2-2	7.5	23.16	10.57	38	37	48	38	40
SS-04 M-3-3	9.3	27.28	7.38	38	43	44	40	41
SS-04 M-4-2	10.9	30.95	13.02	39	39	42	39	40
SS-04 M-5-2	15.35	41.81	8.16	58	60	70	58	62
SS-04 M-6-2	18.9	50.65	9	97	98	113	101	102
SS-08 M-1-2	7.8	24.71	6.5	36	37	39	38	38
SS-08 M-2-2	8.4	26.08	3.9	36	37	39	38	38

SS-19 M-2-2	8.3	25.85	11.3	33	36	35	35	35
SS-21 M-1-2	5.7	18.82	7.66	51	59	61	58	57
SS-21 M-3-2	9.7	27.98	11.1	40	40	46	40	41
SS-21 M-4-2	11.7	32.56	5.07	58	60	61	61	60
SS-21 M-5-2	14.2	38.29	7.24	65	65	72	66	67

La tabla 1 muestra que generalmente existe un buen acuerdo entre los diferentes métodos de evaluación del límite elástico. Debido a este hecho, se ofrece un promedio de todos los valores en la última columna de la tabla.

El límite elástico estimado fue comparado con el límite elástico previo anticipado antes del incremento de terreno asumiendo un rango de radio de sobre consolidación (OCR) de entre 1.50 y 2.00 para la capa FAS. Se entiende que el incremento de terreno de 2m de tezontle y del relleno de sobrecarga de 2m causó un incremento en el esfuerzo igual a 53.2 kPa, asumiendo 1m de sumersión del tezontle. El grado de consolidación (DOC) en esa profundidad particular para los resultados de edómetro respectivos se calculó utilizando la siguiente expresión;

$$\text{DOC (\%)} = \{[\text{Límite elástico actual} - \text{esfuerzo original in situ}] / 53.2\} \times 100\%$$

Donde el límite elástico actual es el valor promedio en la última columna de la tabla 1.

La tabla 3 de Lunne et al. (2008) y la Tabla 11.2 de Terzaghi et al. (1996) fueron utilizadas como las bases para la estimación del nivel de muestra de disipación como resultado del muestreo y manejo. El criterio respectivo para evaluar la calidad de la muestra se presenta en la Figura 1 a) y b). Esos métodos fueron utilizados solo como guía (en la ausencia de una literatura específica que diera una evaluación de calidad de muestra similar para la arcilla de la Ciudad de México). La evaluación para perturbación de muestra fue llevada a cabo en el límite elástico actual estimado.

Table 3. Proposed criteria for evaluation of sample disturbance.

Overconsolidation ratio	$\Delta e/e_o$			
	Very good to excellent* (1)	Good to fair* (2)	Poor* (3)	Very poor* (4)
1-2	<0.04	0.04-0.07	0.07-0.14	>0.14
2-4	<0.03	0.03-0.05	0.05-0.10	>0.10

* The description refers to use of the samples for measurement of mechanical properties.

(a) - Lunne et al. (2008) criteria

Table 11.2 Specimen Quality in Terms of Volumetric Strain

Volumetric Strain (%)	Specimen Quality Designation
< 1	A
1-2	B
2-4	C
4-8	D
> 8	E

(b) - Terzaghi et al. (1996) criteria

Figura 1 Designación de calidad de muestra de acuerdo a Lunne et al. (2008) y Terzaghi et al. (1996)

El límite elástico previo basado en OCR = 1.50 – 2.00, las designaciones de calidad de muestra y el grado de consolidación estimado se presenta en la Tabla 2. Usando la designación de calidad de muestra Lunne et al. (2008), 50% de las muestras fueron designadas como “Buena a Aceptable” y 50% fueron designados como calidad “Pobre”. Adoptando la designación de calidad de muestra Terzaghi et al. (1996), de las 22 muestras, todas fueron designadas como calidad D, excepto la muestra SS-01 M-2-1 en 6.4m, la cual se estimó como calidad E.

