



**DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS**

**CONTRATO NO: DGOP-AD-F-2-029-13**

**PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE LA OBRA CIVIL DE LA AMPLIACIÓN DE LA  
LÍNEA 12 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE  
COLECTIVO.**

**TRAMO: MIXCOAC – COLA ZONA DE MANIOBRAS**



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

No. Clave: DGOP-15-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 2 de 47

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
  2. GEOLOGIA DEL VALLE DE MÉXICO
  3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN DE CAMPO
  4. EXPLORACIÓN REALIZADA
    - 4.1 SONDEOS MIXTOS
    - 4.2 PRESIÓMETRO
    - 4.3 PHICÓMETRO
    - 4.4 SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES
    - 4.5 SONDEOS DE VERIFICACIÓN
  5. PRUEBAS DE LABORATORIO
  6. CARACTERIZACIÓN
  7. HUNDIMIENTO REGIONAL Y NIVEL FREÁTICO EN EL TRAMO
  8. CONCLUSIONES
- ANEXOS



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**  
SEA

HOJA: 3 de 47

# 1. INTRODUCCIÓN

En cumplimiento al Contrato *DGOP-AD-F-2-029-13* que ampara los trabajos para el "Proyecto Ejecutivo para la Construcción de la Obra Civil, de la Ampliación de la Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo, Tramo Mixcoac – Observatorio" se realizó la exploración para la Ampliación de la Línea 12.

El objetivo de este informe corresponde a describir los trabajos de exploración de campo realizados y sus resultados para definir y caracterizar la estratigrafía de los suelos donde se proyecta la Ampliación de la Línea 12.

La exploración se realizó entre los meses de diciembre de 2013 y abril de 2014 abarcando desde el tramo Mixcoac – Valentín Campa y hasta la Estación Terminal Observatorio con sus Depósitos. Posteriormente debido al cambio de trazo en el tramo Mixcoac – Valentín Campa se realizó una nueva campaña de exploración en el mes de diciembre de 2014 para caracterizar los suelos en la nueva posición del trazo.

El trazo del proyecto Ampliación de la Línea 12 está ubicado al surponiente de la ciudad de México, iniciando al sur en la zona de maniobras existente de la Estación Mixcoac a la altura de la avenida Periférico Sur y concluyendo al norte con la Estación Observatorio y la zona de depósitos en la zona de cruce de la Av. Sur 122 con la Av. Tacubaya, con una longitud aproximada de 4.50 km. El trazo queda comprendido entre las Avenidas Periférico y Alta Tensión o Sur 122 al oriente y poniente respectivamente y por la Calle de Giotto y Poniente 83 en la dirección Sur – Norte.

El Proyecto de la ampliación considera dos estaciones de paso nombradas Valentín Campa y Álvaro Obregón, y una estación terminal con nombre Estación Observatorio. La ampliación considera además una zona de maniobras y una zona de depósitos al sur de la Estación Observatorio conectada a la estación terminal con una vía regresiva.

Toda la ampliación de la Línea 12 será subterránea a base de túneles para los tramos, zona de maniobras y las Estaciones Valentín Campa y Álvaro Obregón, y con edificaciones subterráneas construidas a cielo abierto para la Estación Observatorio, la zona de cambio de aparatos de vía al norte de la Estación Observatorio y los Depósitos. Las profundidades de desplante de la



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

**IPISA**

HOJA: 4 de 47

ampliación oscilan entre 15.0 m y los 47.50 m a partir del nivel de terreno natural y queda comprendido entre las cotas 2,242 y 2,280 metros respecto al nivel del mar.

La Ampliación de la Línea 12 se ubica mayormente en la Delegación Álvaro Obregón y una parte de la cola de la zona de maniobras en la delegación Miguel Hidalgo. La ampliación inicia en la Delegación Álvaro Obregón al poniente de la Av. Periférico con sentido al poniente ubicado entre las calle de Benvenuto Cellini y Giotto hasta llegar a la Av. Alta Tensión donde el trazo gira al norte, ubicando la Estación Valentín Campa en la intersección de las avenidas Alta Tensión y Camino Minas. El trazo continua hacia el nor-oriente bajo la Av. Central hasta la Calle E, al frente del Bioparque San Antonio, donde gira al norte. En la Calle 10, al poniente de la Delegación Álvaro Obregón se ubica la estación de nombre Álvaro Obregón y al llegar a la avenida Sur 122 se encuentra la Estación Terminal Observatorio delimitada por las calles La Fabrica y Av. Río Tacubaya, justo al costado oriente de la Terminal de Autobuses Central Poniente Observatorio. El trazo continúa al norte para alojar la zona de cambio de aparatos de vía y la zona de maniobras hasta cruzar la Av. Observatorio y concluyendo justo antes de la Calle Poniente 73, siendo este tramo el que corresponde a la Delegación Miguel Hidalgo. Finalmente la ampliación concluye con los Depósitos ubicados al sur de la Estación Observatorio bajo la Avenida Sur 122.

Por su posición geográfica, la zona donde está proyectada la Ampliación de la Línea 12, se ubica en las faldas de la Sierra de las Cruces constituidos por suelos cohesivos friccionantes de origen volcánico fuera de los depósitos aluviales y de lago que caracterizan el fondo del Valle de la Ciudad de México y donde no se presenta hundimientos regionales por subsidencia. De acuerdo a la zonificación geotécnica del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF) la ampliación se ubica en la Zona I (Lomas), formada por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre.



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

**IPISA**  
*[Handwritten signature]*

HOJA: 5 de 47

## 2.- GEOLOGÍA DEL VALLE DE MÉXICO

El valle de México hacia el norte está limitado por las sierras de Tepetzotlán, Tezontlalpan y Pachuca, al este por los llanos de Apan y la Sierra Nevada, al sur por las sierras de Cuauhtzin y Ajusco y al oeste por las sierras de Las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo.

El valle de México tiene una superficie de 7,160 km<sup>2</sup> y se integra por áreas montañosas y partes bajas, las primeras con altitudes superiores a 200 m sobre el fondo del Valle y las segundas, comprendidas entre 0 y 50 m. El Distrito Federal se ubica en el suroeste del Valle y en éste se levanta la ciudad de México.

Los principales acontecimientos geológicos que han ocurrido en el Valle de México se adscriben al Terciario Medio, al Plioceno y al Pleistoceno, de acuerdo con el orden de aparición estratigráfica y con el grado de erosión sufrida.

Se estima que a raíz de los esfuerzos tectónicos que se ejercieron a principios del Terciario, se abrieron grietas por las que fluyeron lavas y se formaron grandes aparatos volcánicos. El contenido petrográfico de los materiales desplazados hacia la superficie es muy variado, encontrándose andesitas basálticas, andesitas francas con anfíbolos y piroxenas, dacitas y latitas. La Sierra de Xochitepec, ubicada al oeste de Xochimilco y al pie del Ajusco, se compone enteramente de depósitos típicos del Terciario Medio. Afloramientos de esta especie aparecen en la parte inferior de las sierras que limitan la cuenca al este y al oeste, así también en el núcleo de la Sierra de Guadalupe. Parece que la actividad volcánica decreció a fines del Mioceno y fue seguida por un periodo de erosión a juzgar por la superficie final que se destaca en la Sierra de las Cruces.

Tanto en la región de Pachuca como en la Sierra de Guadalupe se inicia en el Plioceno una nueva etapa de actividades volcánicas caracterizadas por la emisión de grandes masas de lavas ácidas, dacíticas y riolíticas, localizadas hoy en la cima de las sierras, particularmente en el Cerro del Chiquihuite; a continuación aparecen derrames andesíticos de la Sierra Nevada y de las Cruces, cubiertos posteriormente por las lavas de la serie andesítica del Iztaccihuatl y del Ajusco. También pertenecen a este grupo pliocénico, los restos visibles de volcanes compuestos por andesitas oscuras, como los cerros del Peñón de los Baños, el Tigre y las prominencias al sureste de la Sierra de Guadalupe. Al extinguirse estos volcanes, la actividad se



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 6 de 47

manifiesta en la parte septentrional de la cuenca, en donde potentes derrames de andesitas basálticas (Plioceno Superior) interrumpen toda conexión directa con el norte. Hacia el Plioceno superior en que predominaba un clima semiárido, lluvias torrenciales erosionaron el relieve abrupto, depositando en los flancos poniente y oriente de la cuenca extensos abanicos aluviales integrados por fragmentos andesíticos angulosos, arenas y limos, producto de la destrucción de los complejos volcánicos del Terciario Medio y Superior. Esta es la formación que se denominó Tarango, cuya característica descollante es la ausencia de lavas; en consecuencia se le considera posterior al vulcanismo del Plioceno.

Nuevos impulsos tectónicos ocurridos en el Pleistoceno, iniciaron un último ciclo de vulcanismo, cuyas manifestaciones aún persisten en nuestros días. Las fracturas por las que surgieron las lavas están orientadas de SW a NE. El clima húmedo y frío de este periodo y la formación de grandes glaciares en el Iztaccihuatl y el Popocatepetl, causaron la destrucción de gran parte de los depósitos de la formación Tarango, labrando profundas barrancas y los de los valles principales que desaguaban por el sur en el río Amacuzac. Uno de estos Valles, el occidental, tenía sus cabeceras en Pachuca, pasaba por el lugar hoy ocupado por la ciudad de México y llegaba a Cuernavaca al oeste de la Sierra de El Tepozteco; el segundo, recorría el pie de la Sierra Nevada, atravesaba Chalco y Amecameca para alcanzar la cuenca del Alto Amacuzac en Cuautla. Son manifestaciones de la erosión ocurrida en el Pleistoceno, los cañones de Contreras y San Rafael.

Contemporáneamente el desarrollo de la red fluvial antes descrita, se iniciaron las erupciones volcánicas en el norte de la cuenca que cubrieron los valles con gruesas capas de basalto y pómez. Poco a poco la actividad se desplazó hacia el sur, se crearon los cerros de Chiconautla, Chimalhuacán y La Estrella, hasta que sobrevinieron las potentes efusiones lávicas del Chichinautzin, de unos 2,000 m de espesor, que cerraron el drenaje hacia el sur transformando el Valle de México en cuenca cerrada.

Come se mencionó en este escrito parte de la Ciudad de México está asentada en las faldas de la serranía de Las Cruces, formada por terrenos compactos, arenolimosos con alto contenido de grava unas veces, y otras, por tobas pumíticas bien cementadas. Esta zona se denomina las lomas por su altitud relativa. La capacidad de carga del terreno es elevada y no existen capas de arcilla compresibles que puedan ser causa de asentamientos diferenciales de gran magnitud. Siendo en esta zona donde se ubica la ampliación de la Línea 12 del Metro del Sistema de Transporte Colectivo.



