

ASUNTO: Resumen de trabajos ejecutados para el diseño geotécnico de la cimentación de las estaciones que forman parte del proyecto de ampliación de la Línea 3 del Metrobús

PARA: Ing. Francisco Javier Salgado Chávez

CEMEX

DE: M. en I. José Ramón Cruz Águila
M. en I. José María Reyes Mariano

DICIMSA
DICIMSA

04 de noviembre de 2019

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

CEMEX México (CEMEX) a través de su departamento de Abasto, solicitó a DICIMSA ejecutar el Estudio de Mecánica de Suelos para el diseño geotécnico de la cimentación de las estaciones del proyecto de ampliación de la Línea 3 del Metrobús (MB). Esta ampliación tendrá una longitud de 4.27 km, correrá a lo largo del Eje 1 Poniente (Av. Cuauhtémoc y Av. México-Coyoacán), desde Av. Xola hasta la calle de Bruno Traven. Asimismo, contará con seis estaciones y una terminal, misma que se ubicará a la altura del Hospital General Xoco. En la Figura 1.1 se muestra el trazo de la ampliación de la Línea 3 del metrobús, resaltándose la ubicación de la estación Luz Saviñón.

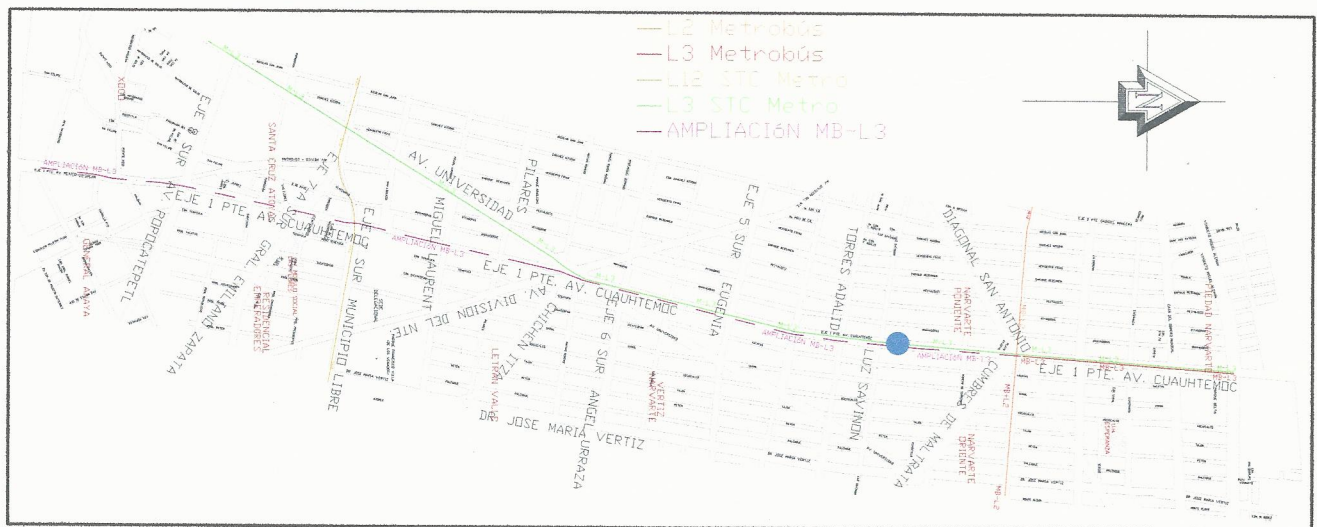


Figura 1. Trazo de la ampliación de la Línea 3 del Metrobús

1.2 Objetivo y alcances

El objetivo de los estudios realizados fue determinar la capacidad de carga del cajón de cimentación que soportará cada una de las estaciones. Asimismo, proporcionar el valor de VRS de las muestras obtenidas *in situ* para ser considerado en el diseño de pavimentos rígidos; y, finalmente, generar recomendaciones para los procesos constructivos del cajón de cimentación. Para cumplir con estos objetivos, se plantearon los alcances siguientes:

- Especialistas en geotecnia realizaron un reconocimiento del sitio en estudio para identificar la presencia de anomalías geotécnicas (en el caso de existir) que debieran ser consideradas en el diseño de las cimentaciones, tales como sistemas de fallas, evidencias de agrietamientos regionales o la presencia de estructuras enterradas.
- Ejecución y muestreo de catorce (14) pozos a cielo abierto (PCA) a una profundidad máxima de exploración de 3.34m; en función de las características particulares de cada sitio explorado.
- Ejecución de pruebas de laboratorio para determinar las propiedades índice y mecánicas del material sobre el cual se desplantará el cajón de cimentación.
- Interpretación estratigráfica de cada sitio en estudio y determinación del modelo geotécnico para la ejecución de los análisis geotécnicos.
- Determinación de la capacidad de carga, asentamientos y módulos de reacción del cajón de cimentación de las estaciones para su posterior diseño estructural.
- Determinación del valor relativo de soporte (VRS) de las muestras obtenidas *in situ* para ser considerado durante el diseño de pavimentos rígidos.
- Emisión de recomendaciones generales para el proceso constructivo del cajón de cimentación.

2 TRABAJOS DE EXPLORACIÓN Y LABORATORIO

2.1 Trabajos de exploración geotécnica

Los trabajos de exploración geotécnica efectuados para fines del presente estudio consistieron en la ejecución de catorce (14) pozos a cielo abierto (PCA). En la tabla 2.1 se muestra un resumen de los trabajos de exploración realizados, mientras que los perfiles estratigráficos obtenidos se muestran en cada uno de los informes de las estaciones a construir.

Tabla 1. Resumen de trabajos de exploración ampliación Línea 3 del Metrobús

Estación	Pozo	Prof. de exploración [m]	Coordenadas UTM	
			X	Y
Luz Saviñon	PCA-01	1.55	483583	2144164
	PCA-02	1.30	483582	2144136
Eugenia	PCA-01	1.30	483490	2143544
	PCA-02	1.20	483484	2143518
División del Norte	PCA-01	0.83	483332	2142952
	PCA-02	1.65	483324	2142923
Miguel Laurent	PCA-01	3.20	483175	2142301
	PCA-02	2.74	483180	2142326
Zapata	PCA-01	3.06	483049	2141745
	PCA-02	1.20	483054	2141772
Popocatepetl	PCA-01	3.34	482939	2141274
	PCA-02	0.96	482931	2141246
Hospital General Xoco	PCA-01	3.23	482878	2140845
	PCA-02	2.06	482871	2140784

2.2 Trabajos de laboratorio

Las muestras obtenidas a partir de los trabajos de exploración geotécnica fueron trasladadas al laboratorio de Mecánica de Suelos para la determinación de sus propiedades índice y propiedades mecánicas, las cuales se enlistan a continuación:

- Contenido natural de agua ($w\%$).
- Análisis granulométrico
- Límites de consistencia
- Prueba de compactación Proctor.
- Valor relativo de soporte (VRS)
- Compresión triaxial no consolidada no drenada (UU)

Los resultados de las pruebas índice y mecánicas se presentan en cada uno de los informes elaborados para las estaciones que comprende el proyecto de ampliación.

3 CONDICIONES GEOTECNICAS DEL SITIO

3.1 Zonificación geotécnica (RCDF-2017)

El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF-2018) y sus Normas Técnicas Complementarias (NTC-2017), desde un punto de vista geotécnico, zonifican a la Ciudad de México en tres zonas principales: Zona I (Lomas), Zona II (Transición) y Zona III (Lacustre). Una breve descripción de cada una de estas zonas es dada a continuación:

- **Zona I. Lomas:** formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre.
- **Zona II. Transición:** en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos.
- **Zona III. Lacustre:** integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresibles, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla.

De manera general, la ampliación de la línea 3 del metrobús se localiza dentro de las Zonas III (Lacustre) y II (Transición), tal y como se muestra en la Figura .