Con respecto a la estimación del DOC, se encontró que, para la mayoría de las muestras, el límite elástico actual fue menor que o cercano al límite elástico previo, con relación al nivel de terreno existente original. La estimación del límite elástico

actual, el cual está por debajo del anterior, no es aceptable o no tiene sentido. Esto se debe a que teóricamente la muestra debe retener su límite elástico previo si el actual está por debajo del previo. Un valor menor que el previo sólo sería posible si el suelo ha sido remodelado por completo, resultando en la eliminación o destrucción de la estructura del historial de límite elástico previo.

Tabla 2 – Límite elástico previo, designación de calidad de muestra y grado de consolidación

Muestra I.D	Profundidad (m)	Esfuerzo estimado original situ, σ'_{vo} (kPa)	Original inestimado OCR (-)	Límite elástico previo σ'_{po} (kPa)	Límite elástico actual, σ'_p (kPa)	Terzaghi et al. (1996) Calidad de muestra	Lunne et al. (2008) Calidad de muestra	Grado de Consolidación estimado (%)
SS-01 M-2-1	6.4	20.43	1.5 - 2.0	31 - 41	40	E	Pobre	37% - N/A
SS-01 M-3-2	8.3	24.78	1.5 - 2.0	37 - 50	43	D	Bueno aceptable	34% - N/A
SS-01 M-6-2	13.1	36.19	1.5 - 2.0	54 - 72	44	D	Bueno aceptable	N/A
SS-01 M-7-2	16.5	44.66	1.5 - 2.0	67 - 89	98	D	Bueno aceptable	100%
SSP-01 M-7-2	58.8	234.23	1.50	351	609	D	Pobre	100%
SS-02 M-4-2	9.6	28.08	1.5 - 2.0	42 - 56	41	D	Bueno aceptable	N/A
SS-03 M-2-1-2	5	18.30	1.5 - 2.0	27 - 37	51	D	Pobre	61%
SS-03 M-3-1	8.4	26.08	1.5 - 2.0	39 - 52	55	D	Pobre	55%
SS-03 M-5-3	16.2	44.78	1.5 - 2.0	67 - 90	75	D	Bueno aceptable	57% - N/A
SS-04 M-1-2	5.3	18.12	1.5 - 2.0	27 - 36	33	D	Pobre	27% - N/A
SS-04 M-2-2	7.5	23.16	1.5 - 2.0	35 - 46	40	D	Bueno aceptable	32% - N/A
SS-04 M-3-3	9.3	27.28	1.5 - 2.0	41 - 55	41	D	Pobre	27% - N/A
SS-04 M-4-2	10.9	30.95	1.5 - 2.0	46 - 62	40	D	Pobre	N/A
SS-04 M-5-2	15.35	41.81	1.5 - 2.0	63 - 84	62	D	Pobre	N/A
SS-04 M-6-2	18.9	50.65	1.5 - 2.0	76 - 101	102	D	Bueno aceptable	97%
SS-08 M-1-2	7.8	24.71	1.5 - 2.0	37 - 49	38	D	Bueno aceptable	24% - N/A

SS-08 M-2-2	8.4	26.08	1.5 - 2.0	39 - 52	38	D	Bueno aceptable	^a N/A
SS-19 M-2-2	8.3	25.85	1.5 - 2.0	39 - 52	35	D	Pobre	N/A
SS-21 M-1-2	5.7	18.82	1.5 - 2.0	28 - 38	57	D	Pobre	72%
SS-21 M-3-2	9.7	27.98	1.5 - 2.0	42 - 56	41	D	Bueno aceptable	^a N/A
SS-21 M-4-2	11.7	32.56	1.5 - 2.0	49 - 65	60	D	Pobre	52% - N/A
SS-21 M-5-2	14.2	38.29	1.5 - 2.0	57 - 77	67	D	Bueno aceptable	^a 54% - N/A

Si se supera el límite elástico previo, se establecerá el nuevo límite elástico. Así que, para esta evaluación solo se aceptan dos valores de límite elástico; el límite elástico previo o el actual que está por encima del previo. Por dicha razón, el DOC no se evaluó cuando se encontró que el límite elástico actual estimado era menor que el previo anticipado. Esto se indica por N/A en la Tabla 2.