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 7 de 47

### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN DE CAMPO

Atendiendo las características físicas y génesis de los suelos donde se proyecta la Ampliación de la Línea 12 descritos en el capítulo anterior y que corresponden a materiales firmes depositados fuera del ambiente lacustre se programó la campaña de exploración geotécnica consistente en:

- Sondeos mixtos combinando la prueba de penetración estándar con obtención de muestras inalteradas mediante barriles tipo denison para suelos cohesivos friccionantes y eventualmente barriles tipo Shelby cuando se identificaran suelos "blandos" principalmente cohesivos que permitan el uso de esta herramienta. La penetración estandar consiste en la determinación del número de golpes necesarios para hincar un tubo de 60 cm en longitudes especificadas, recuperando muestras alteradas de suelo y conforme la norma ASTM D1586-08.
- Ensayes en los suelos con sondas tipo "menard", consistentes en introducir una sonda cilíndrica dilatada en forma radial en un barreno realizado ex profeso de acuerdo a la norma ASTM D4719-00 a la profundidad deseada la cual se expande gradualmente con la presión de líquidos o gases. Durante la expansión el volumen de la sonda expandida se mide con precisión para proporcionar una curva volumen vs presión permitiendo obtener los parámetros presiométricos como el módulo de Menard, la presión de fluencia, la presión límite así como la presión de fluencia del suelo a partir de la cual pueden deducirse propiedades de deformabilidad y resistencia al corte del suelo.
- Ensayes en los suelos con ficómetros, consistentes en introducir una sonda cilíndrica de acero en cuya parte media está provista con anillos dentados en un barreno realizado ex profeso a la profundidad donde se desea ejecutar la prueba. Ya en su posición, se expande la sonda penetrando los dientes en las paredes del barreno para posteriormente extraer la sonda verticalmente midiendo la resistencia al corte del suelo con una velocidad controlada de 2mm/min. Se determinan pares de valores del esfuerzo normal y cortante para movilizar la resistencia del suelo y, a través de éstos, se deduce el ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo.
- Ejecución de pruebas de laboratorio para determinar propiedades índice y mecánicas de resistencia al corte y deformabilidad de los suelos.
- Ejecución de sondeos eléctricos verticales en arreglo tipo Schlumberger con mediciones de resistividad al nivel del terreno conforme lo establecido en la Norma NRF 011 CFE 2004 consistentes en inyectar corriente al terreno mediante dos electrodos que son



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 8 de 47

clavados en el mismo, conocidos como A y B; el campo eléctrico así generado se registra a través de mediciones de diferencias de potencial  $\Delta V$  entre otros dos electrodos, conocidos como M y N para determinar las líneas de flujo eléctrico y a partir de este inferir la resistividad y conductividad eléctrica de cada una de las capas que constituyen el subsuelo somero del área de estudio y correlacionar las resistividades obtenidas con las características litológicas y los diferentes paquetes que constituyen la estratigrafía somera del área en estudio lo que permite determinar la homogeneidad o anomalías geotécnicas en el subsuelo.

- Sondeos de verificación ejecutados que consisten en la ejecución de sondeos en puntos especiales para detallar información geotécnica de interés combinando la prueba de penetración estándar y avance ciego sin recuperación.

La campaña de exploración geotécnica se ejecutó entre los meses de diciembre de 2013 y abril de 2014 abarcando desde el tramo Mixcoac – Valentín Campa y hasta la Estación Terminal Observatorio. Posteriormente en diciembre de 2014 se realizó una campaña de exploración geotecnia adicional en el nuevo trazo del tramo Mixcoac – Valentín Campa debido al cambio de este tramo que significó un incremento de longitud en esta zona de 796 m a 1,420 m, cambiando la posición original del tramo desde la lumbrera existente de Frans Hals hasta la Estación Alta Tensión a la siguiente posición: Inicia el cambio al poniente de la avenida Periférico, separándose del actual trazo construido (que concluye en la lumbrera de Frans Hals también construida). De esta separación continua por debajo de edificaciones cruzando las calles de Sassoferrato, Alejandro Allori, Carlos Dolci, Alfonso Cano, Frans Hals, Adriano Brower y Juan Cousin hasta quedar por debajo de la calle de Giotto, siguiendo por esta hasta la calle de Santa Lucía donde inicia la nueva curva denominada 67 misma que concluye casi contigua a la cabecera sur de la Estación Valentín Campa (antes Alta Tensión).

El número de sondeos, su ubicación y sus longitudes se definieron atendiendo a las características geológicas del sitio donde se proyecta la ampliación, el tipo de solución empleado (túneles y cajones a cielo abierto), la zona de influencia de las estructuras proyectadas y las recomendaciones indicadas en las *Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas de Metro de la Ciudad de México* y el *Manual de Diseño Geotécnico* ambos publicados por la extinta Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, y el *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias*.

A partir de los sondeos mixtos realizados y las columnas de suelo recuperado, tanto inalterado como alterado, se realizó la inspección visual y al tacto, las pruebas de laboratorio índice y las



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

**IPISA**  
*[Handwritten signature]*

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 9 de 47

pruebas mecánicas para definir los perfiles estratigráficos del sitio estudiado. Las pruebas índice programadas fueron: clasificación SUCS, determinación de contenidos de agua, granulometrías y determinación de finos por lavado, límites de consistencia para materiales que pasan el tamiz de la malla No. 200 y determinación de densidad de sólidos. Las pruebas mecánicas consistieron en pruebas triaxiales no consolidadas no drenadas (UU) y pruebas de compresión simple. Con base en los resultados obtenidos de estos trabajos se definieron los perfiles estratigráficos del sitio estudiado.

Para precisar las propiedades mecánicas de los suelos estudiados se programaron ensayos presiometricos empleando una sonda cilindrica dilatante así como ensayos de ficómetro mediante una sonda cilindrica denticulada. Las mediciones con estos instrumentos se programaron en puntos de especial interés para el diseño de las estructuras y que correspondieron básicamente a la zona de la clave de los túneles.

Se realizaron 6 sondeos eléctricos verticales para determinar la resistividad y conductividad eléctrica y caracterizar la homogeneidad del subsuelo o identificar anomalías para su estudio. Se ejecutó un sondeo eléctrico vertical en cada estación y en cada intertramo con profundidades por debajo del nivel de subrasante para incluir los materiales donde se apoyarán las estructuras de metro.

De la campaña de exploración realizada entre diciembre de 2013 y abril de 2014 se realizaron sondeos mixtos, pruebas de ficómetro y presiometro, pruebas índice, pruebas mecánicas, sondeos eléctricos verticales, perfiles estratigráficos por cada sondeo mixto y perfiles estratigráficos generales del perfil de la Ampliación de la Línea 12. Estos trabajos se presentaron en los documentos DGOP-14-EG-612000-III-0004-D-00 "INFORME DE EXPLORACIÓN DE CAMPO", DGOP-14-EG-612400-III-0005-P-00, DGOP-14-EG-612400-III-0006-P-00 y DGOP-14-EG-612400-III-0007-P-00.

Los trabajos de exploración en el nuevo tramo Mixcoac – Valentin Campa derivados del cambio de trazo comentados anteriormente y que se ejecutaron en diciembre de 2014 consistieron en la ejecución de 4 sondeos mixtos denominados SMA-01, SMA-02, SMA-03 y SMA-04, 12 pruebas presiometricas contiguas a los sondeos SMA-01, SMA-02, y SMA-04 y cuatro sondeos de verificación denominados SV-A, SV-B, SV-C y SV-D.

En el capítulo siguiente se describen los trabajos realizados.



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 10 de 47

## 4.- EXPLORACIÓN REALIZADA

### 4.1 Sondeos Mixtos

En la campaña de exploración geotécnica se realizaron 27 sondeos mixtos, 23 de ellos en el trazo original de la Ampliación Mixcoac – Observatorio durante los meses de diciembre 2013 y enero 2014 y se denominaron SM-01, SM-02, SM-03, SM-04, SM-05, SM-06, SM-07, SM-08, SM-09, SM-10, SM-11, SM-12, SM-13, SM-14, SM-15, SM-16, SM-18, SM-19, SM-20, SM-21, SM-22, SM-23 y SM-24. Posteriormente en diciembre de 2014 por el cambio de trazo en el tramo Mixcoac – Valentín Campa se realizaron 4 sondeos mixtos denominados SMA-01, SMA-02, SMA-03 y SMA-04. Los 27 sondeos mixtos son de profundidades variables que oscilan entre 25 y 60 m de profundidad de exploración, con obtención de material inalterado en puntos de interés para el diseño de las estructuras de metro. La tabla 4.1 presenta para cada sondeo realizado las profundidades de exploración y la profundidades donde se realizó obtención de suelo mediante barriles muestreadores y en el ANEXO I se adjuntan los perfiles individuales de los sondeos mixtos realizados en las dos campañas de exploración

4.1 Tabla de profundidades de exploración y obtención de material inalterado.

AMPLIACIÓN LINEA 12 INFORME EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA IPISA						
SONDEO	AVANCE	PROFUNDIDAD DE MATERIAL INALTERADO (m)				
SM-1	CONCLUIDO PROF. 55.10 m	31.00	37.00	44.00		
SM-2	CONCLUIDO PROF. 44.85 m	17.50	25.00	31.00		
SM-3	CONCLUIDO PROF. 34.95 m	21.50	27.50	30.50		
SM-4	CONCLUIDO PROF. 39.95 m	19.00	25.50	34.00		
SM-5	CONCLUIDO PROF. 50.50 m	33.00	38.00			
SM-6	CONCLUIDO PROF. 50.45 m	29.00	33.00	36.00		
SM-7	CONCLUIDO PROF. 44.90 m	28.00	34.00	40.00		
SM-8	CONCLUIDO PROF. 50.55 m	20.00	28.00	33.00	42.00	
SM-9	CONCLUIDO PROF. 55.30 m	20.00	28.50	35.00		
SM-10	CONCLUIDO PROF. 55.10 m	33.50	34.00	41.50		
SM-11	CONCLUIDO PROF. 45.05 m	15.50	35.00	38.00		
SM-12	CONCLUIDO PROF. 45.50 m	12.50	19.00	33.00	38.50	
SM-13	CONCLUIDO PROF. 60.25 m	33.50	39.50	46.50		
SM-14	CONCLUIDO PROF. 60.05 m	34.00	40.50	48.50		
SM-15	CONCLUIDO PROF. 60.65 m	33.50	39.00	42.50	43.50	49.00
SM-16	CONCLUIDO PROF. 60.35 m	9.50	33.50	40.00	47.00	
SM-18	CONCLUIDO PROF. 45.35 m	9.50	15.00	21.50	30.50	
SM-19	CONCLUIDO PROF. 45.30 m	18.50	28.00	36.50		
SM-20	CONCLUIDO PROF. 25.10 m	20.00	22.00			
SM-21	CONCLUIDO PROF. 30.25 m	10.50	18.50	25.50		
SM-22	CONCLUIDO PROF. 27.90 m	10.00	21.50			
SM-23	CONCLUIDO PROF. 34.95 m	11.00	18.50	20.25	25.00	
SM-24	CONCLUIDO PROF. 40.25 m	10.50	16.50	25.00	34.50	
SMA-01	CONCLUIDO PROF. 41.85 m	8.70	12.90	16.80	26.50	36.00
SMA-02	CONCLUIDO PROF. 50.25 m	28.35	33.75	35.40		
SMA-03	CONCLUIDO PROF. 60.25 m	42.00	43.10	47.90		
SMA-04	CONCLUIDO PROF. 20.10 m	8.00	13.00	13.41		



TÍTULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 11 de 47

#### 4.2 Presiómetro.

Durante la campaña de exploración se realizaron pruebas con el presiómetro de Menard a profundidades variables en zonas de interés para el diseño de las estructuras del metro, especialmente en la clave de los túneles y paredes de las lumbreras o excavaciones a cielo abierto. Todas las pruebas se asociaron a los sondeos mixtos ejecutados para la mejor interpretación de sus resultados. La tabla 4.2 presenta las profundidades donde se ejecutaron las mediciones presiométricas y el sondeo mixto a que se asoció cada prueba. Los sondeos identificados como SM-3, SM-4, SM-6, SM-7, SM-8, SM-9, SM-11, SM-13, SM-18 se realizaron en la campaña ejecutada entre diciembre de 2013 a abril de 2014 y los identificados como SMA-01, SMA-02 y SMA-04 en la campaña realizada en diciembre de 2014.

