



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

INGENIERIA GEOFISICA

PERAZA CANTABRANA ABRAHAM RAZIEL -418048647-

REPORTE DE PRÁCTICAS PROFESIONALES SACMEX-SESE(ERN)

RESUMEN

De acuerdo con el plan de estudios aprobado (2016). Como parte de las actividades para obtener el título de Ingeniero Geofísico, las prácticas profesionales finales son requisito indispensable para la titulación. En el presente documento se detallan las actividades relacionadas con el desarrollo de las prácticas profesionales, en esta ocasión se desarrollaron en el Servicio de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) como parte de su programa de desarrollo profesional “Prácticas y estadías profesionales” y como apoyo de la empresa SESE, Sistemas Expertos y Salud Estructural con su programa de “Prácticas profesionales”.

Para el presente documento se detallará en dos secciones las actividades realizadas en SACMEX y SESE por separado; como parte de las actividades realizadas en las inmediaciones del servicio de aguas se detallan la supervisión en pruebas de aforo al este de la Ciudad de México, así como la redacción de informes técnicos asociados a los períodos de monitoreo y preparación del pozo “El mirador 2” ubicado en el Cerro de la Estrella. Por otro lado, a manera de resumen, las actividades realizadas en SESE detallan trabajos de prospección eléctrica (TRE), prospección sísmica (Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) y análisis de ondas multi manal (MASW), así como prospección electromagnética (GPR) con fines de geofísica urbana, complementar estudios de Espectro de Diseño Sísmico (EDS) con geofísica aplicada a la geotecnia.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



INDICE

SECCION A: ACTIVIDADES SACMEX

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 2. OBJETIVOS..... | 4 |
| 3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 4 |
| 3.1 Localización geográfica..... | 5 |
| 3.2 Geología del lugar..... | 6 |
| 3.3 Antecedentes hidrogeológicos..... | 8 |
| 4. METODOLOGIA..... | 10 |
| 4.1 Desarrollo de actividades..... | 10 |
| 4.1.1 Pozo el mirador..... | 11 |
| 4.1.2 Supervisión de instalación de TR..... | 12 |
| 4.1.3 Pruebas de aforo..... | 16 |
| 5. RESULTADOS..... | 23 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 26 |

INDICE

SECCION B: ACTIVIDADES SESE

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 26 |
| 2. OBJETIVOS..... | 26 |
| 3. PROSPECCION SISMICA..... | 26 |
| 4. PROSPECCION ELECTRICA..... | 30 |
| 5. PROSPECCION ELECTROMAGNETICA..... | 35 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 44 |



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



SECCION A: ACTIVIDADES SACMEX

Introducción

La hidrogeología como disciplina de la ingeniería tiene un compromiso social indispensable, nada más que el de brindar el vital líquido para las actividades humanas, civiles e industriales. Es por este motivo que los ensayos o pruebas de bombeo (aforo de pozos) son un método confiable para conocer las propiedades representativas de un pozo destinado a producción de agua.

Estas pruebas constan de bombear a potencia constante o variable el contenido del acuífero para cuantificar el caudal, el abatimiento y la recuperación de la formación saturada. Si los niveles de agua bajan poco, será una buena señal, pues el acuífero pierde su nivel de manera lenta y progresiva (altos índices de recuperación, permeabilidad, espesor, coeficiente de almacenamiento, etc.) parámetros que nos indican un buen rendimiento del pozo.

Objetivos

Se pretende obtener parámetros relevantes de la naturaleza del pozo bajo condiciones controladas en superficie, así como conocer propiedades hidráulicas del acuífero para estimar si es apto para su explotación.

Descripción del área de estudio

Localización geográfica

En la **Ilustración 1** se muestra la zona de estudio. Está localizada al oriente de la Ciudad de México, en la delegación de Iztapalapa, concretamente en el cerro de la estrella. En esta zona se encuentra el pozo El mirador 2, zona de propiedad federal que cuenta ya con más de 15 años de su creación.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



■ Mirador 2

-11031900.000

-11031600.000



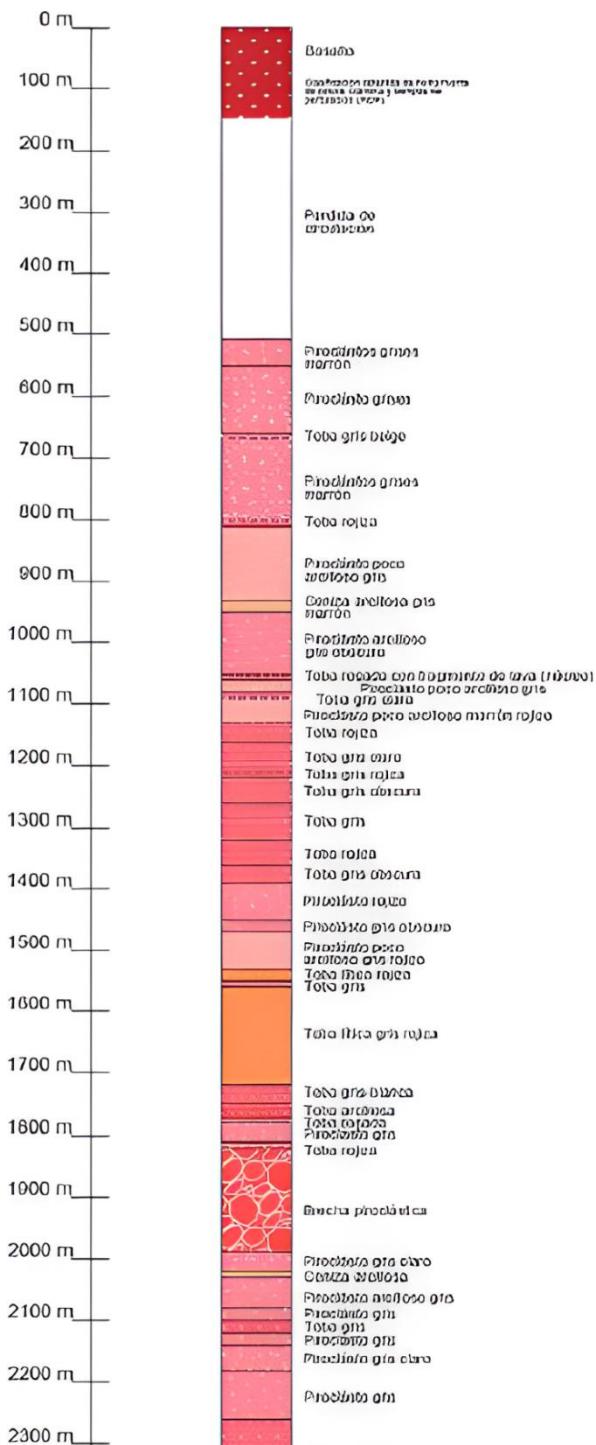
Ilustración 1.- Mapa de Ubicación del pozo El Mirador 2



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



The logo consists of a stylized white 'G' shape on a green background, with the letters 'ERN' written in a bold, sans-serif font below it.



238. Ilustración 2- Columna estratigráfica del Cerro de la Estrella. CONAGUA (2015)

Geología del lugar

La delegación de Iztapalapa se encuentra al sureste de la Cuenca del Valle de México, originada posteriormente a una intensa actividad volcánica en la que aparecieron un conjunto de sierras formando entre si un vaso de almacenamiento natural donde se depositaron rellenos cuaternarios.

La roca ígnea extrusiva cubre el 70% de la superficie centro-sur de Iztapalapa, estos afloramientos corresponden al periodo cuaternario. La parte norte en su mayoría son suelos aluviales y lacustres, representando el 30%.