El DOC estimado es muy sensible para la perturbación de muestra y para qué tan lejos está el límite elástico actual estimado del previo, como se muestra en la tabla 2. Cuando el límite elástico actual está dentro de unos cuantos kilo pascales (kPa) del límite elástico previo, el DOC es generalmente bajo.

4 PRUEBAS DE DISIPACIÓN DPPI

En un sitio donde aún se está procesando la consolidación, existe exceso de presión de agua de poro en el terreno antes de que el cono lo penetre. Por lo tanto, en este caso la presión de poro medida durante la penetración del cono, se crea el u_2 de los siguientes 3 componentes:

- Presión hidrostática de poro, u_o
- Exceso de presión de poro debido al peso del relleno colocado, Δu
- Exceso de presión de poro debido a la penetración de cono, Δu_p

En un suelo normalmente consolidado, cuando se pausa la prueba de penetración de cono y se lleva a cabo la prueba de disipación, la presión de poro disipa a la presión hidrostática u_o , esto se relaciona a las condiciones del agua subterránea. Este no es el caso de un suelo cuya consolidación sigue en proceso, donde la disipación ocurre hacia la presión de agua de poro final u_f , la cual es mayor a u_o . La diferencia entre u_f y u_o da el exceso de la presión de poro debido al peso del relleno, Δu (Lim et al. 2014). Esto se ilustra en la Figura 2. El DOC en la profundidad puede ser calculado de la siguiente manera;

$DOC = 1 - \Delta u / \Delta \sigma'_v$, donde $\Delta \sigma'_v = 53.2 \text{ kPa}$ en este caso

Nuevas pruebas de disipación de piezómetro push-in, 3 para posición PPI-01, 3 para posición DPPi-02 y 3 para posición DPPi-05 estuvieron disponibles para la evaluación.

Para determinar el equilibrio o presión de poro de agua inicial en el terreno, u_r , las mediciones de presión de poro CPTu fueron contrastadas con la raíz cuadrada del tiempo ($1/\sqrt{t}$), y el resultado fue extrapolado como se muestra en la Figura 3 (Liu et al., 2014).

Un DOC* aparente puede ser evaluado para la presión de agua de poro inicial u_i , y el equilibrio de la presión de poro, u_r y la presión hidrostática de agua de poro estimada, u_o , de la siguiente manera (Lim et al., 2014);

$$\text{DOC}^* = U^* (\%) = \{(u_i - u_r) / (u_i - u_o)\} \times 100\%$$

La presión inicial de poro u_i iguala la presión de agua de poro máxima medida u_{\max} para las curvas de disipación del Tipo 1, mientras que para las curvas de disipación del Tipo II y III, u_i puede ser extrapolado al trazar las lecturas iniciales pasadas u_{\max} contra la raíz cuadrada del tiempo (\sqrt{t}) como se muestra en la figura 4 (Sully y Campanella, 1994).