4.2 Tabla de profundidades de pruebas de presiómetro.

AMPLIACIÓN LÍNEA 12 INFORME EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PRESIÓMETRO <b>IPISA</b>							
Sondeo	No de Pruebas	PROFUNDIDAD DE PRUEBAS (m)					
		9	10	11	12	16	17
SM-3	6						
SM-4	4	11	12	14	15		
SM-6	6	11	12	17	18	25	26
SM-7	4	11	12	17	18		
SM-8	6	17	18	24	25	29	30
SM-9	6	15	16	22	23	17	38
SM-11	4	11	12	17	18		
SM-13	4	14	15	24	15		
SM-18	4	9	10	15	16		
SMA-01	6	5	11	16	21	26	32
SMA-02	4	22	28	35	41		
SMA-04	2	8	12				

En el ANEXO II se incluyen los dos informes de las pruebas con presiómetro y los resultados obtenidos.



TÍTULO  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 12 de 47

### 4.3 Ficómetro

La campaña de exploración geotécnica consideró la ejecución de pruebas in situ mediante el empleo del ficómetro con el objetivo de precisar los valores de resistencia al corte en puntos de especial interés para el diseño de las estructuras del metro, especialmente en la clave de los túneles y paredes de las lumbreras o excavaciones a cielo abierto. Todas las pruebas se asociaron a los sondeos mixtos ejecutados para la mejor interpretación de sus resultados. La tabla 4.3 presenta las profundidades donde se ejecutaron las mediciones y el sondeo mixtos a que se asoció cada prueba.

4.3 Tabla de pruebas de Phicómetro.

AMPLIACIÓN LINEA 12 INFORME EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PHICÓMETRO <b>IPISA</b>						
Sondeo	No de Pruebas	PROFUNDIDAD DE PRUEBAS (m)				
		15	20	12	14	15
SM-2	2					
SM-3	3	7	9.6	12		
SM-18	3	7	9	14		
SM-19	3	5.5	10	15		
SM-20	3	7	14	19.5		
SM-21	3	7	15	18		
SM-22	3	7	9	11		
SM-23	3	10	14	20		
SM-23BIS	2	8	12			
SM-24	3	5	10	15		

El informe y los resultados de las pruebas con ficómetro se presentan en el ANEXO III de este escrito.



TÍTULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 13 de 47

#### 4.4 SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

Se ejecutaron 6 sondeos verticales eléctricos en cada intertramo y estación realizados en las siguientes zonas y profundidades:

- SEV1. Intersección de las calles Carlos Dolci y Benvenuto Cellini con una profundidad de 17 m.
- SEV-2. Zona de la estación Valentín Campa, en la calle Andador Francisco Arrillaga en la colonia Minas de Cristo, Álvaro Obregón con una profundidad de 33 m
- SEV-3. Avenida Central esquina calle La Venta con una profundidad de 15 metros.
- SEV-4. Avenida Calle 10 frente a la delegación Álvaro Obregón con una profundidad de 50 m.
- SEV-5. Camino Real a Toluca cruce Sur 112 con una profundidad de 15 metros de profundidad
- SEV-6. Sur 122 frente a la Central de Autobuses Observatorio con una profundidad de 37 m

Los resultados de las pruebas con tendidas geoelectricas se presentan en el ANEXO IV adjunto a este escrito.



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 14 de 47

#### 4.5 SONDEOS DE VERIFICACIÓN

Adicionalmente a la exploración realizada con los métodos ya mencionados en este documento, se realizaron sondeos de verificación con el objetivo de caracterizar de una mejor manera la zona de abocinamiento en SassoFerrato, ya que el suelo presentó materiales con intercalaciones de roca. Los sondeos de verificación consistieron en una exploración con avances sin recuperación hasta una profundidad de 8 metros utilizando una broca tricónica y a partir de esta profundidad avances con recuperación alterada hasta la profundidad indicada en cada sondeo. A continuación se muestra una tabla con el número total de sondeos de verificación realizados así como su profundidad, los resultados de los sondeos de verificación se muestran en el ANEXO V de este documento.

4.4 Tabla de Sondeos de Verificación.

 <b>IPISA</b> <b>AMPLIACIÓN LINEA 12 INFORME SONDEOS DE VERIFICACIÓN</b>	
Sondeo	PROFUNDIDAD (m)
SV-A	20.10
SV-B	20.05
SV-C	30.25
SV-D	20.40



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**  
*J. J. E.*

HOJA: 15 de 47

## 5 PRUEBAS DE LABORATORIO

En muestras representativas alteradas o inalteradas, se realizaron pruebas de laboratorio para identificar y clasificar el suelo y para definir las propiedades índice y mecánicas de los mismos. Después de realizadas las primeras etapas de exploración y muestreo, las muestras del suelo se enviaron al laboratorio debidamente protegidas contra pérdida del contenido natural de agua, para su identificación y clasificación.

En los registros se anotaron todos los datos referentes a cada uno de los estratos a clasificar, tales como número de muestra, su elevación, su contenido de agua natural expresado en porcentaje, así como el contenido natural de arena y grava y color.

Las muestras obtenidas para labrar las probetas necesarias en la ejecución de los trabajos de laboratorio fueron obtenidas en los puntos de interés al túnel variando su profundidad dependiendo de la topografía del terreno.

Los trabajos de laboratorio programados comprenden la definición de las siguientes propiedades índice del suelo: clasificación (SUCS), contenido de agua (w%), límite líquido y límite plástico, índice de plasticidad, densidad de sólidos ( $S_s$ ), peso volumétrico ( $\gamma_m$ ), relación de vacíos (e), grado de saturación (Gw) y granulometría con lavado de finos.

Las propiedades mecánicas de los suelos en estudio fueron determinados a partir de pruebas triaxiales UU y compresión simple obteniendo valores de cohesión (c), ángulo de fricción ( $\phi$ ) y modulus de elasticidad.

### Prueba Triaxial UU

La prueba triaxial de resistencia al corte UU tiene como objetivo determinar las características esfuerzo-deformación y de resistencia al corte de especímenes de suelo inalterados bajo condiciones no drenadas, mediante ensayos triaxiales no consolidados no drenados, en todas las etapas de prueba, identificados como UU.

El procedimiento consiste en ensayar tres especímenes similares sometidos a diferentes presiones confinantes de acuerdo a la norma ASTM D 2850-95.

### Compresión Simple

La prueba tiene por finalidad determinar la resistencia a la compresión no confinada de una probeta cilíndrica de suelos cohesivos para determinar de forma indirecta la resistencia al corte de la muestra.



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 16 de 47

La prueba se realiza aplicando un esfuerzo axial a una muestra de suelo, sin confinamiento lateral aplicando solo la etapa de carga que conduce el suelo o muestra a la falla.

### Contenido de Agua

El método convencional consiste en determinar el peso de agua removida por secado en un horno con temperatura constante de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , por diferencia del peso inicial del espécimen húmedo y su peso seco de acuerdo a la norma ASTM D 2216-98.

### Límite Líquido

Los contenidos de agua que definen las transiciones entre un estado de consistencia y otro, se llaman límites de consistencia, entre ellos se encuentra el límite líquido. El límite líquido corresponde aproximadamente a la resistencia al corte del suelo de  $25 \text{ g/cm}^2$ .

El equipo necesario es un dispositivo de Casagrande el cual consta de una base con una copa desmontable de latón, en la cual se muestra una copa de remoldeado; un ranurador plano complementa el dispositivo, de acuerdo a la norma ASTM D 4318-00.

### Límite Plástico

El límite plástico es el contenido de agua a partir del cual el suelo se empieza a agrietar y desmoronar cuando se remoldea manualmente en forma de rollito de 3mm de diámetro, esta prueba nos permite distinguir entre un suelo plástico como la arcilla y otro no plástico como un limo.

Del material remoldeado preparado para determinar el límite líquido se toma una porción de 20 a 40 g y se extiende en una placa de vidrio para que pierda agua. Cuando el espécimen alcanza una consistencia plástica no pegajosa, se levanta y se divide en dos o tres porciones, con cada una de las cuales se forma un cilindro de 3mm de diámetro de acuerdo a la norma ASTM D 4318-00.

### Índice de Plasticidad

Es el rango de contenido de agua en el que un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico definido de acuerdo a la norma ASTM D 4318-00.



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 17 de 47

## Densidad de Sólidos

El objetivo es determinar la gravedad específica de las partículas sólidas de un material que pasa el tamiz de 4.75 mm, por medio de un picnómetro. Se tiene dos procedimientos de determinar la gravedad específica, el método A con muestras húmedas y el método B con muestras secas.

La muestra de ensayo puede ser suelo húmedo o suelo secado al horno y debe ser representativa del tamiz No. 4, la masa mínima a utilizarse se determina de acuerdo al tipo de suelo y al tamaño del picnómetro de acuerdo en lo establecido en la norma ASTM D 854-02.

## Granulometría

El objetivo de la prueba es la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de las partículas en suelos.

La distribución de tamaños de las partículas mayores a  $75\mu\text{m}$  (retenidas en la malla 200) es determinado por tamizado, mientras que la distribución de tamaños de partículas menores a  $75\mu\text{m}$  es determinado por un proceso de sedimentación usando un hidrómetro para obtener los datos necesarios de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D 422-63.

## Clasificación SUCS

La clasificación del suelo se efectuó en húmedo y en seco, de acuerdo a con el criterio del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) de acuerdo a la norma ASTM D 2487-00.

Los resultados de las pruebas de laboratorio en muestras alteradas e inalteradas se presentan en un CD electrónico en el ANEXO A "PRUEBAS DE LABORATORIO" adjunto a este documento.



TITULO  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 18 de 47

## 6 CARACTERIZACIÓN

El trazo del proyecto Ampliación de línea 12 está ubicado al norponiente de la ciudad de México dentro de la zona I de acuerdo a zonificación indicada en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF).

La zona de las Lomas está conformada por las serranías que limitan a la cuenca al poniente y al norte, además de los derrames del Xitle. La zona poniente está constituida por los abanicos volcánicos, caracterizándose superficialmente por la acumulación de materiales piroclásticos durante su actividad explosiva y que fueron retransportados por agua y hielo en épocas posteriores.

La exploración realizada identificó que los suelos donde se construirá la Ampliación de la Línea 12 corresponden a materiales cohesivos friccionantes típicos del poniente de la Ciudad de México comúnmente llamados "tobas" constituidos por arenas y gravas empacados en una matriz de limos y arcillas, intercalados con estratos de arenas pumíticas con presencia de finos en porcentajes no menores al 12 %. Los materiales identificados son no plásticos, con bajos contenidos de agua, de origen volcánico y depositados fuera del ambiente lacustre. Estos materiales presentan una alta resistencia al corte y baja deformabilidad. En cada una de los sondeos realizados y hasta el nivel explorado se verificó la ausencia del nivel freático, que la génesis del material fuera natural y no producto de rellenos y por supuesto la ausencia de cquedades.

A lo largo del trazo de proyecto en estudio se encontraron suelos cohesivos y friccionantes, los cuales se identificaron y subdividieron en grupos (ver planos DGOP-14-EG-612000-III-1001-P-01, DGOP-14-EG-612000-III-1002-P-01, DGOP-14-EG-612000-III-1003-P-01 y DGOP-14-EG-612000-III-1004-P-01. ANEXO VI), la nomenclatura de los subgrupos se mencionan en la tabla 6.1.



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 19 de 47

Tabla 6.1 Nomenclatura de los Suelos en Ampliación L-12.