En la figura 2 (columna estratigráfica) se muestra los espesores de capa de los primeros 2200 m de espesor. Donde destaca en los primeros 120 metros la capa de basalto y destaca una pérdida de circulación desde los 130 hasta los 500 metros de profundidad. De ahí en adelante vienen intercalaciones de piroclastos grises, marrones y rojos.

Antecedentes hidrogeológicos

Al encontrarse al sureste de la Cuenca del Valle de México, tras los episodios volcánicos se formó un vaso de almacenamiento donde se depositaron rellenos cuaternarios, al oriente suelos compactos que forman parte de la sierra Santa Catarina que llega hasta el centro de La Estrella, mientras al poniente predominan los suelos de consistencia muy blanda. Entre el cerro de la estrella y la Sierra Cantarina existe una gran depresión rellena por potentes depósitos de suelos blandos.

Marco Teórico

Acuíferos: estructuras y geometrías

Un acuífero es una capa permeable de suelo y roca que se encuentra debajo de la superficie donde el agua subterránea se acumula y circula. Consiste en



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



la zona de saturación, que es el área por encima de la capa impermeable, donde el agua llena completamente los poros de la roca. El límite superior de esta área, que la separa de la vadosa es el nivel freático y varía según las condiciones: disminuye gradualmente durante las estaciones secas, cuando el acuífero no se recarga, o lo hace a un ritmo acelerado. Aumenta gradualmente durante los tiempos húmedos. La zona vadosa, es la distancia entre el nivel freático y la superficie donde no todos los vacíos están llenos de agua. Cuando se trata de una roca permeable, donde la acumulación de agua se ubica entre dos capas impermeables, que pueden tener o no forma de U, vemos que se trata de un acuífero confinado. En este caso, el agua está bajo una presión superior a la presión atmosférica, y si se excava en la capa superior o exterior del suelo, fluirá como una antorcha, como un pozo artesiano.

Se pueden clasificar los acuíferos de acuerdo con su textura, su comportamiento hidráulico y su comportamiento hidrodinámico:

➤ Por su textura:

Desde un punto de vista físico, también se dividen en dos grandes grupos: porosos y fisurados.

En los acuíferos porosos; el agua subterránea está incrustada en una esponja, dentro de vacíos interconectados, cuya consistencia se ve reforzada por la presencia de "permeabilidad" (transferencia interna de agua), en contraste con el almacenamiento simple. Aunque la arcilla tiene máxima porosidad y conservación, no hay transmisión ni. Como ejemplo de acuíferos porosos tenemos las formaciones de lodo de arena y grava

En los acuíferos de rift; el agua se encuentra en grietas o juntas, incluso interconectadas; Pero a diferencia de los acuíferos porosos, su distribución hace que las corrientes de agua internas se comporten de manera heterogénea en las direcciones preferidas. Los acuíferos kársticos se pueden mencionar como los principales representantes del tipo fisura.

➤ Por su comportamiento hidrodinámico:

Acuífero: Sustancias que depositan y entregan el pozo de agua subterránea (cantidad y velocidad) (por ejemplo, arena porosa, piedra caliza rota).

Acuitardo: La sedimentación es buena, pero el transporte de aguas subterráneas es deficiente (cuantitativo pero lento) (p. ej., aluvial).

Acuícludos: Pueden ser buenos amortiguadores, pero no son transportadores (p. ej.: Arcilla).

Acuífugos: Son nulos de pleno derecho como almacén y como transmisor. (por ejemplo, granito o cuarzo sin fisuras).

➤ Por su comportamiento hidráulico:



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



Acuífero libre: Es un acuífero en contacto directo con la región subsuperficial del suelo. En este acuífero, la presión del agua en la región superior es igual a la presión atmosférica y aumenta con la profundidad al aumentar el espesor de saturación.

Acuífero confinado: Son formaciones en las que el nivel freático se encuentra entre dos capas impermeables y está sometido a presiones diferentes a la presión atmosférica (superior). El agua de lluvia solo se acepta a través de una zona de material permeable, y empacado con plástico donde la zona de alimentación está alejada del punto de medición y puede depender directa o indirectamente de si el agua de lluvia está en contacto directo con los afloramientos o debe pasar la precipitación. las diversas capas del suelo antes de incorporarse a las aguas subterráneas

Acuífero semiconfinado: Se dice que un acuífero es semiconfinado cuando la permeabilidad del suelo que lo cubre es mucho menor que la del acuífero mismo, pero no se vuelve impermeable, es decir, pueden cargas y descargas de este.

Funcionamiento hidrogeológico

La zona del valle se encuentra cubierta por una capa de arcillas lacustres que están saturadas y funcionan como acuífero debido a su reducida permeabilidad. En la porción central del valle, el acuífero se encuentra semiconfinado por las arcillas lacustres, mientras que en la porción oriental y occidental del valle el nivel piezométrico del acuífero se encuentra bajo las arcillas, ocasionando que el acuífero funcione como libre.

La principal recarga al acuífero es la infiltración por lluvia, la cual se genera sobre los flancos de las elevaciones topográficas, en especial en la porción sur, debido a la alta permeabilidad de las rocas que existen en esa zona. Le siguen en importancia como zonas de recarga, la Sierra Nevada al oriente y la Sierra de Las Cruces al poniente, las cuales tiene una permeabilidad media. El agua subterránea circula en forma radial, de las sierras hacia el centro del valle.

El área de estudio corresponde a la porción sur del Valle de México la cual es una cuenca hidrológica cerrada que actualmente es drenada de manera artificial hacia el norte a través del Gran Canal de Desagüe y del Emisor Central. La zona considerada dentro de este trabajo corresponde

principalmente la Ciudad de México y su prolongación al noreste hasta Texcoco y al sureste hasta Chalco. Constituye un sistema acuífero cuyo esquema de flujo ha sido dividido, por facilidad para su explicación y cuantificación, en tres subsistemas denominados: Subsistema Acuífero Valle de México, Subsistema Acuífero Texcoco y Subsistema Acuífero Chalco. Esta subdivisión es de tipo convencional y fue basada en parteaguas subterráneos producidos por el bombeo.

En la Ilustración 3 se muestra la zonificación de los acuíferos de la Ciudad de México.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