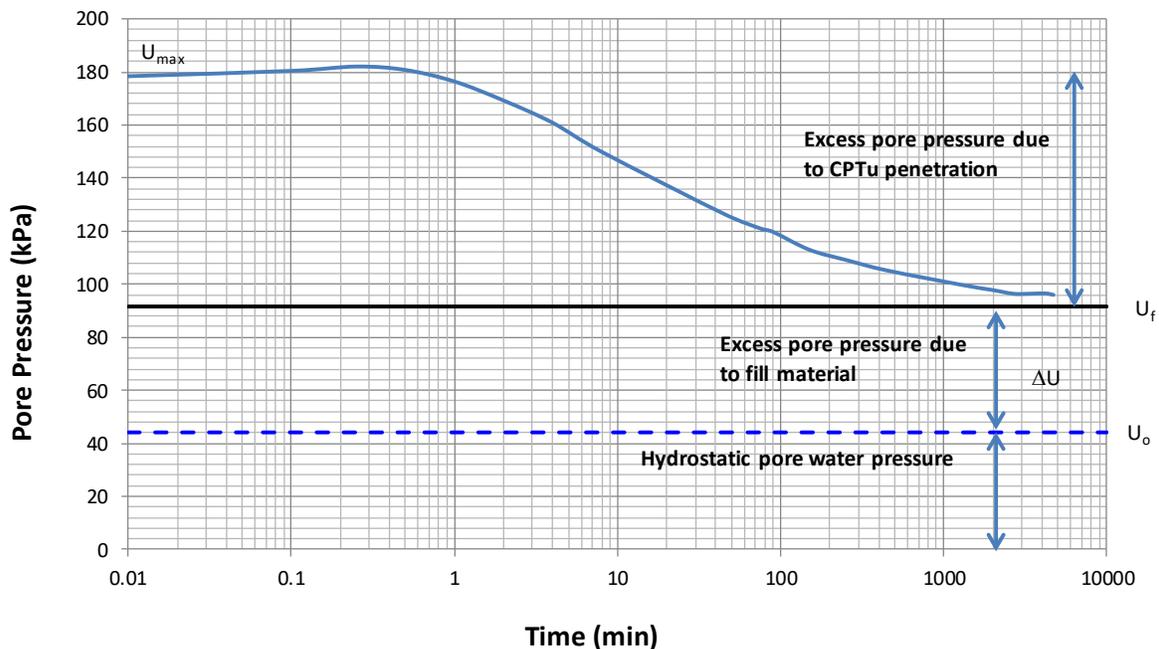


Figura 2 Prueba de disipación CPTu típica

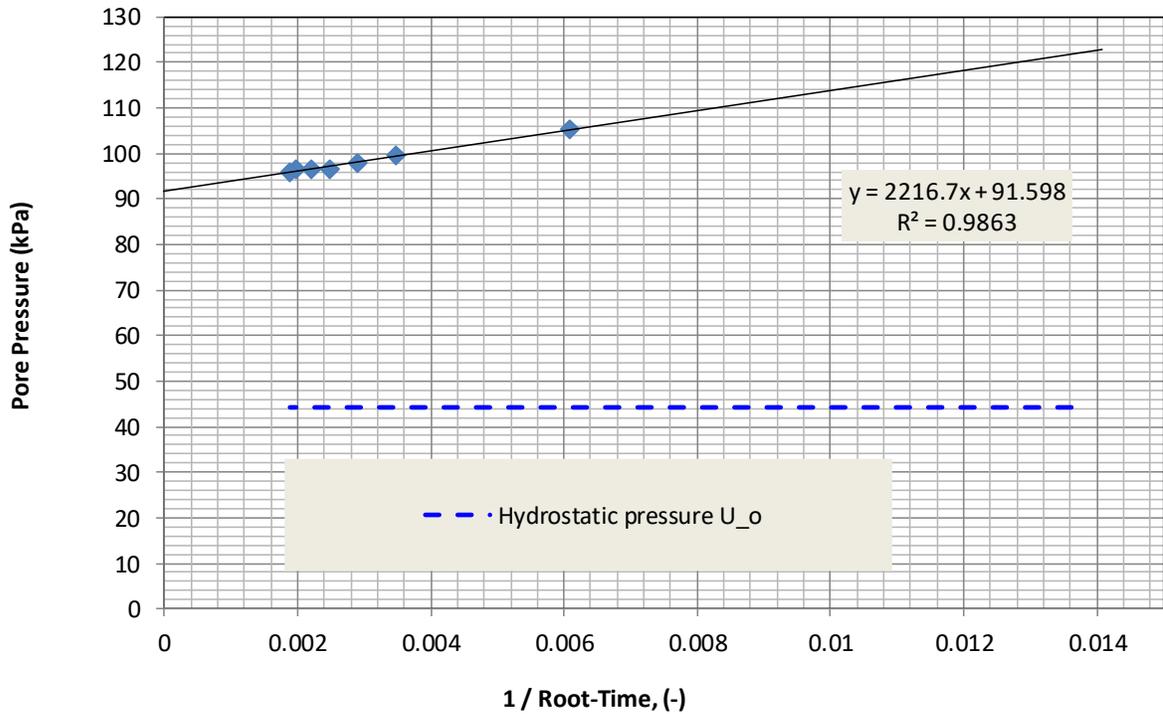


Figura 3 Extrapolación utilizando el método $1/\sqrt{t}$ para determinar el equilibrio de la presión de agua de poro