 <b>AMPLIACIÓN LINEA 12 INFORME EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b>  <span style="float: right;"><b>IPISA</b></span>	
I	MATERIAL DE RELLENO CONSTITUIDO POR ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ OSCURO, CON GRAVAS Y EN ALGUNOS CASOS CON CASCAJO
II	LIMO ARÉNSO COLOR CAFÉ CLARO, DE CONSISTENCIA DURA, DE BAJA PLASTICIDAD, CON ALGUNOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL
III	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO, DE COMPACIDAD MUY DENSA, CON GRAVAS ( EN ALGUNOS CASOS SE PRESENTA CON UNA COMPACIDAD SUELTA)
IV	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ OSCURO, CON INTERCALACIONES DE ARENA PUMÍTICA DE COMPACIDAD DENSA A MUY DENSA
V	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ OSCURO, CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL DE COMPACIDAD MUY DENSA
VI	ARCILLA ARENOSA DE COLOR CAFÉ CLARO DE BAJA PLASTICIDAD Y DE CONSISTENCIA RÍGIDA A DURA
VII	GRAVAS CON ARCILLA DE COMPACIDAD MEDIA A MUY DENSA
VIII	ARCILLA ARENOSA COLOR CAFÉ CLARO DE BAJA PLASTICIDAD, DE CONSISTENCIA DURA, CON GRAVAS
IX	RELLENO CONFORMADO POR ARCILLA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA A MEDIA CON PEDACERÍA DE TABIQUE ROJO
X	LIMO COLOR CAFÉ CLARO Y CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA Y MEDIA, POCO GRUESA CON ALGUNOS GRU MOS CEMENTADOS DEL MISMO MATERIAL CON GRAVAS
XI	ARENA MEDIA A GRUESA Y FINA POCO LIMONSA COLOR GRIS OSCURO Y GRIS CLARO CON POCAS GRAVAS
XII	ARENA MEDIA A GRUESA Y FINA POCO LIMOSA COLOR CAFÉ ROSÁCEO CLARO CON POCAS GRAVAS
XIII	ARENA FINA A MEDIA PUMÍTICA COLOR CAFÉ GRISÁCEO CON GRUMOS COMPACTOS DEL MISMO MATERIAL CON LIMO CAFÉ POCO OSCURO
XIV	FRAGMENTOS DE ROCA COLOR GRIS OSCURO Y CAFÉ ROJIZO OSCURO CON INCRUSTRACIONES DE CRISTALES DE MICA



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

**IPISA**

HOJA: 20 de 47

Derivado de los trabajos de exploración y de los trabajos de laboratorio se logro obtener una caracterización de los suelos, así como las propiedades índice y mecánicas de los mismos, dicha caracterización nos permitio definir la estratigrafía del suelo en estudio a lo largo del proyecto.

A continuación se presenta la descripción de las estratigrafías definidas de los suelos, así como sus propiedades índice y mecánicas.

### Estratigrafía correspondiente al km 28+982.77 al km 29+404.00

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 28+982.77 al km 29+404.00 se definieron 10 estratos hasta una profundidad de 41.85m, de espesores variables que van desde 1.5 a 12.50m, se encontró fragmentos de roca y suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 7 y 35%, cohesiones que van de 6 a 2 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción ( $\phi$ ) que se encuentran entre 25° y 40°, número de golpes variables que van desde 25 a 170 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.50 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.2 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.2 Estratigrafía km 28+982.77 al km 29+404.00.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 28+982.77 AL km 29+404.00				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUELOS	COLPES EN	HUMEDAD w%	FUND. (%)	Cohesión C (ton 2)	Peso Vol (ton 3)	$\phi$ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	1.40	1.40	RELLENO CONFORMADO DE ARCILLA CON ARENA FINA MEDIA A GRUESA CON GRAVAS ABLADAS DE TABIQUE	25	17.00	48.00	2.00	1.60	25
2	1.50	5.00	3.50	ARENA FINA A MEDIA PUMETICA COLOR CAFÉ URISACED	40	24.00	50.00	3.00	1.70	34
3	5.00	6.50	1.50	LIMO CAPE CLARO CON ARENA FINA A MEDIA DE CONSISTENCIA DURA	87	16.50	73.90	5.00	1.75	28
4	6.50	12.00	5.50	FRAGMENTOS DE ROCA COLOR GRIS OSCURO Y CAFÉ ROJIZO OSCURO	-	-	-	-	-	-
5	12.50	16.50	4.00	ARENA FINA A MEDIA Y GRUESA LIMOSA CAFÉ POCO OSCURO	77	16.58	56.20	6.00	1.70	38
6	16.50	20.50	4.00	LIMO CAFÉ OSCURO CON ARENA DE CONSISTENCIA DURA	82	16.12	25	3.00	1.90	49
7	20.50	25.50	5.00	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ OSCURO CON ARENA FINA A MEDIA GRUESA DE CONSISTENCIA MEDIANA FIRME A DURA	44	20.00	42.5	6.00	1.70	34
8	23.50	24.50	1.00	ARENA FINA A MEDIA COLOR GRIS CLARO CON GRUMOS CEMENTADOS DEL MISMO MATERIAL	170	18.80	34.00	0.00	1.90	40
9	25.50	41.00	15.50	FRAGMENTOS DE ROCA COLOR GRIS OSCURO Y CAFÉ ROJIZO CON INCRUSTACIONES DE MICAS CON UN ÍNDICE DE CALIDAD DE ROCA ENTRE 0 Y 5% CONSIDERADA COMO SUELO RESIDUAL	-	-	-	-	-	-
10	41.00	41.85	0.85	ARENA FINA A MEDIA Y GRUESA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON GRAVILLAS Y GRAVAS DE COMPACTAD MUY DURA	100	7.50	4	0	1.90	38



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 21 de 47

### Estratigrafía correspondiente al km 29+404.00 al km 29+872.00

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 29+404.00 al km 29+872.00 se definieron 9 estratos hasta una profundidad de 55.25m, de espesores variables que van desde 1.00 a 12.25m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 11 y 37%, cohesiones que van de 2 a 6 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 28° y 40°, número de golpes variables que van desde 11 a 106 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.60 ton/m<sup>3</sup> y 2.11 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.3 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.3 Estratigrafía km 29+404.00 al km 29+872.00.

ESTRATIGRAFIA CORRESPONDIENTE DEL KM 29+404.00 AL KM 29+872.00				PROPIEDADES INDICE			PROPIEDADES MECANICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIONES	GOLPES N	Friccion φ%	Friccion c (ton/m <sup>2</sup> )	Peso VA (ton/m <sup>3</sup> )	φ grado	
	INICIO	A	ENDIZAR							
1	0.00	3.00	2.00	ARCILLA COLOR CAFE POCO HUECO CON ARENA FINA A MEDIA CON GRANAS DE COHESION MEDIA A MEDIANA	11	27.20	44.00	2.00	1.60	28
2	3.00	11.00	8.00	LEMO OSCURO CAFE CLARO CON ARENA FINA A MEDIA FLOCULONADA CON GRANAS DEL MEDIO MATERIAL	97	24.40	60.00	4.00	1.76	38
3	11.00	19.00	4.00	ARENA MEDIA A GREDINA CON LIMO OSCURO CON GRANO CON GRANAS	100	16.00	18.00	3.00	1.80	39
4	19.00	21.00	0.00	LEMO OSCURO CAFE CLARO CON ARENA FINA Y GRANAS COMPACTAS DEL MEDIO MATERIAL	95.19	27.50	52.00	4.00	1.8	38
5	21.00	26.00	7.00	ARENA MEDIA A GREDINA Y FINA CON LIMO OSCURO CAFE CON AGUJEROS	108	11.20	14.00	3.00	2.11	40
6	26.00	34.00	8.00	ARENA FINA A MEDIA CON LIMO OSCURO OSCURO CON GRANAS	106	17.20	21.00	3.00	2.00	40
7	34.00	37.00	3.00	LEMO OSCURO CAFE CLARO CON ARENA FINA CON GRANAS COMPACTAS DEL MEDIO MATERIAL	100	23.00	38.00	4.00	1.80	38
8	37.00	38.00	1.00	ARENA FINECITA FINA A MEDIA GREDINA CON LIMO COMPACTO MEDIO DENSO	130	33.00	34.00	5.00	1.60	38
9	38.00	50.25	12.25	LEMO OSCURO CAFE CLARO CON ARENA FINA CON COMPACTOS DEL MEDIO MATERIAL	103	26.70	50.00	4.00	1.76	38

### Estratigrafía correspondiente al km 29+872.00 al km 30+136.14

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 29+872.00 al km 30+136.14 se definieron 6 estratos hasta una profundidad de 60.25m, de espesores variables que van desde 2 a 19.25m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 10 y 37%, cohesiones que van de 2.5 a 6 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 39° y 40°, número de golpes variables que van desde 103 a 159 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.76 ton/m<sup>3</sup> y 1.80 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.4 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

	TITULO: <b>INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC - OBSERVATORIO</b>	
	No. Clave: <b>DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01</b>	

Tabla 6.4 Estratigrafía km 29+872.00 al km 30+136.14.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 29+872.00 AL km 30+136.14				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FUND. Φ%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (ton/3)	γ (t/m3)
	DE	A	ESPEZOR							
1	0.00	13.00	13.00	LIMO COLOR CAFF CLARO CON ARENA FINA CON GRAMOS COMPACTOS DEL MISMO MATERIAL DE CONSISTENCIA DURA	108	24.04	33.75	4.00	1.80	40
2	13.00	32.00	19.00	ARENA FINA A MEDIA CON GRAVAS DE COLOR GRIS OSCURO DE COMPACTIDAD MUY DENSA	100	10.72	14.06	2.50	1.76	40
3	32.00	37.00	5.00	ARENA FINECICA DE FINA A MEDIA COLOR GRIS BLANCUZCO DE COMPACTIDAD MUY DENSA	100	26.84	45.00	2.50	1.80	39
4	37.00	38.00	1.00	LIMO COLOR CAFF CLARO CON ARENA FINA Y GRAMOS COMPACTOS DEL MISMO MATERIAL	135	17.00	42.00	3.00	1.80	40
5	38.00	41.00	3.00	ARENA FINECICA FINA A MEDIA DE COLOR GRIS OSCURO DE COMPACTIDAD MUY DENSA	117	25.86	42.00	2.50	1.78	39
6	41.00	60.25	19.25	LIMO COLOR CAFF CLARO CON GRAVAS ARELADOS Y GRAMOS COMPACTOS DEL MISMO MATERIAL DE CONSISTENCIA DURA	152	21.35	33.00	3.00	1.76	41

**Estratigrafía correspondiente al km 30+136.14 al km 30+316.22**

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 30+136.14 al km 30+316.22 se definieron 7 estratos hasta una profundidad de 44.85m, de espesores variables que van desde 1.70 a 14.65m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 7 y 56%, cohesiones que van de 0 a 6 ton/m<sup>2</sup>, angulos de fricción (φ) que se encuentran entre 10° y 40°, número de golpes variables que van desde 27 a 213 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.50 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.5 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.5 Estratigrafía km 30+136.14 al km 30+316.22.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 30+136.14 AL km 30+316.22				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FUND. Φ%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (ton/3)	γ (t/m3)
	DE	A	ESPEZOR							
1	0.00	5.00	5.00	RELLENO, ARENA MEDIA A GRUESA CON GRAVAS Y LIMO	38	25.00	40.00	2.00	1.80	15
2	5.00	15.80	10.80	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA	89	29.00	80.00	0.00	1.70	10
3	15.80	18.50	2.70	ARENA GRUESA A MEDIA CON GRAVAS COMPACTIDAD MUY DENSA	213	7.00	3.00	0.00	1.80	40
4	18.50	18.00	0.50	LIMO ARENOSO CONSISTENCIA FIRME A DURA	27	40.00	52.00	4.00	1.55	16
5	18.00	21.00	3.00	ARENA FINA A MEDIA FINECICA, COMPACTIDAD DENSA	43	30.00	-	1.00	1.80	30
6	20.50	35.20	14.70	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTIDAD DENSA A MUY DENSA	90	28.00	57.00	4.00	1.80	36
7	30.20	44.85	14.65	ARENA FINA A MEDIA ARCILLOSA CON GRAVILLAS COMPACTIDAD MUY DENSA	150	18.00	28.00	3.00	1.85	40