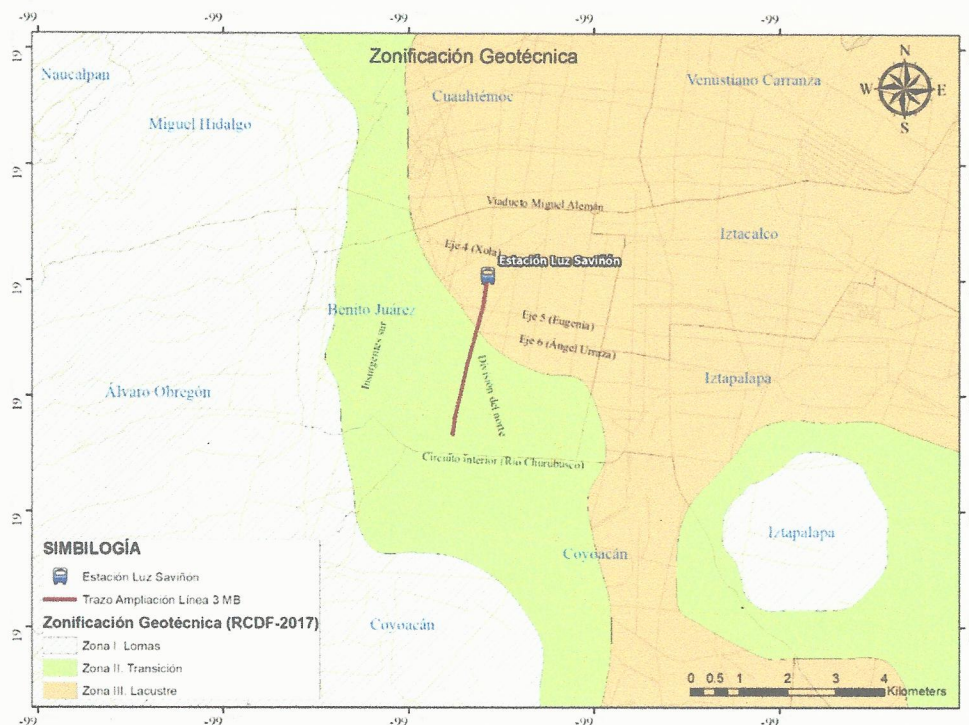


Figura 3.1 Zonificación geotécnica y localización de la ampliación de la Línea 3 del metrobús (RCDF, 2017)

3.2 Hundimiento regional

En la Figura 3.1 se muestran las velocidades de hundimiento regional para el período 1998-2002 que han sido registradas por el Laboratorio de Geo informática del Instituto de Ingeniería de la UNAM. A partir de esta figura se desprende que la velocidad de hundimiento regional en la zona donde se construirá la ampliación de la línea 3 está entre 0 y 4 cm/año.