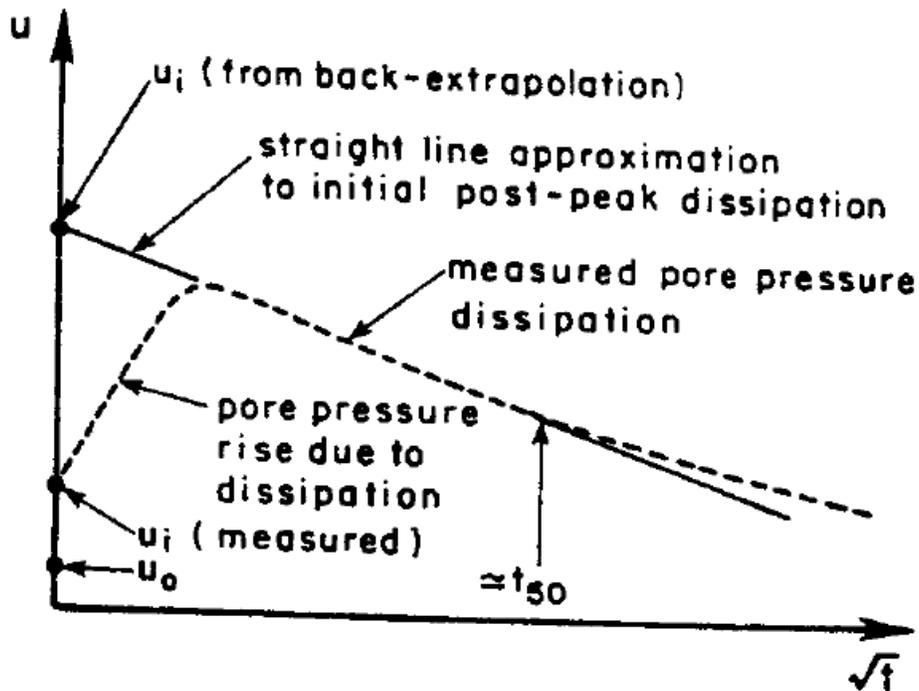


Figura 4 Extrapolación para la información de disipación del Tipo II y III

De la expresión anterior es claro que U^* será igual a 100% cuando $u_f = u_o$ o cuando Δu sea igual a cero. Mientras que el U^* no es el grado de consolidación convencional, puede ser utilizado para seguir el estatus de consolidación del suelo. El enfoque aún no ha sido discutido a fondo.

La tabla 3 presenta los resultados de las pruebas de disipación de los piezómetros push-in llevados a cabo en DPPi-01, DPPi-02 y DPPi-05.

Tabla 3 – Resumen del grado de consolidación determinado de las pruebas de disipación de los piezómetros push-in

Posición de la prueba	Profundidad (m)	Presión máxima de poro in situ, u_{max} (kPa)	Equilibrio de depresión de agua de poro, u_f (kPa)	Presión hidrostática de poro estimada, u_o (kPa)	Grado de consolidación, U (%)
DPPi-01	6.5	109.5	42.7	19.6	57
DPPi-01	14	169.5	108.9	93.2	70
DPPi-01	21	259.5	130.4	152.1	100.0
DPPi-02	10	190.4	91.6	44.2	11
DPPi-02	18.5	391.5	134.2	127.5	87
DPPi-02	21	472.7	117.0	152.1	100.0
DPPi-05	12.85	196.6	143.8	101.3	20
DPPi-05	17.85	314.5	122.7	121.2	97
DPPi-05	24.85	419.9	247.3	219.1	47

Los resultados de la prueba de disipación push-in presentados en la tabla 3 muestran los valores DOC entre 11% y 100%, con la mayoría de los resultados por encima del 50%. Excepto para DPPi-05 en la profundidad 24.85m, donde existe un incremento general en el DOC estimado con profundidad.