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 23 de 47

### Estratigrafía correspondiente al km 30+566.22 al km 30+609.50

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 30+566.22 al km 30+609.50 se definieron 5 estratos hasta una profundidad de 39.95m, de espesores variables que van desde 3.00 a 10.45m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 13 y 35%, cohesiones que van de 2 a 5 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 35° y 40°, número de golpes variables que van desde 39 a 138 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.65 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.8 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.8 Estratigrafía km 30+566.22 al km 30+609.50.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 30+ 566.22 AL km +30+609.50				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (m (ton/2)	φ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	3.00	3.00	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA DURA	82	27.00	53.00	5.00	1.80	35
2	3.00	10.30	7.30	ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS DE COMPACTAD MUY DENSA	78	13.00	24.00	2.00	1.85	39
3	10.00	19.30	9.30	ARENA ARCILLOSA CON ARENA PUNÉTICA DE COMPACTAD MEDIA	39	35.00	22.00	3.50	1.88	34
4	19.30	29.30	10.00	ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS DE COMPACTAD MUY DENSA	79	25.00	30.00	4.50	1.85	39
5	29.30	39.95	10.45	ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS DE COMPACTAD MUY DENSA	138	17.00	23.00	4.90	1.90	40

### Estratigrafía correspondiente al km 30+609.50 al km 30+822.22

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 30+609.50 al km 30+822.22 se definieron 5 estratos hasta una profundidad de 39.95m, de espesores variables que van desde 3.00 a 10.45m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 13 y 35%, cohesiones que van de 2 a 5 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 35° y 40°, número de golpes variables que van desde 39 a 138 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.65 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.9 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.9 Estratigrafía km 30+609.50 al km 30+822.22.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 30+609.50 AL km AL 30+822.22				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (m (ton/2)	φ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	3.00	3.00	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA DURA	82	27.00	53.00	5.00	1.80	35
2	3.00	10.30	7.30	ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS DE COMPACTAD MUY DENSA	78	13.00	24.00	2.00	1.85	39
3	10.00	19.30	9.30	ARENA ARCILLOSA CON ARENA PUNÉTICA DE COMPACTAD MEDIA	39	35.00	22.00	3.50	1.88	34
4	19.30	29.30	10.00	ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS DE COMPACTAD MUY DENSA	79	25.00	30.00	4.50	1.85	39
5	29.30	39.95	10.45	ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS DE COMPACTAD MUY DENSA	138	17.00	23.00	4.90	1.90	40



TÍTULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**  
 JEL

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 25 de 47

### Estratigrafía correspondiente al km 30+822.22 al km 31+089.23

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 30+822.22 al km 31+089.23 se definieron 8 estratos hasta una profundidad de 50.50m, de espesores variables que van desde 0.60 a 13.80m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 15 y 38%, cohesiones que van de 1.5 a 6.0 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 10° y 40°, número de golpes variables que van desde 19 a 142 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.50 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.10 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.10 Estratigrafía km 30+822.22 al km 31+089.23.

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUELOS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD w%	FINES P%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (ton/m <sup>3</sup> )	φ grados
1	0.00	0.60	0.60	RELLENO COMPUESTO POR UNA ARENA CON ARCILLA, GRAVAS Y PEDAZOS DE LADRILLO ROJO RECORTADO	38	36.00	-	1.50	1.50	20
2	0.60	4.20	3.60	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFE CLARO, DE COMPACTIDAD MUY DENSA	129	32.00	30.00	4.00	1.75	40
3	4.20	18.00	13.80	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFE CLARO, DE COMPACTIDAD MUY SUelta A MEDIA, CON INTERCALACIONES DE ARENA PUMTICA	19	27.00	37.00	3.00	1.80	36
4	18.00	19.80	1.80	ARCILLA COLOR CAFE CLARO DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA DURA	116	31.00	87.00	6.00	1.80	10
5	19.80	21.60	1.80	ARCILLA COLOR CAFE CLARO DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA MEDIA	21	29.00	87.00	4.50	1.70	10
6	21.60	35.40	13.80	ARENA CON ARCILLA COLOR CAFE CLARO CON GRAVAS DE COMPACTIDAD MUY DENSA	117	16.70	29.00	3.00	1.80	35
7	35.40	42.60	7.20	ARENA CON ARCILLA COLOR CAFE CLARO CON GRAVAS DE COMPACTIDAD MUY DENSA	125	21.00	27.00	4.00	1.80	40
8	42.60	50.50	7.90	ARENA CON ARCILLA COLOR CAFE CLARO CON GRAVAS DE COMPACTIDAD MUY DENSA	142	15.70	26.00	5.00	1.90	40

### Estratigrafía correspondiente al km 31+089.23 al km 31+326.55

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 31+089.23 al km 31+326.55 se definieron 7 estratos hasta una profundidad de 50.40m, de espesores variables que van desde 1.80 a 24.50m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 20 y 36%, cohesiones que van de 1.5 a 6.0 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 20° y 40°, número de golpes variables que van desde 19 a 126 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.50 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.11 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 26 de 47

Tabla 6.11 Estratigrafía km 31+089.23 al km 31+326.55.

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P <sub>s</sub>	Cohesión C (tonf)	Peso Vol γ (tonf/m <sup>3</sup> )	φ grados
1	0.00	1.90	1.90	RELLENO CONFORMADO POR ARENA, CON GRAVAS Y PEDACERÍA DE TABIQUE DE COMPACTAD SUelta	12	20.00	-	1.50	1.50	20
2	1.90	9.10	7.20	ARCILLA ARENOSA COLOR CAFE CLARO, DE CONSISTENCIA DURA Y BAJA PLASTICIDAD	116	29.73	54.00	3.00	1.55	30
3	9.10	14.50	5.40	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFE CLARO DE CONSISTENCIA MUY FIRME Y BAJA PLASTICIDAD	85	21.22	45.00	3.00	1.50	37
4	14.50	19.90	5.40	ARCILLA ARENOSA COLOR CAFE CLARO DE CONSISTENCIA MUY FIRME Y BAJA PLASTICIDAD	30	36.00	55.00	4.00	1.70	38
5	19.90	26.10	6.20	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFE CLARO DE COMPACTAD MUY DENSA	126	20.60	30.00	3.50	1.50	40
6	26.10	25.90	1.80	ARCILLA ARENOSA COLOR CAFE CLARO, DE CONSISTENCIA MUY FIRME Y BAJA PLASTICIDAD	25	24.00	52.00	4.00	1.66	38
7	25.90	30.40	24.50	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFE CLARO DE COMPACTAD MUY DENSA	102	21.30	30.00	5.00	1.50	40

**Estratigrafía correspondiente al km 31+326.55 al km 31+481.70**

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 31+326.55 al km 31+481.70 se definieron 7 estratos hasta una profundidad de 44.80m, de espesores variables que van desde 1.80 a 16.80m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 16.6 y 31.0%, cohesiones que van de 3 a 5 ton/m<sup>2</sup>, angulos de fricción (φ) que se encuentran entre 35° y 40°, número de golpes variables que van desde 27 a 152 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.70 ton/m<sup>3</sup> y 1.80 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.12 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.12 Estratigrafía km 31+326.55 al km 31+481.70.

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P <sub>s</sub>	Cohesión C (tonf)	Peso Vol γ (tonf/m <sup>3</sup> )	φ grados
1	0.20	8.00	7.80	ARENA CON ARCILLA COLOR CAFE CLARO, DE COMPACTAD MUY DENSA	133.50	27.50	41.00	4.00	1.50	38
2	8.00	9.80	1.80	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFE	27.30	26.00	40.00	3.00	1.70	38
3	9.80	22.40	12.60	ARENA CON ARCILLA CAFE CLARO, DE COMPACTAD VARIABLE DE SUelta A MUY DENSA, CON INTERCALACIONES DE ARENA PERMETICA COLOR GRIS	54.00	31.30	53.00	3.00	1.70	37
4	22.40	28.00	5.60	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFE CLARO CON GRAVAS AISLADAS	74.00	27.67	45.00	3.00	1.70	38
5	28.00	44.80	16.80	ARENA CON ARCILLA COLOR CAFE CLARO CON GRAVAS AISLADAS DE COMPACTAD MEDIA A MUY DENSA	152.31	16.50	32.00	5.00	1.80	40

**Estratigrafía correspondiente al km 31+481.70 al km 31+611.21**

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 31+481.70 al km 31+611.21 se definieron 7 estratos hasta una profundidad de 50.55m, de espesores variables que van desde 1.20 a 14.10m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 12.47 y 26.44%, cohesiones que van de 1.5 a 6 ton/m<sup>2</sup>, angulos de fricción (φ) que se encuentran entre 15° y 41°, número de golpes variables que van desde 24 a 150 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 27 de 47

del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre  $1.50 \text{ ton/m}^3$  y  $1.90 \text{ ton/m}^3$ . En la tabla 6.13 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.13 Estratigrafía km 31+481.70 al km 31+611.21.

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD %	FINOS %	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )	$\phi$ grados
1	0.00	1.20	1.20	RELLENO CONFORMADO POR ARENA CON GRAVA Y PEDACERÍA DE TABIQUE ROJO DE COMPACTACIÓN SUelta A MUY DENSA	24.00	11.00	-	1.50	1.90	24
2	1.20	5.90	5.70	ARCILLA CON ARENA COLOR CAFE CLARO, DE CONSISTENCIA DURA Y BAJA PLASTICIDAD	114.00	26.44	79.00	4.00	1.80	33
3	5.90	12.30	6.40	ARCILLA ARENOSA COLOR CAFE CLARO, DE CONSISTENCIA MUY FIRME A DURA DE BAJA PLASTICIDAD, CON 2 LENTES DE ARENA CON GRAVILLAS DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	-	-	-	4.00	1.75	30
4	12.30	26.90	14.60	ARCILLA ARENOSA COLOR CAFE CLARO, DE CONSISTENCIA MUY FIRME A DURA DE BAJA PLASTICIDAD, CON 2 LENTES DE ARENA CON GRAVILLAS DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	38.80	23.33	79.00	3.00	1.70	40
5	28.90	31.20	2.30	ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS	133.00	21.71	32.00	3.00	1.80	41
6	31.80	41.00	9.20	ARENA CON ARCILLA COLOR CAFE CLARO, CON GRAVAS AISLADAS DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	130.00	12.47	20.50	2.50	1.85	41
7	41.00	50.55	9.55	ARENA CON ARCILLA COLOR CAFE CLARO, CON INTERCALACIONES DE ARENA Y GRAVA FUMITICA, DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	180.00	23.99	21.00	3.00	1.90	40

### Estratigrafía correspondiente al km 31+611.21 al km 31+716.21

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 31+611.21 al km 31+716.21 se definieron 10 estratos hasta una profundidad de 50.55m, de espesores variables que van desde 1.20 a 9.60m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 12.43 y 26.39%, cohesiones que van de 1.5 a 6  $\text{ton/m}^2$ , angulos de fricción ( $\phi$ ) que se encuentran entre  $15^\circ$  y  $39^\circ$ , número de golpes variables que van desde 24 a 150 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre  $1.50 \text{ ton/m}^3$  y  $1.90 \text{ ton/m}^3$ . En la tabla 6.14 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.14 Estratigrafía km 31+611.21 al km 31+716.21.