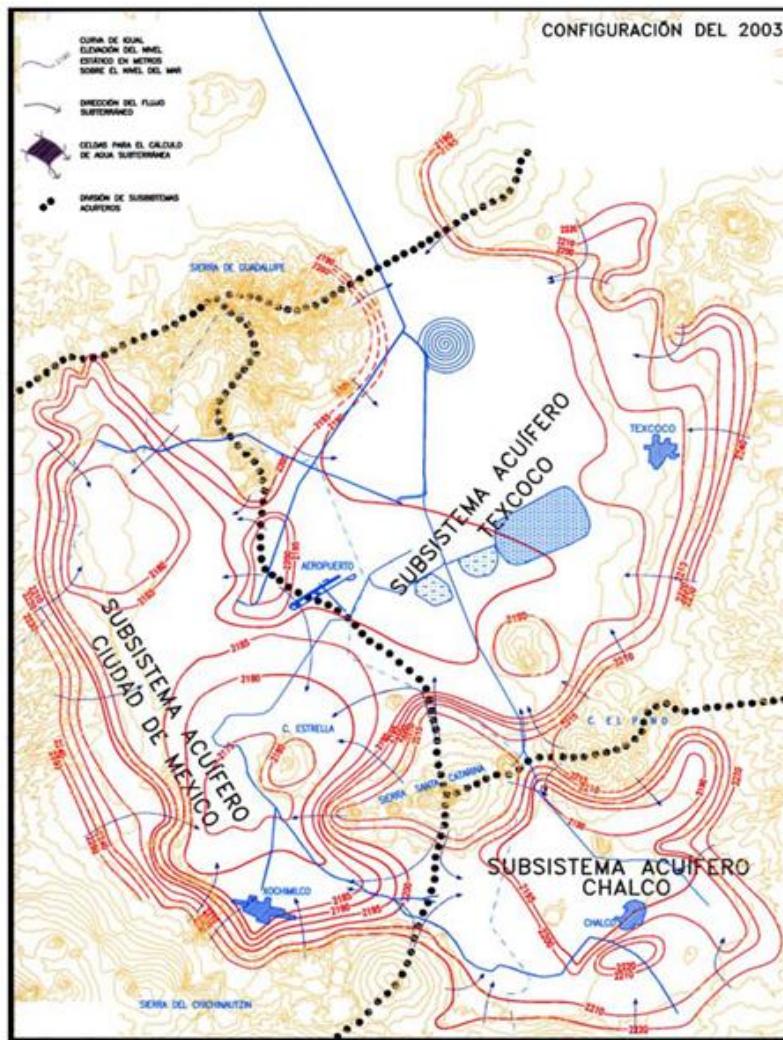


Ilustración 3.-División del sistema acuífero basado en la configuración del nivel estático. (Lesser et al, 2005)

Dentro del valle existe un gran número de pozos que corresponden a la salida de agua del acuífero, en forma de extracción por bombeo, en el que El Mirador 2 forma parte.

Balance hídrico de los subsistemas acuíferos de la CDMX

Las entradas de agua al sistema corresponden al aporte por flujo o entrada subterráneos proveniente de las infiltraciones que se generan en las estribaciones del acuífero. Hacia la parte plana de la zona metropolitana no existe infiltración vertical de agua de lluvia debido, por una parte, a la existencia de la mancha urbana y por otra, a la presencia de arcillas lacustres que corresponden al



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



sedimento de los antiguos lagos de México. Sin embargo, dichas arcillas lacustres forman un acuitardo que se encuentra saturado y presenta un drenado vertical que alimenta al acuífero (I_v = Infiltración vertical). (Lesser et al, 1998)

El flujo subterráneo se calculó utilizando la Ley de Darcy, en donde se establece que el caudal “ Q ” que pasa a través de una sección de terreno es igual a la transmisibilidad “ T ” del material por la longitud “ b ” del área considerada, multiplicada a su vez por el gradiente hidráulico “ i ” ($Q = Tbi$).

La ecuación de balance volumétrico en el suelo indica que las entradas (E_s , I_v) son iguales a las salidas (extracción por bombeo, E_{ext}) menos el cambio de almacenamiento (Δs). Para la Ciudad de México, la entrada por flujo subterráneo fue de 255.31 Mm³/año que equivale a 8.09 m³/seg. La extracción por bombeo fue de 400 Mm³/año o sean 12.68 m³/seg. El cambio de almacenamiento calculado fue de -19.53 Mm³/año que equivale a -0.62 m³/seg. De lo anterior se deduce un drenado vertical de la arcilla que asciende a 125.16 Mm³/año lo cual equivale a 3.97 m³/seg. (Lesser et al, 2005).

Pruebas de bombeo

La prueba de bombeo generalmente se interpreta utilizando un modelo de análisis de flujo de acuífero (la solución básica es la solución de Theiss). Por lo tanto, los datos observados son apropiados para el mundo real, asumiendo que los parámetros del modelo ideal son aplicables al acuífero del mundo real. En casos más complejos, se puede usar un modelo digital para analizar los resultados de la prueba de la bomba, pero agregar más complejidad no garantiza mejores resultados. Se detalla la elaboración y redacción de las pruebas de bombeo en la siguiente sección.

METODOLOGIA

Desarrollo de actividades

La exploración de acuíferos ha tenido avances significativos en las últimas décadas con el desarrollo de nuevos instrumentos y métodos de exploración geofísica y geológica; así como el desarrollo del software de procesamiento e interpretación.

De acuerdo con el programa de exploración de acuíferos dirigido por el Ingeniero Adrián López Montes, se realizaron actividades de exploración en 3 pozos al oriente de la Ciudad de México; Agrícola Oriental I, Agrícola Oriental II y El Mirador 2. En este caso se centrarán la mayor parte de las actividades en El Mirador 2, donde se realizaron actividades de reparaciones menores para el restablecimiento de pruebas de aforo en la zona, como se muestran a continuación:

- Supervisión de instalación de TR 8"
- Supervisión en pruebas de aforo
- Elaboración de reportes técnicos de actividades en el mirador 2
- Elaboración de bases de datos en SIG.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



NOTA: Por motivos de confidencialidad con SACMEX y GTS se omitirán algunos de los detalles con relación a las empresas que participaron en las actividades, así como datos de relevancia para las mismas organizaciones.

Pozo El Mirador 2

Situado al Este de la ciudad de México, es un pozo exploratorio que funciona como objeto de estudio ya hace más de una década. En la Ilustración 4 se muestra el esquema general del pozo.

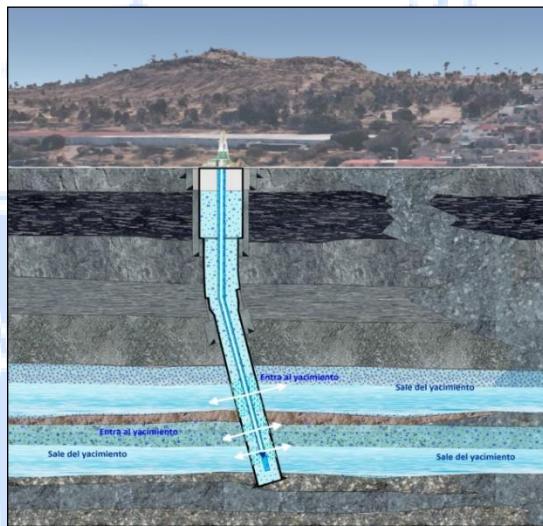


Ilustración 4.- Esquema general del pozo "El Mirador 2". SACMEX (2019)



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



Supervisión de instalación de TR

Durante el periodo de tiempo correspondiente del 23 de noviembre al 17 de diciembre de 2021. Correspondiendo al programa “TRABAJOS DE EMERGENCIA PARA LA REHABILITACIÓN DEL POZO PROFUNDO MIRADOR NO.2”, se hizo una resanación del enjarre de revestimiento en las paredes del pozo, se procedió a realizar una prueba de aforo con fecha de inicio el 30 de noviembre con una duración total de 3 días. De acuerdo con el esquema de actividades; desde el 24 de noviembre se recibió a la empresa “INDAR”.



Ilustración 5.-Instalación de grúa

INDAR

Dia uno de instalación: La empresa “INDAR” dio servicio para realizar el ingreso de la tubería de revestimiento (TR) en el pozo de estudio para colocar la bomba (mecánica de 8 metros) a una profundidad de 200 metros de profundidad.