5 DISCUSIÓN

Se resaltan los siguientes puntos de las pruebas descritas arriba;

- Solo unos cuantos resultados de la prueba de edómetro proporcionaron estimaciones razonables de límite elástico, los cuales estuvieron o cerca o fueron mayores que el límite elástico existente original antes del levantamiento de terreno.

- Una evaluación de calidad de muestra utilizando métodos adoptados a nivel mundial en otras arcillas indica que la designación es Pobre o Buena a Aceptable con una distribución de 50% entre las muestras probadas.
- Los estimados del DOC de las pruebas de disipación de piezómetro push-in estuvieron en el rango de 11% a 100%, con la mayoría de valores por encima del 50%.
- Los DPPis muestran un incremento general en el DOC estimado con profundidad.

6 INCONSISTENCIAS EN LA INFORMACIÓN

Existen algunas inconsistencias de información observadas de la información de los registros de barreno reportada y de las hojas de los resultados de las pruebas, así como de los datos DPPi y CPTU. Algunas de las discrepancias son presentadas a continuación:

- La muestra SS-01 a 6.4 m de profundidad se reporta en el registro del barreno que posee un radio de vacío (e_o) (Relación de vacíos) = 6.48, pero el resumen del edómetro muestra $e_o = 8.82$.
- El valor de la densidad de particular o densidad específica (G_s) para SS-02 a 9.6m se muestra en el registro del barreno como 2.60 y en el resumen el edómetro se reporta 2.70
- La muestra SS-03 a 5.0m se reporta en el registro del barreno que posee $e_o = 6.78$, pero el resumen del edómetro muestra $e_o = 7.63$.
- La muestra SS-03 a 8.4m se reporta en el registro del barreno que posee $e_o = 6.85$, pero el resumen del edómetro muestra $e_o = 8.81$.
- La muestra SS-03 - 16.2m se reporta en el registro del barreno que posee $e_o = 5.10$, pero el resumen del edómetro muestra $e_o = 6.39$.
- La muestra SS-04 - 7.5m se reporta en el registro del barreno que posee $e_o = 11.23$, pero el resumen del edómetro muestra $e_o = 10.57$.
- La muestra SS-04 - 9.3m se reporta en el registro del barreno que posee un contenido de finos = 100%, pero el resumen del edómetro muestra Arena = 8.5%, Finos = 91.5%.
- El valor e_o para SS-04 – 10.9m se muestra en el registro del barreno como 8.68 y en el resumen del edómetro se reporta 13.02
- El valor e_o para SS-04 – 15.35m se muestra en el registro del barreno como 6.70 y en el resumen del edómetro se reporta 8.16
- El valor e_o para SS-04 – 18.9m se muestra en el registro del barreno como 6.17 y en el resumen del edómetro se reporta 9.00
- La muestra SS-08 - 7.8 se reporta en el registro del barreno que posee $e_o = 5.41$, pero el resumen del edómetro muestra $e_o = 6.50$.
- La muestra SS-19 - 8.3m se reporta en el registro del barreno que posee $e_o = 7.40$, pero el resumen del edómetro muestra $e_o = 11.30$.