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD %	FINOS %	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )	$\phi$ grados
1	0.00	1.20	1.20	RELLENO HETEROGENEO DE COMPACTACIÓN SUelta	24	17.25	-	1.50	1.80	30
2	1.20	5.90	5.70	ARCILLA CON ARENA FINA DE CONSISTENCIA DURA	144	26.39	79.00	4.00	1.75	15
3	5.90	12.20	6.30	ARCILLA CON ARENA FINA DE CONSISTENCIA MUY FIRME	28	24.33	80.00	3.00	1.70	15
4	12.20	16.72	4.52	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	37	26.42	54.00	4.00	1.75	35
5	16.72	20.30	3.58	ARCILLA CON ARENA FINA DE CONSISTENCIA DURA	42	23.00	79.00	3.00	1.70	25
6	20.30	23.90	3.60	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	34	22.75	63.00	4.00	1.75	30
7	23.90	28.80	4.90	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTACIÓN MEDIA	42	23.40	47.00	4.00	1.75	30
8	28.80	31.40	2.60	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	150	21.93	37.00	4.00	1.80	38
9	31.40	41.00	9.60	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	136	12.43	21.00	2.50	1.90	39
10	41.00	50.55	9.55	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	150	15.72	21.00	2.50	1.90	38



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**  
 JEL

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

HOJA: 28 de 47

### Estratigrafía correspondiente al km 31+716.21 al km 31+816.21

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 31+716.21 al km 31+816.21 se definieron 12 estratos hasta una profundidad de 55.40m, de espesores variables que van desde 1.70 a 12.00m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 13.36 y 47.50%, cohesiones que van de 1.5 a 6 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción ( $\phi$ ) que se encuentran entre 15° y 39°, número de golpes variables que van desde 32 a 150 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.50 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.15 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.15 Estratigrafía km 31+716.21 al km 31+816.21.

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS (%)	Cohesión: C (ton/m <sup>2</sup> )	Peso Vol (ton/m <sup>3</sup> )	$\phi$ grados
1	0.00	3.20	3.20	RELLENO HETEROGENEO DE COMPACTAD MEDIA	48	17.25	-	1.60	1.50	30
2	3.20	8.90	5.70	ARCILLA CON ARENA FINA DE CONSISTENCIA DEBIL	133	38.53	73.08	6.00	1.75	25
3	8.90	11.30	2.40	ARCILLA CON ROCA ARENA DE CONSISTENCIA MUY DENSE	28	24.35	85.00	3.00	1.75	15
4	11.30	12.80	1.50	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD DENSE	79	24.84	45.00	3.00	1.85	35
5	12.80	15.30	2.50	ARENA PURITICA CON ARCILLA DE COMPACTAD MEDIA	32	47.50	26.00	2.00	1.60	30
6	15.30	19.90	4.60	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTAD MEDIA	32	26.95	47.00	4.00	1.75	35
7	19.90	21.00	1.10	ARCILLA CON ARENA FINA DE CONSISTENCIA DURA	42	23.00	79.00	3.00	1.70	25
8	21.00	27.10	6.10	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	32	25.20	82.00	4.00	1.75	30
9	27.10	30.40	3.30	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTAD MEDIA	48	20.58	38.00	3.00	1.75	25
10	30.40	35.10	4.70	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTAD MUY DENSE	147	18.22	72.00	3.00	1.85	35
11	35.10	47.10	12.00	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSE	137	13.36	29.00	3.00	1.90	35
12	47.10	55.40	8.30	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSE	150	15.72	21.00	2.50	1.60	30

### Estratigrafía correspondiente al km 31+816.21 al km 31+916.21

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 31+816.21 al km 31+916.21 se definieron 10 estratos hasta una profundidad de 55.30m, de espesores variables que van desde 1.20 a 13.90m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 12.76 y 47.60%, cohesiones que van de 0 a 6 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción ( $\phi$ ) que se encuentran entre 30° y 40°, número de golpes variables que van desde 27 a 263 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.50 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.16 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

 	TITULO: <b>INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC - OBSERVATORIO</b>	
	No. Clave: <b>DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01</b>	

Tabla 6.16 Estratigrafía km 31+816.21 al km 31+916.21.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 31+ 816.21 AL km 31+916.21				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FUNDOS P%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (ton/3)	φ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	1.20	1.20	RELLENO HETEROGÉNEO DE COMPACTAD DENSÁ	64	12.74	26.00	1.50	1.50	30
2	1.20	6.60	5.70	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	122	24.67	40.00	4.00	1.75	35
3	6.30	11.10	4.20	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD DENSÁ	79	24.64	30.00	3.00	1.80	35
4	11.10	14.10	3.00	ARENA FINECA CON ARCILLA DE COMPACTAD MEDÁ	33	47.50	26.00	2.00	1.80	33
5	14.10	19.20	5.10	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTAD MEDÁ	27	27.88	40.00	4.00	1.80	36
6	19.20	25.80	6.60	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA MUY FIRME	29	27.84	43.00	4.00	1.75	33
7	25.80	29.30	3.50	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD DENSÁ	53	17.75	26.00	3.00	1.90	36
8	29.30	38.90	9.60	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSÁ	144	18.50	26.00	3.50	1.90	38
9	38.90	45.40	6.50	ARENA CON GRAVAS DE COMPACTAD MUY DENSÁ	263	13.88	4.00	0.00	1.90	40
10	41.40	55.30	13.90	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSÁ	138	14.28	20.00	3.00	1.90	39

**Estratigrafía correspondiente al km 31+916.21 al km 32+016.21**

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 31+916.21 al km 32+016.21 se definieron 12 estratos hasta una profundidad de 55.80m, de espesores variables que van desde 1.50 a 14.70m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 12.75 y 39.72%, cohesiones que van de 0 a 6 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 30° y 40°, número de golpes variables que van desde 27 a 263 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.50 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.17 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.17 Estratigrafía km 31+916.21 al km 32+016.21.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 31+ 916.21 AL km 32+016.21				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FUNDOS P%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (ton/3)	φ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	2.30	2.30	RELLENO HETEROGÉNEO DE COMPACTAD DENSÁ	64	12.75	-	1.50	1.50	30
2	2.30	3.80	1.50	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	81	24.31	52.00	5.00	1.75	35
3	3.80	5.90	1.50	ARENA FINA CON LIMO Y GRAVAS DE COMPACTAD MUY D	120	15.45	23.00	2.00	1.80	40
4	5.40	6.70	1.10	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	122	26.07	40.00	6.00	1.75	30
5	6.70	12.70	6.00	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD DENSÁ	79	24.64	30.00	3.00	1.80	35
6	12.70	18.20	5.50	ARENA FINA FINECA DE COMPACTAD DENSÁ	71	38.72	13.00	1.00	1.85	35
7	18.20	19.90	1.70	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTAD MEDÁ	27	27.88	40.00	4.00	1.80	36
8	19.90	24.70	4.80	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA MUY FIRME	29	27.84	43.00	4.00	1.75	30
9	24.70	28.20	3.50	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTAD MEDÁ	48	22.46	40.00	3.00	1.75	35
10	28.20	37.30	9.10	ARENA FINA ARCILLOSA DE COMPACTAD MUY DENSÁ	196	18.00	32.00	3.00	1.90	38
11	37.30	38.10	0.80	ARENA CON GRAVAS DE COMPACTAD MUY DENSÁ	263	13.88	4.00	0.00	1.90	40
12	38.10	53.80	14.70	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSÁ	138	15.03	21.00	3.00	1.90	39



TÍTULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

HOJA: 30 de 47

### Estratigrafía correspondiente al km 32+016.21 al km 32+116.21

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 32+016.21 al km 32+116.21 se definieron 9 estratos hasta una profundidad de 55.10m, de espesores variables que van desde 2.40 a 16.90m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 15.45 y 33.00%, cohesiones que van de 0 a 6 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 30° y 40°, número de golpes variables que van desde 43 a 134 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.65 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.18 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.18 Estratigrafía km 32+016.21 al km 32+116.21.

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	PROPIEDADES DE ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (ton/m <sup>2</sup> )	Peso Vol (ton/m <sup>3</sup> )	φ grado
1	0.00	5.40	5.40	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	90	29.21	52.00	5.00	1.75	35
2	5.40	12.00	6.60	ARENA FINA CON LIMO Y GRAVAS DE COMPACTACIÓN MUY D	120	15.45	23.00	2.50	1.80	40
3	12.00	15.00	3.00	ARENA FINA ARCILLOSA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	125	27.00	48.00	5.00	1.75	35
4	15.00	19.80	4.80	ARENA FINA PUMTICA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	108	31.04	-	0.00	1.65	35
5	19.80	21.80	2.00	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	106	33.00	63.00	6.00	1.70	30
6	24.80	24.20	3.80	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	43	27.17	55.00	4.00	1.70	30
7	28.20	38.80	7.80	ARENA FINA ARCILLOSA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	128	18.90	37.00	3.00	1.90	38
8	36.80	38.20	2.40	ARCILLA CON ARENA FINA DE CONSISTENCIA DURA	18	14.26	80.00	0.00	1.70	30
9	38.20	55.10	16.90	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	134	15.77	33.00	0.00	1.90	39

### Estratigrafía correspondiente al km 32+116.21 al km 32+173.32

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 32+116.21 al km 32+173.32 se definieron 9 estratos hasta una profundidad de 55.10m, de espesores variables que van desde 2.40 a 16.90m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 15.45 y 33.00%, cohesiones que van de 0 a 6 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 30° y 40°, número de golpes variables que van desde 39 a 130 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.65 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.19 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 31 de 47

**Tabla 6.19 Estratigrafía km 32+116.21 al km 32+173.32.**

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUELOS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (ton/m <sup>2</sup> )	Peso Vol (ton/m <sup>3</sup> )	φ grado
1	0.00	3.88	3.88	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	90	29.31	52.00	3.00	1.75	35
2	3.88	10.30	6.42	ARENA FINA CON LIMO Y GRAVAS DE COMPACTAD MUY D	100	19.45	23.00	2.60	1.80	40
3	10.30	13.86	3.56	ARENA FINA ARCILLOSA DE COMPACTAD MUY DENSA	125	27.90	48.00	3.00	1.75	35
4	13.86	18.12	4.26	ARENA FINA PULVEREA DE COMPACTAD MUY DENSA	108	31.94	-	2.98	1.88	38
5	18.12	22.84	4.72	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	108	33.00	63.00	4.00	1.70	35
6	22.84	28.00	5.16	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	38	27.12	50.00	4.00	1.70	35
7	28.00	33.30	5.30	ARENA FINA ARCILLOSA DE COMPACTAD MUY DENSA	108	17.70	33.00	3.00	1.85	38
8	33.30	38.40	5.10	ARCILLA CON ARENA FINA DE CONSISTENCIA DURA	78	18.23	89.00	3.00	1.70	30
9	38.40	53.70	15.30	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSA	100	30.28	21.00	3.00	1.90	38

**Estratigrafía correspondiente al km 32+173.22 al km 32+292.03**

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 32+173.22 al km 32+292.03 se definieron 5 estratos hasta una profundidad de 45.00m, de espesores variables que van desde 2.00 a 31.60m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 19.21 y 49.50%, cohesiones que van de 1.5 a 4 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 0° y 38°, número de golpes variables que van desde 22 a 107 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.60 ton/m<sup>3</sup> y 1.80 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.20 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

**Tabla 6.20 Estratigrafía km 32+173.22. al km 32+292.036.**

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUELOS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (ton/m <sup>2</sup> )	Peso Vol (ton/m <sup>3</sup> )	φ grado
1	0.00	2.00	2.00	RELLENO ARCILLA CON ARENA DE CONSISTENCIA DURA	48	25.17	88.00	3.00	1.70	30
2	2.00	8.80	6.80	RELLENO HETEROGÉNEO DE COMPACTAD MEDIA	22	32.81	31.00	1.50	1.60	28
3	8.80	11.80	3.00	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTAD MEDIA	28	48.90	42.00	3.00	1.60	30
4	11.80	15.40	3.60	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	38	30.50	-	4.00	1.70	30
5	15.40	45.00	29.60	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSA	107	19.21	31.00	3.00	1.80	38

**Estratigrafía correspondiente al km 32+292.03 al km 32+400.78**

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 32+292.03 al km 32+400.78 se definieron 5 estratos hasta una profundidad de 45.50m, de espesores variables que van desde 4.20 a 17.90m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 17.93 y 37.93%, cohesiones que van de 1.5 a 4 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 0° y 38°, número de golpes variables que van desde 11 a 141 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.60 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla



TITULO: **INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC - OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

HOJA: 32 de 47

6.21 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.21 Estratigrafía km 32+292.03 al km 32+400.78

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 32+292.03 AL km 32+400.78				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (t/m <sup>2</sup> )	Peso Vol γ <sub>m</sub> (t/m <sup>3</sup> )	φ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	11.00	11.00	RELLENO HETEROGÉNEO DE CONSISTENCIA MUY FIRME	24	21.25	59.00	1.50	1.80	28
2	11.00	16.20	4.20	ARCILLA CON ESCASA ARENA DE CONSISTENCIA FIRME	19	37.90	82.00	4.00	1.60	0
3	16.20	19.80	4.90	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA FIRME	11	37.81	98.00	3.00	1.80	25
4	19.80	27.60	7.80	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	39	29.82	98.00	4.00	1.70	30
5	27.60	45.30	17.90	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTIDAD MUY DENSA	141	17.93	33.00	3.00	1.90	38

### Estratigrafía correspondiente al km 32+400.78 al km 32+583.49

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 32+400.78 al km 32+583.49 se definieron 6 estratos hasta una profundidad de 45.40m, de espesores variables que van desde 3.00 a 25.20m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 13.4 y 45.6%, cohesiones que van de 1.5 a 4 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 0° y 38°, número de golpes variables que van desde 11 a 104 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.60 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.22 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.22 Estratigrafía km 32+400.78 al km 32+583.49.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 32+400.78 AL km 32+583.49				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (t/m <sup>2</sup> )	Peso Vol γ <sub>m</sub> (t/m <sup>3</sup> )	φ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	4.88	4.88	RELLENO ARENA CON ARCILLA DE COMPACTIDAD MEDIA	15	18.97	33.00	2.90	1.70	30
2	4.88	8.20	3.70	RELLENO HETEROGÉNEO DE COMPACTIDAD SUelta	11	27.73	25.00	1.90	1.80	30
3	8.20	12.33	4.88	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA MUY FIRME	18	34.00	-	3.00	1.80	26
4	12.00	16.30	3.00	ARCILLA DE CONSISTENCIA FIRME	15	45.00	87.00	4.00	1.80	25
5	16.00	20.20	4.20	ARENA CON POCA ARCILLA DE COMPACTIDAD MEDIA	40	13.43	18.00	2.00	1.80	33
6	20.20	45.40	25.20	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTIDAD MUY DENSA	104	19.88	29.00	3.00	1.80	38

### Estratigrafía correspondiente al km 32+583.49 al km 32+902.95

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 32+583.49 al km 32+902.95 se definieron 8 estratos hasta una profundidad de 60.05m, de espesores variables que van desde 1.40 a 24.60m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 7.00 y 29.88%, cohesiones que van de 0 a 7 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 30° y 40°, número de golpes variables que van desde 32 a 300 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.70 ton/m<sup>3</sup> y 2.00 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.23 se



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA. 33 de 47

presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

**Tabla 6.23 Estratigrafía km 32+583.49 al km 32+902.95.**

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (kg/2)	Peso Vol (m (ton/3))	φ grado
1	0.00	1.40	1.40	LIMO ARENOSO DE CONSISTENCIA DURA	32	25.00	65.00	4.00	1.70	35
2	1.40	8.00	6.60	LIMO ARENOSO DE CONSISTENCIA DURA	113	29.99	56.00	8.00	1.70	35
3	8.00	14.00	6.00	ARENA FINA A MEDIA CON LIMO DE COMPACTAD MUY DENSA	198	16.64	29.00	3.00	1.86	35
4	14.00	20.20	24.90	ARENA FINA CON LIMO DE COMPACTAD MUY DENSA	125	15.00	27.00	3.00	1.85	39
5	20.20	42.60	3.40	ARENA FINA PUMITICA CON GRANILLAS DE COMPACTAD MUY DENSA	190	17.03	-	0.00	1.75	39
6	42.60	44.00	1.40	BOLEOS EMPACADOS EN ARENA FINA DE COMPACTAD MUY DENSA	300	7.00	-	0.00	2.00	40
7	44.00	55.80	11.80	ARENA FINA CON LIMO DE COMPACTAD MUY DENSA	131	19.47	24.00	2.50	1.80	36
8	55.80	65.09	4.45	ARCILLA CON ARENA FINA DE CONSISTENCIA DURA	191	29.88	74.00	7.00	1.70	35

### Estratigrafía correspondiente al km 32+902.954 al km 33+101.056

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 32+902.954 al km 33+101.056 se definieron 8 estratos hasta una profundidad de 60.65m, de espesores variables que van desde 1.80 a 21.00m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 13.54 y 27.33%, cohesiones que van de 1 a 5 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 30° y 39°, número de golpes variables que van desde 32 a 241 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.70 ton/m<sup>3</sup> y 1.90 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.24 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

**Tabla 6.24 Estratigrafía km 32+902.954 al km 33+101.056.**

ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	DE	A	ESPESOR		GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (kg/2)	Peso Vol (m (ton/3))	φ grado
1	0.00	0.00	0.00	AVANCE DE PERFORACIÓN	-	-	-	-	-	-
2	0.00	6.80	6.80	ARENA FINA ARCILLOSA DE COMPACTAD MEDIA	44	27.33	39.00	3.00	1.70	35
3	6.80	14.80	7.80	ARENA FINA CON GRAYAS Y ESCASA ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSA	104	13.54	9.00	1.00	1.90	39
4	14.80	17.00	2.40	ARENA FINA ARCILLOSA DE COMPACTAD MEDIA	32	21.75	45.00	3.00	1.75	39
5	17.00	20.90	3.60	ARENA FINA CON ESCASA ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSA	125	16.02	19.00	1.00	1.80	38
6	20.90	41.00	21.00	ARENA FINA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSA	180	18.44	26.00	3.00	1.80	38
7	41.00	50.00	9.40	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	241	24.41	52.00	6.00	1.70	39
8	50.00	60.65	10.65	ARENA FINA ARCILLOSA DE COMPACTAD MUY DENSA	111	22.42	47.00	4.00	1.75	38

### Estratigrafía correspondiente al km 33+101.056 al km 33+486.00

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 33+101.056 al km 33+486.00 se definieron 8 estratos hasta una profundidad de 60.35m, de espesores variables que van desde 1.50 a 40.35m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 12.0 y 39.0%, cohesiones que van de 2 a 3 ton/m<sup>2</sup>, ángulos



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 34 de 47

de fricción ( $\phi$ ) que se encuentran entre  $30^\circ$  y  $38^\circ$ , número de golpes variables que van desde 26 a 133 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre  $1.50 \text{ ton/m}^3$  y  $1.80 \text{ ton/m}^3$ . En la tabla 6.25 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.25 Estratigrafía km 33+101.056 al km 33+486.00.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 33+101.056 km 33+486.00				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (ton/m <sup>3</sup> )	$\phi$ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	1.50	1.50	RELLENO CONFORMADO POR ARENA Y ARCILLA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	48	16.00	28.00	2.00	1.80	30
2	1.50	7.50	6.00	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTACIÓN MEDIA	60	12.00	12.33	3.50	1.75	26
3	7.50	12.20	4.70	ARENA PURÍFICA CON ARCILLA DE COMPACTACIÓN MEDIA	28	30.00	36.00	2.00	1.70	34
4	12.20	14.00	1.80	ARENA CON ARCILLA DE COMPACTACIÓN MEDIA	37	24.67	35.00	2.00	1.70	35
5	14.00	16.00	2.00	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD Y CONSISTENCIA DURA	71	23.00	51.00	1.00	1.75	34
6	16.00	18.50	2.50	ARENA ARCILLOSA DE COMPACTACIÓN MEDIA	37	23.50	43.00	2.00	1.72	36
7	18.50	23.00	4.50	LIMO ARENOSO DE CONSISTENCIA DURA	45	21.67	52.00	2.00	1.70	34
8	20.00	40.30	20.30	ARENA CON ARCILLA Y GRAVAS DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	133	19.83	26.77	2.50	1.60	33

## ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE A LA ZONA DE DEPÓSITOS.

### Estratigrafía correspondiente al km 32+586.81 al km 32+763.39

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 32+586.81 al km 32+763.39 se definieron 6 estratos hasta una profundidad de 40.10m, de espesores variables que van desde 1.50 a 9.90m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 15.29 y 31.43%, cohesiones que van de 1.5 a 7 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción ( $\phi$ ) que se encuentran entre  $20^\circ$  y  $38^\circ$ , número de golpes variables que van desde 38 a 106 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre  $1.50 \text{ ton/m}^3$  y  $1.80 \text{ ton/m}^3$ . En la tabla 6.26 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.26 Estratigrafía km 32+586.81 al km 32+763.39.

ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 32+586.81 AL km 32+763.39				PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS			
ESTRATO	PROFUNDIDAD			CLASIFICACIÓN SUCS	GOLPES N	HUMEDAD w%	FINOS P%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (ton/m <sup>3</sup> )	$\phi$ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	2.40	2.40	RELLENO HETEROGÉNEO DE COMPACTACIÓN MEDIA	47	19.89	-	1.50	1.50	30
2	2.40	4.20	1.80	ARCILLA CON ARENA FINA DE CONSISTENCIA DURA	38	30.33	72.00	5.00	1.70	30
3	4.20	13.10	8.90	ARCILLA CON POCAS ARENAS FINAS DE CONSISTENCIA DURA	90	21.30	82.00	7.00	1.75	20
4	13.10	21.50	8.40	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	108	21.43	83.00	5.00	1.70	30
5	21.50	31.40	9.90	ARENA FINA A MEDIA CON ARCILLA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	100	15.20	21.98	2.00	1.80	38
6	31.40	40.10	8.70	ARENA FINA A MEDIA ARCILLOSA DE COMPACTACIÓN MUY DENSA	108	16.97	32.00	3.00	1.80	38



TÍTULO  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

HOJA: 35 de 47

### Estratigrafía correspondiente al km 32+763.39 al km 33+000.00

Para el tramo correspondiente a los cadenamientos km 32+763.39 al km 33+000.00 se definieron 6 estratos hasta una profundidad de 40.10m, de espesores variables que van desde 1.50 a 9.90m, se encontró suelos de tipo cohesivo friccionantes, con porcentajes de contenido de agua (w%) que oscilan entre el 15.29 y 31.43%, cohesiones que van de 1.5 a 7 ton/m<sup>2</sup>, ángulos de fricción (φ) que se encuentran entre 20° y 38°, número de golpes variables que van desde 38 a 106 (considerando una proyección lineal entre los golpes y la longitud del hincado del tubo) y pesos volumetricos que se encuentran entre 1.50 ton/m<sup>3</sup> y 1.80 ton/m<sup>3</sup>. En la tabla 6.27 se presenta la estratigrafía y las propiedades de índice y de diseño correspondientes al tramo referido.

Tabla 6.27 Estratigrafía km 32+763.39 al km 33+000.00.