El mismo día por la tarde se comienza la instalación, se muestra el progreso en la Tabla 1:

Tabla 1.- Instalación de TR día 1

| TUBO | DIA | HORA | LONGITUD [m] | LONGITUD ACUMULADA [m] |
|------|------------|----------------|--------------|------------------------|
| 1 | 24/11/2021 | 03:20:00 p. m. | 8 | 8 |
| 2 | 24/11/2021 | 04:28:00 p. m. | 3.05 | 11.05 |
| 3 | 24/11/2021 | 10:36:00 p. m. | 3.05 | 14.1 |



En el día dos realiza el mismo procedimiento de instalación de TR, como se muestra en la Ilustración 6:



Ilustración 6.-*Inicio de trabajos de INDAR*

Se muestra el día dos de instalación, correspondiente al 25 de noviembre en la *Tabla 2*:

Tabla 2.-*Bitácora del día dos de instalación de la TR*

| TUBO | DIA | HORA | LONGITUD [m] | LONGITUD ACUMULADA [m] |
|------|------------|----------------|--------------|------------------------|
| 4 | 25/11/2021 | 11:35:00 a. m. | 3.05 | 17.15 |
| 5 | 25/11/2021 | 11:58:00 a. m. | 3.05 | 20.2 |
| 6 | 25/11/2021 | 01:10:00 p. m. | 3.05 | 23.25 |
| 7 | 25/11/2021 | 01:38:00 p. m. | 3.05 | 26.3 |
| 8 | 25/11/2021 | * | 3.05 | 29.35 |
| 9 | 25/11/2021 | 02:24:00 p. m. | 3.05 | 32.4 |
| 10 | 25/11/2021 | 02:48:00 p. m. | 3.05 | 35.45 |
| 11 | 25/11/2021 | 03:17:00 p. m. | 3.05 | 38.5 |
| 12 | 25/11/2021 | 03:45:00 p. m. | 3.05 | 41.55 |
| 13 | 25/11/2021 | 04:19:00 p. m. | 3.05 | 44.6 |
| 14 | 25/11/2021 | 04:44:00 p. m. | 3.05 | 47.65 |
| 15 | 25/11/2021 | 05:26:00 p. m. | 3.05 | 50.7 |
| 16 | 25/11/2021 | 05:45:00 p. m. | 3.05 | 53.75 |
| 17 | 25/11/2021 | 06:10:00 p. m. | 3.05 | 56.8 |

Se muestran en la **Tabla 3** y la Ilustración 7 las actividades del dia 3 de instalación correspondiente al 26 de noviembre. Por parte de INDAR se insertan 20 tramos más de tubería (64.05 m) para un acumulado de 56/64 TR y 175 m de columna:



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



Tabla 3.- Bitácora de instalación de TR día 3

| TUBO | DIA | HORA | LONGITUD [m] | LONGITUD ACUMULADA [m] |
|------|------------|----------------|--------------|------------------------|
| 36 | 27/11/2021 | * | 3.05 | 114.75 |
| 37 | 27/11/2021 | * | 3.05 | 117.8 |
| 38 | 27/11/2021 | 08:00:00 a. m. | 3.05 | 120.85 |
| 39 | 27/11/2021 | 08:20:00 a. m. | 3.05 | 123.9 |
| 40 | 27/11/2021 | 08:40:00 a. m. | 3.05 | 126.95 |
| 41 | 27/11/2021 | 09:00:00 a. m. | 3.05 | 130 |
| 42 | 27/11/2021 | 09:20:00 a. m. | 3.05 | 133.05 |
| 43 | 27/11/2021 | 09:40:00 a. m. | 3.05 | 136.1 |
| 44 | 27/11/2021 | 10:00:00 a. m. | 3.05 | 139.15 |
| 45 | 27/11/2021 | 10:20:00 a. m. | 3.05 | 142.2 |
| 46 | 27/11/2021 | 10:30:00 a. m. | 3.05 | 145.25 |
| 47 | 27/11/2021 | 10:59:00 a. m. | 3.05 | 148.3 |
| 48 | 27/11/2021 | 11:21:00 a. m. | 3.05 | 151.35 |
| 49 | 27/11/2021 | 11:44:00 a. m. | 3.05 | 154.4 |
| 50 | 27/11/2021 | 12:06:00 p. m. | 3.05 | 157.45 |
| 51 | 27/11/2021 | 12:40:00 p. m. | 3.05 | 160.5 |
| 52 | 27/11/2021 | 01:00:00 p. m. | 3.05 | 163.55 |
| 53 | 27/11/2021 | 01:30:00 p. m. | 3.05 | 166.6 |
| 54 | 27/11/2021 | 01:30:00 p. m. | 3.05 | 169.65 |
| 55 | 27/11/2021 | 02:00:00 p. m. | 3.05 | 172.7 |
| 56 | 27/11/2021 | 02:37:00 p. m. | 3.05 | 175.75 |



Ilustración 7.- Bitácora del dia 3 de instalación de TR

El 28 de noviembre INDAR no laboró, no hubo instalación.

Dia 4 de instalación correspondiente al 29 de noviembre: INDAR inserta los últimos 8 tramos más de tubería (24.4 m) para un acumulado de 64/64 de TR y 200.15 m de tubería.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



Tabla 4.- Instalación de TR día 4 "El Mirador 2"

| TUBO | DIA | HORA | LONGITUD [m] | LONGITUD ACUMULADA [m] |
|------|------------|----------------|--------------|------------------------|
| 57 | 29/11/2021 | 09:00:00 a. m. | 3.05 | 178.8 |
| 58 | 29/11/2021 | 09:33:00 a. m. | 3.05 | 181.85 |
| 59 | 29/11/2021 | 10:06:00 a. m. | 3.05 | 184.9 |
| 60 | 29/11/2021 | 11:29:00 a. m. | 3.05 | 187.95 |
| 61 | 29/11/2021 | 11:52:00 a. m. | 3.05 | 191 |
| 62 | 29/11/2021 | 12:27:00 p. m. | 3.05 | 194.05 |
| 63 | 29/11/2021 | 04:00:00 p.m. | 3.05 | 197.1 |
| 64 | 29/11/2021 | 04:50:00 p. m. | 3.05 | 200.15 |



Se terminan trabajos de instalación para proceder a las pruebas de aforo.



6.1.3 Pruebas de aforo

30 de noviembre: INDAR inicia aforo a las 13:00 horas, realizando tres bombeos y viendo los resultados:

- 1er Bombeo:

- Inicia aforo a las 13:00 horas
- Nivel estático máximo de 98 m
- Nivel dinámico máximo de 199 m
- Tiempo de abatimiento: 8 minutos y 5 segundos.
- Recuperación: a 83.13 m en aproximadamente 31 minutos al nivel de 115.82 m.

Tabla 5.- Dia 1 de aforo: primer bombeo.

| Dia | Hora | Tiempo | N. Dinamico | Observaciones |
|------------|----------|----------|-------------|-----------------------|
| 30/11/2021 | 13:35:00 | 0 | -98 | Bombeo 1 (30/11/2021) |
| 30/11/2021 | 13:37:00 | 00:02:00 | -105.87 | |
| 30/11/2021 | 13:43:00 | 00:08:00 | -197 | |
| 30/11/2021 | 13:43:05 | 00:08:05 | -199 | Abatimiento max. |
| 30/11/2021 | 13:48:00 | 00:13:00 | -134 | Comienza recuperación |
| 30/11/2021 | 14:07:00 | 00:32:00 | -115.39 | |
| 30/11/2021 | 14:12:00 | 00:37:00 | -115.872 | |
| 30/11/2021 | 14:13:00 | 00:38:00 | -115.82 | |



Ilustración 9.- Pruebas de aforo día uno (A).



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



-2do bombeo:

- Nivel estático inicial 115.82 m
- Nivel dinámico 152.52 m. NOTA: Se decide no bajar al nivel máximo (199.99) para no forzar la bomba al trabajar en seco, debido a que en el transcurso de los minutos el caudal de salida va disminuyendo.
- Tiempo de abatimiento: 6 minutos.
- Recuperación: a 26.27 m en aproximadamente 2 horas y 57 minutos a 116.25 m.