- La muestra SS-21 - 14.2m se reporta en el registro del barreno que posee $e_o = 4.71$, pero el resumen del edómetro muestra $e_o = 7.24$.
- Un UU triaxial - La muestra se reporta en SS-01 a una profundidad de 11.90m pero parece que no hay tubo Shelby. Las muestras tomadas entre las profundidades 10.40m y 12.8m en los registros del barreno.
- Algunas presiones de disipación para el DPPi son diferentes de las de CPTu en una posición y profundidad cercana, por ejemplo DPPi-01 a 6.5 m de profundidad y CPTu-01 a 6.76 M de profundidad. Mientras que el DPPi se disipa a la presión de agua de poro de alrededor de 40kPa, el CPTu se disipa a la presión de agua de poro de alrededor de 90kPa, con una diferencia de 50kPa. Además, la prueba de disipación CPTu-01 a una profundidad de 6.76m está completa en 15 minutos, mientras que toma más de 15 horas para que se complete la prueba de disipación en DPPi-01 a 6.50m. Otro ejemplo es CPTu-01 a una profundidad de 21.8m y DPPi-01 a una profundidad de 21.0m donde la disipación CPTu se completa en menos de 25 minutos, pero la disipación DPPi toma más de 25 horas para completarse.
- Algunos de los DPPis indican una respuesta de exceso dilatorio de la presión de agua de poro comparada a la respuesta monotónica observada en los CPTus en una ubicación cercana. Por ejemplo DPPi-01 a profundidades de 6.5m y 21m comparados con CPTu-01 a profundidades 6.76m y 21.8m.

7 CONCLUSIONES

Se han llevado a cabo las siguientes evaluaciones para el proyecto del NAICM:

- El límite elástico actual en la capa de arcilla FAS ha sido hecho con la prueba de edómetro
- El exceso de presión de agua de poro en la arcilla de la información de disipación DPPi
- Evaluación del DOC basada en pruebas de penetración con piezocono

De la evaluación, se pueden sacar las siguientes conclusiones para la evaluación:

1. Los diferentes métodos generalmente aportan valores aceptables de límite elástico, los cuales han sido promediados para dar un valor promedio único.
2. La designación de calidad de muestra del edómetro han sido evaluados como Bueno y Aceptable y Pobre, con una distribución del 50% entre las muestras disponibles.
3. Los cálculos del DOC basados en las evaluaciones de límite elástico de las pruebas de edómetro indican un amplio rango de valores de 24% a 100%
4. La evaluación de información de disipación DPPi indica DOCs entre 11% y 100%
5. La información presentada contiene algunas inconsistencias, las cuales necesitan ser consideradas antes de llegar a conclusiones.

8 REFERENCIAS

1. Becker D.R., Crooks J.H.A, Been K. y Jefferies M.G. (1987). Work as criterion for determining in-situ & yield stresses clays. Canadian Geotechnical Journal Volume 24, p.549-564.
2. Boone S.J. (2010). A critical reappraisal of "preconsolidation pressure" interpretations using the oedometer test. Canadian Geotechnical Journal Volume 47, p.281-296.
3. Lim B.S., Tumay M. T., Lee J. W., Chun B. S. y Jung J. W. (2014). A case study in the evaluating the status of consolidation of a soft soil deposit by incomplete piezocone dissipation tests using laboratory y field data. Soil y Foundations, Volume 54 Issue 4, p.648-656.
4. Liu S., Ju J., Cai G. y Liu Z. (2014). Stress history estimation method of underconsolidated soil by partial piezocone dissipation tests. Marine Georesources & Geotechnology, Volume 32 Issue 4. P.368-378
5. Lunne T., Robertson P. K., y Powel J. J. M. (1997). Cone penetration testing in geotechnical practice, Blackie Academic & Professional.
6. Lunne T., Berre, T., Andersen K.H., Sjursen, M., & Mortensen N. (2008). Effects of La muestra disturbance on consolidation behaviour of soft marine Norwegian clays. Proc. 3rd Int. Conf. on Site Characterisation. ISC'3, Taipei, p.1471-1479.
7. Sully J. P. y Campanella R. G. (1994), Evaluation of field CPTU dissipation data in overconsolidated fine-grained soils. Proceedings XIII ICSMFE Conference, New Dehli, India. p.201–204.
8. Tanaka Y. y Sakagami T. (1989), Piezocone testing in underconsolidated clay, Canadian Geotechnical Journal Volume 26. p.563–567.
9. Terzaghi K., Peck R. B. y Mesri G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd Edition John Wiley & Sons.