ESTRATO	ESTRATIGRAFÍA CORRESPONDIENTE DEL km 32+763.39 AL km 33+000.00			CLASIFICACIÓN SUCS	PROPIEDADES ÍNDICE			PROPIEDADES MECÁNICAS		
	PROFUNDIDAD				GOLPES N	HUMEDAD w%	EVOLP%	Cohesión C (ton/2)	Peso Vol (ton/m <sup>3</sup> )	φ grados
	DE	A	ESPESOR							
1	0.00	3.70	3.70	ARENA FINA MEDIA CON ARCILLA DE COMPACTAD MEDIA	22	17.08	25	1.50	1.60	30
2	3.70	6.70	2.40	ARENA FINA A MEDIA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSA	113	23.88	25.00	1.60	1.75	38
3	6.70	8.30	1.60	ARCILLA ARENOSA DE CONSISTENCIA DURA	85	21.30	85.00	1.00	1.75	30
4	8.90	16.80	7.90	ARENA FINA A MEDIA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSA	97	15.51	25.00	2.80	1.75	38
5	16.80	24.80	8.00	ARENA FINA A MEDIA CON ARCILLA DE COMPACTAD MUY DENSA	109	18.04	23.00	2.90	1.80	38
6	24.80	34.70	9.90	ARENA FINA A MEDIA ARCILLOSA DE COMPACTAD MUY DENSA	100	14.01	25.00	2.50	1.80	38



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

**IPISA**  
 JEP

HOJA: 36 de 47

## 7.- HUNDIMIENTO REGIONAL Y NIVEL FREÁTICO

### HUNDIMIENTO REGIONAL

El fenómeno del hundimiento regional de la Ciudad de México se ha observado en zonas que corresponden a suelos de tipo lacustre y depende de los espesores de arcilla compresibles expuestos a los abatimientos de presiones de poro provocados por el bombeo de agua los cuales provocan dicho fenómeno. El trazo de la Ampliación de la Línea 12 del Metro se encuentra ubicada en la zona de lomas o zona I de acuerdo a la zonificación geotécnica del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, los suelos de esta zona están constituido por rocas o suelos generalmente firmes y por sus características geológicas son materiales que fueron depositados fuera del ambiente lacustre. A la fecha no se tienen registros de que se presente el fenómeno del hundimiento regional en la zona donde se ubica el proyecto en estudio, de acuerdo a las curvas del hundimiento registradas en el periodo de 1983 a 1998 que se consultaron en el Plano del "Hundimiento Medio Anual" emitido por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal.

### NIVEL FREÁTICO

Los mantos acuíferos en el área correspondiente al Distrito Federal presentan elevaciones del nivel estático que van de 2,230 msnm en la zona sur – poniente y disminuyen hacia el oriente y nor-oriente. En general, al pie de las sierras del poniente y sur se encuentran las aquípontenciales entre 2,230 y 2180 msnm, presentando una zona de alimentación por flujo subterráneo dentro del acuífero de la ciudad de México. A continuación se presenta un mapa del nivel estático del Acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Fig. 7.1), indicando las isolíneas en (msnm).

La zona de donde se constuirá la Ampliación de la Línea 12 con solución subterránea a base de túneles y edificaciones subterráneas construidas a cielo abierto se ubica entre 15.0 m y 47.50 m de profundidad respecto al nivel del terreno natural y que corresponden a elevaciones de 2,242 msnm y 2,280 msnm, lo que representa una diferencia de 80 m sobre la cota de la isolínea del nivel estático del acuífero del Valle de México en el sitio.

Por lo que refiere a los acuíferos en esta zona, su posición se ubica entre los 2,190 y 2,200 m.s.n.m. con profundidades comprendidas entre los 100 y 150 m respecto al terreno natural y separaciones del orden de 40 m como mínimo respecto al nivel de plantilla de la ampliación de la línea 12 la cual se ubica entre los 2,242 y 2,280 m.s.n.m. Los 27 sondeos mixtos realizados para la Ampliación con niveles explorados hasta la cota 2,235 m.s.n.m. no identificaron niveles freáticos.



TITULO  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 37 de 47

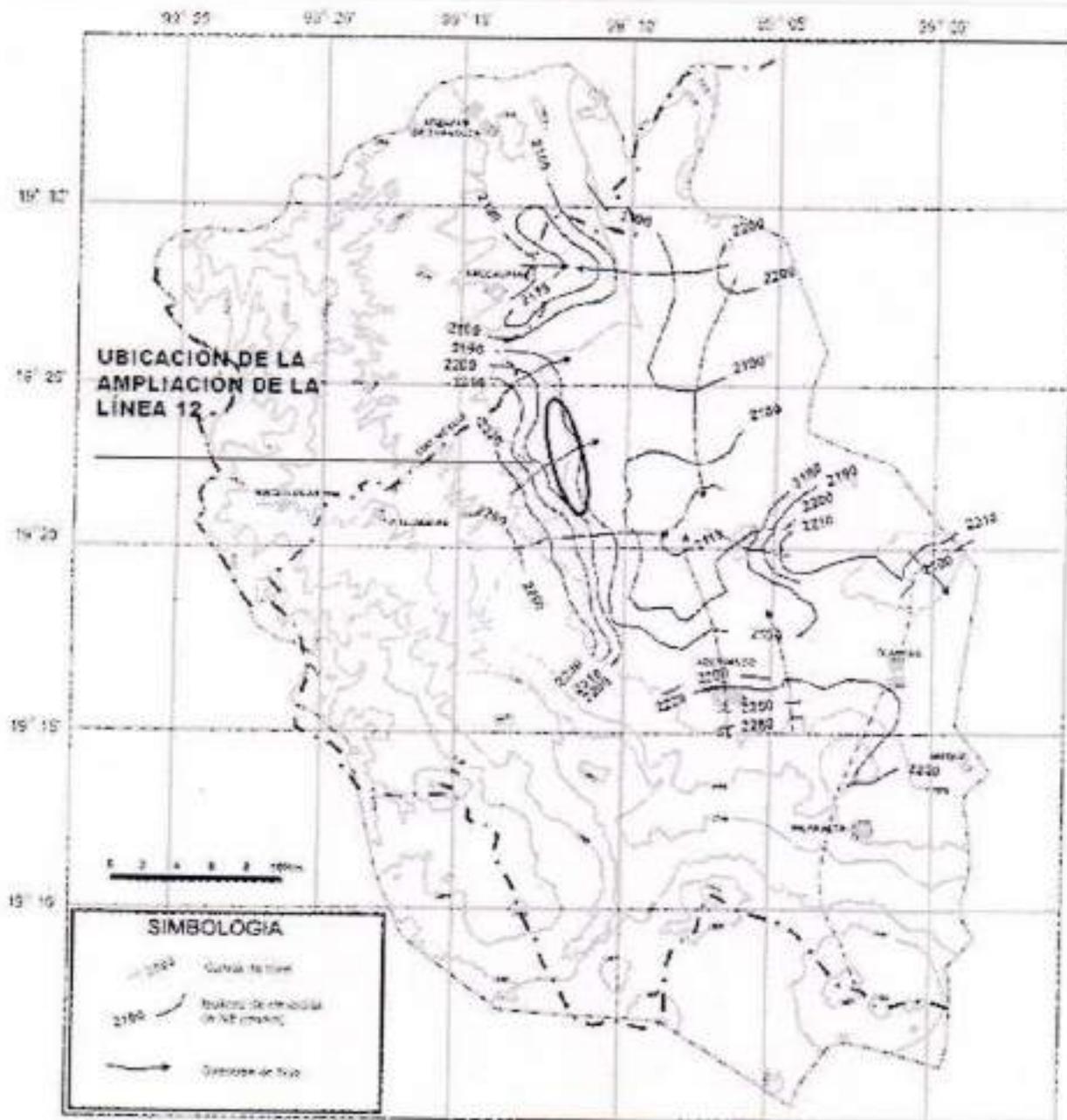


Fig. 7.1 MAPA DE NIVEL ESTÁTICO DEL ACUÍFERO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

A partir de los documentos técnicos revisados y la exploración in situ realizado no muestran evidencia de presencia de niveles freáticos o mantos colgados por lo que se puede concluir que el nivel de aguas freáticas está ausente en el perfil de la Ampliación de la Línea 12.



TÍTULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
 AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
 OBSERVATORIO**

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 38 de 47

De acuerdo a la campaña de la exploración geotécnica y en especial con los 27 sondeos mixtos que forman parte dicha campaña se tiene que en ninguno de los 27 sondeos mixtos se encontró la presencia del nivel de aguas freáticas por lo que se concluye que el nivel de aguas freáticas en el trazo de la Ampliación de la Línea 12 es nulo.

*[Handwritten marks: a blue checkmark, an arrow pointing to the right, a circled 'X', and a signature]*



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

**IPISA**

*[Handwritten signature]*

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

HOJA: 39 de 47

## 8.- CONCLUSIONES

Dentro de los trabajos de exploración de campo ejecutados, se emplearon métodos de exploración directa y pruebas in situ, la exploración directa se realizó mediante sondeos mixtos combinando la técnica de la penetración estandar con recuperación de muestras inalteradas en profundidades de interés utilizando un barril para muestreo de acuerdo a las características del suelo. En total se ejecutaron 27 sondeos mixtos de profundidades variables. Las pruebas in situ se ejecutaron mediante sondas dilatables tipo "menard" para obtener parámetros presiométricos, ensayos con ficómetro para medir los parámetros de resistencia al corte, tendidas eléctricas mediante sondeos verticales en arreglo tipo Schulmberger para inferir tanto la resistividad como la conductividad eléctrica del suelo y estudiar la homogeneidad de los estratos del subsuelo y por último ejecución de sondeos de verificación.

A partir de los sondeos mixtos realizados y las columnas de suelo recuperado, tanto inalterado como alterado, se realizó la inspección visual y al tacto, las pruebas de laboratorio índice y las pruebas mecánicas para definir los perfiles estratigráficos del sitio estudiado. Las pruebas índice programadas fueron: clasificación SUCS, determinación de contenidos de agua, granulometrías y determinación de finos por lavado, límites de consistencia para materiales que pasan el tamiz de la malla No. 200 y determinación de densidad de sólidos. Las pruebas mecánicas consistieron en pruebas triaxiales no consolidadas no drenadas (UU) y pruebas de compresión simple. Con base en los resultados obtenidos de estos trabajos se definieron los perfiles estratigráficos del sitio estudiado.

Como resultado de los trabajos de campo y de laboratorio se definió el perfil estratigráfico de los suelos a lo largo del proyecto ampliación de línea 12 (planos DGOP-14-EG-612000-III-1001-P-01, DGOP-14-EG-612000-III-1002-P-01, DGOP-14-EG-612000-III-1003-P-01 y DGOP-14-EG-612000-III-1004-P-01), encontrando suelos de material de relleno, limos arenosos, arenas arcillosas, arenas arcillosas con intercalaciones de arena pumítica, arcillas arenosas, gravas y boleos sin identificar anomalías geotécnicas correspondientes a los suelos propios de la Zonificación III de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

En la zona explorada no se identifican problemas de subsidencia y hasta los 60 m de exploración no se identificó el nivel de aguas freáticas.



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

**IPISA**

HOJA: 40 de 47

# ANEXO I

## PERFILES INDIVIDUALES DE SONDEOS MIXTOS



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

*[Handwritten signature]*  
**IPISA**

HOJA: 41 de 47

## ANEXO II

### INFORME DE PRESIOMETROS



TITULO:

**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

**IPISA**  
*JEA*

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

HOJA: 42 de 47

## ANEXO III

### INFORME DE FICOMETROS



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

**IPISA**  
*SEL*

No. Clave: **DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01**

HOJA: 43 de 47

## ANEXO IV

### INFORME DE TENDIDAS GEOELÉCTRICAS



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

**IPISA**

*J. E. G.*

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 44 de 47

## ANEXO V

### PERFILES DE SONDEOS DE VERIFICACIÓN



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

**IPISA**

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 45 de 47

## ANEXO VI

### PERFILES ESTRATIGRÁFICOS FINALES



TITULO:  
INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

*7*  
**IPISA**  
*SEL*

HOJA: 46 de 47

# ANEXO A

## PRUEBAS DE LABORATORIO



TITULO:  
**INFORME FINAL DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12 TRAMO MIXCOAC -  
OBSERVATORIO**

**IPISA**

*[Handwritten signature]*

No. Clave: DGOP-14-EG-612000-III-1052-D-01

HOJA: 47 de 47