Tabla 6.- Primer día de aforo: segundo bombeo.

| Dia | Hora | Tiempo | N. Dinamico | Observaciones |
|------------|----------|----------|-------------|-----------------------|
| 30/11/2021 | 14:22:00 | 00:00:00 | -115.82 | Bombeo 2 (30/11/2021) |
| 30/11/2021 | 14:25:00 | 00:03:00 | -145.59 | |
| 30/11/2021 | 14:26:00 | 00:04:00 | -148.41 | |
| 30/11/2021 | 14:27:00 | 00:05:00 | -151.9 | |
| 30/11/2021 | 14:28:00 | 00:06:00 | -152.52 | Abatimiento max. |
| 30/11/2021 | 14:30:00 | 00:08:00 | -128.3 | Comienza recuperación |
| 30/11/2021 | 14:30:47 | 00:08:47 | -127.7 | |
| 30/11/2021 | 14:31:50 | 00:09:50 | -127.35 | |
| 30/11/2021 | 14:33:58 | 00:11:58 | -127.26 | |
| 30/11/2021 | 14:35:58 | 00:13:58 | -127.04 | |
| 30/11/2021 | 14:38:00 | 00:16:00 | -126.72 | |
| 30/11/2021 | 14:43:10 | 00:21:10 | -126.28 | |
| 30/11/2021 | 14:48:19 | 00:26:19 | -125.84 | |
| 30/11/2021 | 14:59:21 | 00:37:21 | -124.54 | |
| 30/11/2021 | 15:29:00 | 01:07:00 | -122.84 | |
| 30/11/2021 | 16:00:00 | 01:38:00 | -120.52 | |
| 30/11/2021 | 16:45:00 | 02:23:00 | -118.2 | |
| 30/11/2021 | 17:27:00 | 03:05:00 | -116.25 | |



Ilustración 10.- Pruebas de aforo día uno (B).

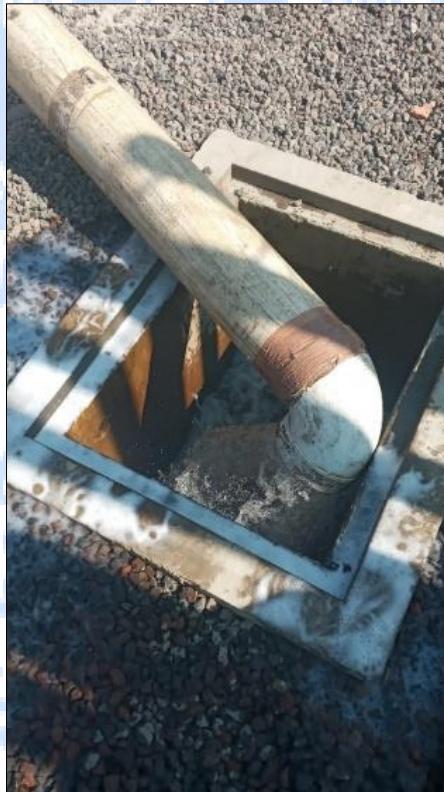


-3er bombeo:

- Nivel estático inicial: 116.25 m
- Nivel dinámico 168.37 m
- Tiempo de abatimiento: 3 minutos
- Recuperación: 40 metros en aproximadamente 22 minutos al nivel de 127.78 m
- Se retira equipo a las 18:00 horas, se deja recuperar hasta el siguiente día, 1ro de diciembre.

Tabla 7.- Primer día de aforo: tercer bombeo

| Dia | Hora | Tiempo | N. Dinamico | Observaciones |
|------------|----------|----------|-------------|--------------------------|
| 30/11/2021 | 17:30:00 | | -116.25 | Nivel inicial 3er bombeo |
| 30/11/2021 | 17:37:00 | 00:00:00 | -155.4 | Bombeo 3 (30/11/2021) |
| 30/11/2021 | 17:38:00 | 00:01:00 | -156.41 | |
| 30/11/2021 | 17:39:00 | 00:02:00 | -157.7 | |
| 30/11/2021 | 17:40:00 | 00:03:00 | -168.37 | Abatimiento max. |
| 30/11/2021 | 17:41:00 | 00:04:00 | -158.66 | Comienza recuperación |
| 30/11/2021 | 17:44:00 | 00:07:00 | -129.26 | |
| 30/11/2021 | 17:49:00 | 00:12:00 | -128.77 | |
| 30/11/2021 | 17:54:00 | 00:17:00 | -128.23 | |
| 30/11/2021 | 17:59:00 | 00:22:00 | -127.78 | |





1ro de Diciembre INDAR inicia segunda prueba de aforo a las 11:00 horas en tres bombeos, de donde se obtienen los siguientes resultados:

-1er bombeo:

- Nivel estático inicial: 107.50 m
- Nivel dinámico: 169 m
- Tiempo de abatimiento: 6 minutos
- Recuperación: 48.3 metros en aproximadamente 3 horas y 27 minutos al nivel de 120.7.
- NOTA: Se decide no bajar al nivel máximo (199.99) para no forzar la bomba al trabajar en seco, debido a que en el transcurso de los minutos el caudal de salida va disminuyendo.

Tabla 8.- Segundo día de aforo: primer bombeo

| Dia | Hora | Tiempo | N. Dinamico | Observaciones |
|------------|----------|----------|-------------|------------------------------|
| 01/12/2021 | 11:03:00 | 0 | 107.5 | Bombeo 1 (01/12/2021) |
| 01/12/2021 | 11:04:00 | 00:01:00 | -144 | |
| 01/12/2021 | 11:06:00 | 00:03:00 | -156 | |
| 01/12/2021 | 11:09:00 | 00:06:00 | -169 | Abatimiento max. |
| 01/12/2021 | 11:11:00 | 00:08:00 | -137 | Comienza recuperación |
| 01/12/2021 | 11:14:00 | 00:11:00 | -136.75 | |
| 01/12/2021 | 11:15:00 | 00:12:00 | -136.62 | |
| 01/12/2021 | 11:17:00 | 00:14:00 | -136.32 | |
| 01/12/2021 | 11:18:00 | 00:15:00 | -136.15 | |
| 01/12/2021 | 11:20:00 | 00:17:00 | -135.8 | |
| 01/12/2021 | 11:22:00 | 00:19:00 | -135.56 | |
| 01/12/2021 | 11:29:00 | 00:26:00 | -134.6 | |
| 01/12/2021 | 11:36:00 | 00:33:00 | -133.6 | |
| 01/12/2021 | 11:47:00 | 00:44:00 | -132.4 | |
| 01/12/2021 | 12:02:00 | 00:59:00 | -130.8 | |
| 01/12/2021 | 12:31:00 | 01:28:00 | -128.4 | |
| 01/12/2021 | 13:02:00 | 01:59:00 | -125.74 | |
| 01/12/2021 | 13:32:00 | 02:29:00 | -123.81 | |
| 01/12/2021 | 14:00:00 | 02:57:00 | -122.13 | |
| 01/12/2021 | 14:30:00 | 03:27:00 | -120.7 | nivel inicial del 2do bombeo |

-2do bombeo:

- Nivel estático inicial: 120.70 m
- Nivel dinámico: 161.68 m
- Tiempo de abatimiento: 3 minutos
- Recuperación: 40.98 metros en aproximadamente 2 horas y 47 minutos al nivel de 122.16 metros.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



Tabla 9.-Segundo día de aforo: segundo bombeo.