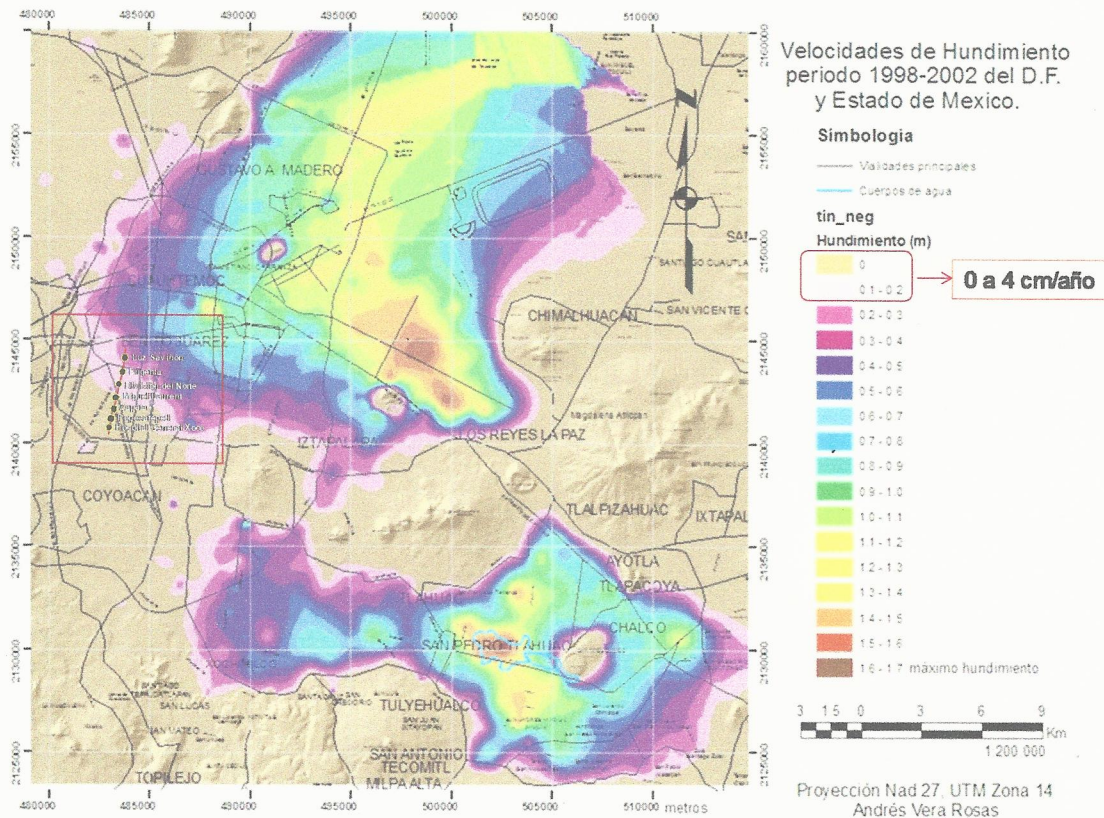


Figura 3.1. Hundimiento regional registrado por el II-UNAM entre 1998-2002 (Méndez, et al., 2010)

3.3 Riesgos geológicos y geotécnicos

La LGIRPC-CDMX (2019), define como riesgo a todos aquellos daños y pérdidas probables sobre la población, resultado de la interacción entre las vulnerabilidades que esta tenga y la exposición ante la presencia de un fenómeno perturbador. Para el caso que compete al presente Estudio, se identificaron las vulnerabilidades de tipo geológico-geotécnico registradas en el Atlas de Riesgos de la Ciudad de México (SGIRPC, 2019), tales como: fallas geológicas inferidas, fracturas y puntos importantes durante eventos sísmicos ocurridos en el pasado.

NOTA TÉCNICA No. 1



Proyecto: Estudios de mecánica de suelos para el diseño geotécnico de la cimentación de las estaciones que forman parte del proyecto de ampliación de la Línea 3 del Metrobús



De acuerdo con base de datos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), a través del Atlas Nacional de Riesgos, mismo que está sujeto al Artículo 2 de la Ley General de Protección Civil, la zona de ampliación de la línea 3 del metrobús se encuentra en la trayectoria de dos fallas inferida (por el CENAPRED); así como de algunos agrietamientos registrados en la zona, tal y como se ilustra en la **Figura 3.3**. Esta información, que es de carácter indicativo, deberá cruzarse con las conclusiones que se obtengan del Estudio geofísico de la ampliación de la Línea 3 del Metrobús que CEMEX actualmente está realizando.