| Dia | Hora | Tiempo | N. Dinamico | Observaciones |
|------------|----------|----------|-------------|------------------------------|
| 01/12/2021 | 14:30:00 | 03:27:00 | -120.7 | Nivel de inicio 2do bombeo |
| | | | | |
| 01/12/2021 | 14:41:00 | 0 | -158.5 | Bombeo 2 (01/12/2021) |
| 01/12/2021 | 14:45:00 | 00:04:00 | -161.68 | Abatimiento max. |
| 01/12/2021 | 14:46:00 | 00:05:00 | -165 | Comienza recuperación |
| 01/12/2021 | 14:47:00 | 00:06:00 | -152.59 | |
| 01/12/2021 | 14:48:00 | 00:07:00 | -142 | |
| 01/12/2021 | 14:49:00 | 00:08:00 | -137.24 | |
| 01/12/2021 | 14:49:05 | 00:08:05 | -135 | |
| 01/12/2021 | 14:50:00 | 00:09:00 | -135.17 | |
| 01/12/2021 | 14:50:05 | 00:09:05 | -134.83 | |
| 01/12/2021 | 14:55:00 | 00:14:00 | -134.44 | |
| 01/12/2021 | 15:01:00 | 00:20:00 | -133.83 | |
| 01/12/2021 | 15:12:00 | 00:31:00 | -132.76 | |
| 01/12/2021 | 15:21:00 | 00:40:00 | -131.71 | |
| 01/12/2021 | 15:35:00 | 00:54:00 | -130.31 | |
| 01/12/2021 | 16:08:00 | 01:27:00 | -127.95 | |
| 01/12/2021 | 16:30:00 | 01:49:00 | -126.33 | |
| 01/12/2021 | 17:00:00 | 02:19:00 | -124.52 | |
| 01/12/2021 | 17:28:00 | 02:47:00 | -122.16 | Nivel Inicial del 3er bombeo |

NOTA: Se decide no bajar al nivel máximo (199.99) para no forzar la bomba al trabajar en seco, debido a que en el transcurso de los minutos el caudal de salida va disminuyendo.

-3er bombeo:

- Nivel estático inicial: 122.16 m
- Nivel dinámico: 165 m
- Tiempo de abatimiento: 4 minutos 22 segundos.
- Recuperación: 42.84 metros en aproximadamente 16 minutos al nivel de 134.2 metros.
- Se retira a las 18:00 horas y se deja recuperar hasta el 2 de diciembre.
- NOTA: Se decide no bajar al nivel máximo (199.99) para no forzar la bomba al trabajar en seco, debido a que en el transcurso de los minutos el caudal de salida va disminuyendo.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



Tabla 10.- Segundo día de aforo: tercer bombeo.

| Dia | Hora | Tiempo | N. Dinamico | Observaciones |
|------------|----------|----------|-------------|------------------------------|
| 01/12/2021 | 17:28:00 | 02:47:00 | -122.16 | Nivel Inicial del 3er bombeo |
| | | | 0 | Bombeo 3 (01/12/2021) |
| 01/12/2021 | 17:34:12 | 00:01:12 | -152.7 | |
| 01/12/2021 | 17:34:18 | 00:01:18 | -157 | |
| 01/12/2021 | 17:35:58 | 00:02:58 | -160 | |
| 01/12/2021 | 17:36:25 | 00:03:25 | -162 | |
| 01/12/2021 | 17:37:22 | 00:04:22 | -165 | Abatimiento max. |
| 01/12/2021 | 17:38:26 | 00:05:26 | -164 | Comienza recuperación |
| 01/12/2021 | 17:38:37 | 00:05:37 | -155.54 | |
| 01/12/2021 | 17:38:54 | 00:05:54 | -146.1 | |
| 01/12/2021 | 17:39:14 | 00:06:14 | -139.57 | |
| 01/12/2021 | 17:39:22 | 00:06:22 | -137 | |
| 01/12/2021 | 17:39:33 | 00:06:33 | -136.18 | |
| 01/12/2021 | 17:39:55 | 00:06:55 | -135.44 | |
| 01/12/2021 | 17:41:59 | 00:08:59 | -134.9 | |
| 01/12/2021 | 17:44:00 | 00:11:00 | -134.6 | |
| 01/12/2021 | 17:48:58 | 00:15:58 | -134.2 | |
| 01/12/2021 | 12:30:00 | 09:30:00 | -108 | Último nivel tomado |



Ilustración 11.-Segundo dia de prueba de aforo "El Mirador 2".

- 2 de diciembre se retira INDAR(figura 12 y figura 13), concluye fase de pruebas de aforo.



Ilustración 12.-2 de diciembre "El Mirador 2" (A)



Ilustración 13.-2 de diciembre "El Mirador 2" (B)

GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

RESULTADOS

De acuerdo con las pruebas de aforo realizadas en la zona del Mirador durante las fechas del 30 de noviembre al 2 de diciembre se obtuvieron los siguientes resultados:

Dia 1 de aforo:

Tabla 11.- Resultados en tiempos absolutos procesados en Excel del aforo 1.

| Dia | Hora | T [s] | T [min] | Tiempo de prueba [s] | N. Dinámico | N.Estatico | Observaciones |
|------------|----------|-------|---------|----------------------|-------------|------------|--------------------------|
| 30/11/2021 | 13:35:00 | 00 | 00 | 00 | -98 | | Bombeo 1 (30/11/2021) |
| 30/11/2021 | 13:37:00 | 120 | 02 | 120 | -105.87 | | |
| 30/11/2021 | 13:43:00 | 480 | 08 | 480 | -197 | | |
| 30/11/2021 | 13:43:05 | 485 | 08 | 485 | -199 | | Abatimiento máx. |
| 30/11/2021 | 13:48:00 | 780 | 13 | 780 | | -134 | Comienza recuperación |
| 30/11/2021 | 14:07:00 | 1920 | 32 | 1920 | | -115.39 | |
| 30/11/2021 | 14:12:00 | 2220 | 37 | 2220 | | -115.872 | |
| 30/11/2021 | 14:13:00 | 2280 | 38 | 2280 | | -115.82 | |
| 30/11/2021 | 14:22:00 | 2820 | 47 | 00 | -115.82 | | Bombeo 2 (30/11/2021) |
| 30/11/2021 | 14:25:00 | 3000 | 50 | 180 | -145.59 | | |
| 30/11/2021 | 14:26:00 | 3060 | 51 | 240 | -148.41 | | |
| 30/11/2021 | 14:27:00 | 3120 | 52 | 300 | -151.9 | | |
| 30/11/2021 | 14:28:00 | 3180 | 53 | 360 | -152.52 | | Abatimiento máx. |
| 30/11/2021 | 14:30:00 | 3300 | 55 | 480 | | -128.3 | Comienza recuperación |
| 30/11/2021 | 14:30:47 | 3347 | 56 | 527 | | -127.7 | |
| 30/11/2021 | 14:31:50 | 3410 | 57 | 590 | | -127.35 | |
| 30/11/2021 | 14:33:58 | 3538 | 59 | 718 | | -127.26 | |
| 30/11/2021 | 14:35:58 | 3658 | 61 | 838 | | -127.04 | |
| 30/11/2021 | 14:38:00 | 3780 | 63 | 960 | | -126.72 | |
| 30/11/2021 | 14:43:10 | 4090 | 68 | 1270 | | -126.28 | |
| 30/11/2021 | 14:48:19 | 4399 | 73 | 1579 | | -125.84 | |
| 30/11/2021 | 14:59:21 | 5061 | 84 | 2241 | | -124.54 | |
| 30/11/2021 | 15:29:00 | 6840 | 114 | 4020 | | -122.84 | |
| 30/11/2021 | 16:00:00 | 8700 | 145 | 5880 | | -120.52 | |
| 30/11/2021 | 16:45:00 | 11400 | 190 | 8580 | | -118.2 | |
| 30/11/2021 | 17:27:00 | 13920 | 232 | 11100 | | -116.25 | |
| 30/11/2021 | 17:30:00 | 14100 | 235 | 00 | -116.25 | | Nivel inicial 3er bombeo |
| 30/11/2021 | 17:37:00 | 14520 | 242 | 420 | -155.4 | | Bombeo 3 (30/11/2021) |
| 30/11/2021 | 17:38:00 | 14580 | 243 | 480 | -156.41 | | |
| 30/11/2021 | 17:39:00 | 14640 | 244 | 540 | -157.7 | | |
| 30/11/2021 | 17:40:00 | 14700 | 245 | 600 | -168.37 | | Abatimiento max. |
| 30/11/2021 | 17:41:00 | 14760 | 246 | 660 | | -158.66 | Comienza recuperación |
| 30/11/2021 | 17:44:00 | 14940 | 249 | 840 | | -129.26 | |
| 30/11/2021 | 17:49:00 | 15240 | 254 | 1140 | | -128.77 | |
| 30/11/2021 | 17:54:00 | 15540 | 259 | 1440 | | -128.23 | |



30/11/2021 | 17:59:00 | 15840 | 264 | 1740 | -127.78 |

Como se muestra en la tabla 11, se recopilaron los resultados de las bitácoras iniciales y se reacomodaron los datos de acuerdo con un tiempo absoluto -partiendo del inicio del día y del inicio por prueba- en donde se reacomodaron los datos para obtener su comportamiento a lo largo del tiempo.

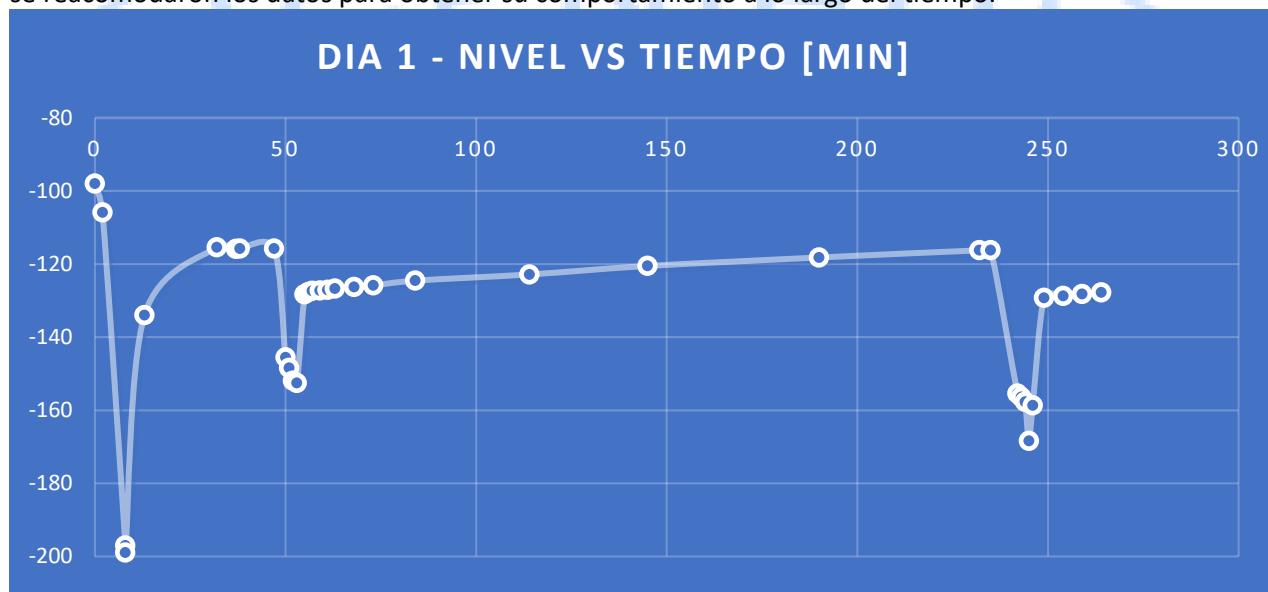


Ilustración 14.- Comportamiento del nivel del agua con relación al tiempo en prueba de aforo 1.

En la figura 14 se observa el comportamiento del nivel dinámico con sentido negativo (bomba encendida) y se observa el comportamiento del nivel estático de los datos de manera ascendente (bomba apagada) para así determinar características particulares del pozo a la profundidad de estudio.

- Segundo día:

Tabla 12.- Resultados en tiempos absolutos procesados en Excel del aforo 2.

| Dia | Hora | T [s] | T [min] | Tiempo de prueba [s] | N. Dinámico | N.Estático | Observaciones |
|------------|----------|-------|---------|----------------------|-------------|------------|-----------------------|
| 01/12/2021 | 11:03:00 | 00 | 00 | 00 | 107.5 | | Bombeo 1 (01/12/2021) |
| 01/12/2021 | 11:04:00 | 60 | 01 | 60 | -144 | | |
| 01/12/2021 | 11:06:00 | 180 | 03 | 180 | -156 | | |
| 01/12/2021 | 11:09:00 | 360 | 06 | 360 | -169 | | Abatimiento max. |
| 01/12/2021 | 11:11:00 | 480 | 08 | 480 | | -137 | Comienza recuperación |
| 01/12/2021 | 11:14:00 | 660 | 11 | 660 | | -136.75 | |
| 01/12/2021 | 11:15:00 | 720 | 12 | 720 | | -136.62 | |
| 01/12/2021 | 11:17:00 | 840 | 14 | 840 | | -136.32 | |