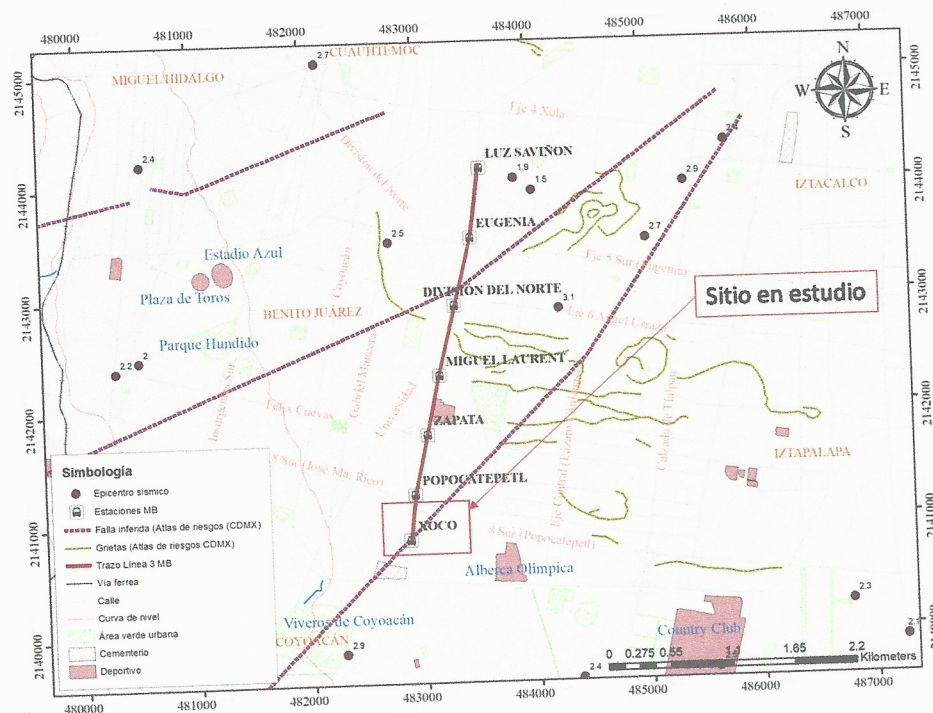


Figura 3.3. Riesgos geológico-geotécnicos identificados por medio del Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2018)

3.4 Zonificación geotécnica, modelos e insumos geotécnicos

A partir de los resultados de los trabajos de exploración y la información proporcionada se puede decir que el trazo de la ampliación de la línea 3 del metrobús se divide en dos zonas:

Zona 1: Comprende de la estación Etiopia hasta la estación división del Norte y se refiere a la zona en la que el trazo de ampliación de la L3 coincide con el trayecto subterráneo de la línea 3 del Sistema de Transporte Colectivo, la cual se encuentra resuelta mediante un cajón cuyo losa superior fue detectada a profundidades entre 1.20m y 1.65m a partir de la superficie de rodamiento.

Zona 2: Comprende la estación Miguel Laurent hasta Hospital General Xoco. Las estaciones del metrobús se desplantaran en el terreno natural, el cual se trata de arcillas arenosas de baja plasticidad (CL) y/o arenas limosas de compacidad media (CL).

En los informes elaborados para cada una de las estaciones, se presentan los modelos geotécnicos correspondientes a cada una de los sitios explorados, mismos que fueron empleados para los análisis de capacidad de carga, asentamiento y módulos de reacción del cajón de cimentación que servirá para el desplante de las estaciones.

En este mismo sentido, las recomendaciones de profundidad de desplante, capacidad de carga, asentamientos y módulos de reacción en función de la zona en la que se ubican las estaciones y la estratigrafía detectada en el subsuelo explorado se presentan en cada uno de los informes elaborados para las estaciones, tomando en cuenta principalmente las dos zonas existentes en el trazo de la ampliación y mencionadas en los párrafos anteriores. Un resumen de las capacidades de carga obtenidas se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de insumos geotécnicos por estación

Estación	Prof. De desplante [m]	Cap. De carga unitaria reducida [kPa]
Luz Saviñón	0.80	386 (38.6 t/m ²)
Eugenia	0.80	417 (41.7 t/m ²)
División del Norte	0.80	350 (35.0 t/m ²)
Miguel Laurent	1.50	238 (23.8 t/m ²)
Zapata	1.30	202 (20.2 t/m ²)
Popocatepetl	1.60	177 (17.7 t/m ²)
Hospital General Xoco	1.50	176 (17.6 t/m ²)



Proyecto: Estudios de mecánica de suelos para el diseño geotécnico de la cimentación de las estaciones que forman parte del proyecto de ampliación de la Línea 3 del Metrobús



4 COMENTARIOS FINALES

En los informes elaborados para la construcción de las siete (7) estaciones que comprende la ampliación de la línea 3 del metrobús, se da cuenta de la siguiente información:

- Información geotécnica regional, tal como es zonificación geotécnica, velocidad de hundimiento regional, espectro de diseño sísmico transparente, riesgos geológicos o geotécnicos a partir de la información disponible en el Atlas Nacional de Riesgos.
- Trabajos de campo y laboratorio ejecutados
- Modelos geotécnicos integrados para cada una de las estaciones
- Se analizó el comportamiento de un cajón de cimentación desplantado a distintas profundidades en función de la zona en la que se encuentra la estación y de la estratigrafía detectada en el sitio mediante los trabajos de exploración y pruebas de laboratorio, proporcionando profundidad de desplante recomendada, capacidad de carga, asentamientos, módulos de reacción y recomendaciones para los procesos constructivos.

Finalmente, se hace notar que la información y recomendaciones generales que aparecen en los informes presentados son responsabilidad de DICIMSA; sin embargo, ésta no se hace responsable del uso que de ella hagan las empresas que participen en la fase de ingeniería de detalle o en la construcción del proyecto.