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



| | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----|-------|---------|---------|------------------------------|
| 01/12/2021 | 11:18:00 | 900 | 15 | 900 | | -136.15 | |
| 01/12/2021 | 11:20:00 | 1020 | 17 | 1020 | | -135.8 | |
| 01/12/2021 | 11:22:00 | 1140 | 19 | 1140 | | -135.56 | |
| 01/12/2021 | 11:29:00 | 1560 | 26 | 1560 | | -134.6 | |
| 01/12/2021 | 11:36:00 | 1980 | 33 | 1980 | | -133.6 | |
| 01/12/2021 | 11:47:00 | 2640 | 44 | 2640 | | -132.4 | |
| 01/12/2021 | 12:02:00 | 3540 | 59 | 3540 | | -130.8 | |
| 01/12/2021 | 12:31:00 | 5280 | 88 | 5280 | | -128.4 | |
| 01/12/2021 | 13:02:00 | 7140 | 119 | 7140 | | -125.74 | |
| 01/12/2021 | 13:32:00 | 8940 | 149 | 8940 | | -123.81 | |
| 01/12/2021 | 14:00:00 | 10620 | 177 | 10620 | | -122.13 | |
| 01/12/2021 | 14:30:00 | 12420 | 207 | 12420 | | -120.7 | nivel inicial del 2do bombeo |
| 01/12/2021 | 14:41:00 | 13080 | 218 | 00 | -158.5 | | Bombeo 2 (01/12/2021) |
| 01/12/2021 | 14:45:00 | 13320 | 222 | 240 | -161.68 | | Abatimiento max. |
| 01/12/2021 | 14:46:00 | 13380 | 223 | 300 | | -165 | Comienza recuperación |
| 01/12/2021 | 14:47:00 | 13440 | 224 | 360 | | -152.59 | |
| 01/12/2021 | 14:48:00 | 13500 | 225 | 420 | | -142 | |
| 01/12/2021 | 14:49:00 | 13560 | 226 | 480 | | -137.24 | |
| 01/12/2021 | 14:49:05 | 13565 | 226 | 485 | | -135 | |
| 01/12/2021 | 14:50:00 | 13620 | 227 | 540 | | -135.17 | |
| 01/12/2021 | 14:50:05 | 13625 | 227 | 545 | | -134.83 | |
| 01/12/2021 | 14:55:00 | 13920 | 232 | 840 | | -134.44 | |
| 01/12/2021 | 15:01:00 | 14280 | 238 | 1200 | | -133.83 | |
| 01/12/2021 | 15:12:00 | 14940 | 249 | 1860 | | -132.76 | |
| 01/12/2021 | 15:21:00 | 15480 | 258 | 2400 | | -131.71 | |
| 01/12/2021 | 15:35:00 | 16320 | 272 | 3240 | | -130.31 | |
| 01/12/2021 | 16:08:00 | 18300 | 305 | 5220 | | -127.95 | |
| 01/12/2021 | 16:30:00 | 19620 | 327 | 6540 | | -126.33 | |
| 01/12/2021 | 17:00:00 | 21420 | 357 | 8340 | | -124.52 | |
| 01/12/2021 | 17:28:00 | 23100 | 385 | 10020 | | -122.16 | |
| 01/12/2021 | 17:33:00 | 23400 | 390 | 00 | 0 | | Bombeo 3 (01/12/2021) |
| 01/12/2021 | 17:34:12 | 23472 | 391 | 72 | -152.7 | | |
| 01/12/2021 | 17:34:18 | 23478 | 391 | 78 | -157 | | |
| 01/12/2021 | 17:35:58 | 23578 | 393 | 178 | -160 | | |
| 01/12/2021 | 17:36:25 | 23605 | 393 | 205 | -162 | | |
| 01/12/2021 | 17:37:22 | 23662 | 394 | 262 | -165 | | Abatimiento max. |
| 01/12/2021 | 17:38:26 | 23726 | 395 | 326 | | -164 | Comienza recuperación |
| 01/12/2021 | 17:38:37 | 23737 | 396 | 337 | | -155.54 | |
| 01/12/2021 | 17:38:54 | 23754 | 396 | 354 | | -146.1 | |
| 01/12/2021 | 17:39:14 | 23774 | 396 | 374 | | -139.57 | |
| 01/12/2021 | 17:39:22 | 23782 | 396 | 382 | | -137 | |
| 01/12/2021 | 17:39:33 | 23793 | 397 | 393 | | -136.18 | |
| 01/12/2021 | 17:39:55 | 23815 | 397 | 415 | | -135.44 | |
| 01/12/2021 | 17:41:59 | 23939 | 399 | 539 | | -134.9 | |
| 01/12/2021 | 17:44:00 | 24060 | 401 | 660 | | -134.6 | |



| | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----|-----|--|--------|-----------------|
| 01/12/2021 | 17:48:58 | 24358 | 406 | 958 | | -134.2 | Último registro |
|------------|----------|-------|-----|-----|--|--------|-----------------|

Como se muestra en la tabla 12, se recopilaron los resultados de las bitácoras iniciales del día 2 de aforo y se reacomodaron los datos de acuerdo con un tiempo absoluto -partiendo del inicio del día y del inicio por prueba- en donde se reacomodaron los datos para obtener su comportamiento a lo largo del tiempo.

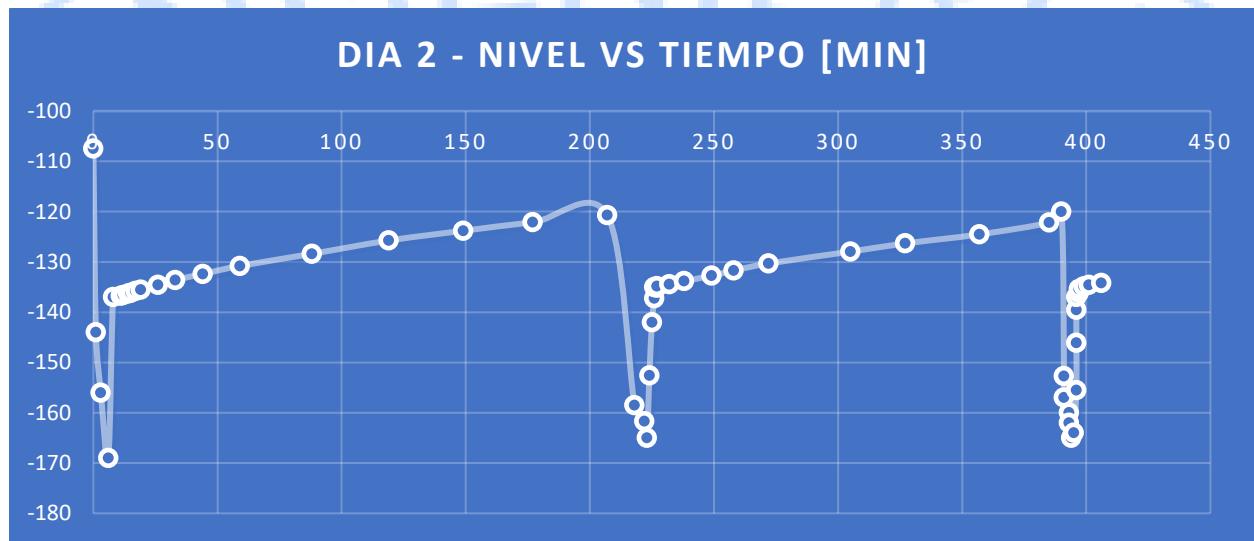


Ilustración 15.- Comportamiento del nivel del agua con relación al tiempo en la segunda prueba de aforo.

En la figura 15.- Se observa el comportamiento del nivel dinámico con sentido negativo (bomba encendida) y se observa el comportamiento del nivel estático de los datos de manera ascendente (bomba apagada) para así determinar características particulares del pozo a la profundidad de estudio.

CONCLUSIONES

Los datos de los bombeos muestran que el pozo tiene un rápido abatimiento hasta el nivel de la bomba (8 minutos promedio), se esperaría una recuperación del nivel estático durante los próximos minutos, sin embargo, esto no sucede, la recuperación es agresiva durante los primeros segundos (hasta 5 minutos en algunos bombeos), pero, a los 135 metros de profundidad decae el ritmo de recuperación. Se piensa que no hay suficiente compensación del nivel estático del pozo a los 135 metros para lograr una recuperación aceptable por encima de esta profundidad. En cambio, la recuperación a partir de los 135 metros tiene un comportamiento lineal pero lento, en donde apenas recupera 1 metro cada 10 minutos en promedio. Por tales razones las pruebas fueron exitosas, sin embargo, aún no es factible bombear agua a esta profundidad.

Las consideraciones en el pozo Mirador 2 serán realizar estudios posteriores con una bomba a mayor profundidad, se plantea bajar a los 400 [m] para aprovechar una mejor compensación del nivel estático.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SECCION B: ACTIVIDADES EN SESE

INTRODUCCION

Los métodos de prospección geofísica forman parte importante del desarrollo inmobiliario y logístico de una ciudad, los casos de estudio de este reporte corresponden a la zona este de la Ciudad de México -Valle de Chalco-, además de caracterizar de forma detalladas estructuras es necesario caracterizar la roca que subyace a estas estructuras previa su construcción. En esta ocasión los métodos geofísicos son utilizados con el propósito de caracterizar las litologías existentes en partes puntuales de estructuras preexistentes en estas zonas.

En muchas ocasiones por cambios tecnológicos (era análoga y digital), cambios gubernamentales o errores humanos, ciertas estructuras (cables, drenaje, tuberías, etc.) no tienen un control adecuado y se llegan a perder en una zona. Por esta razón tomara parte importante los métodos geofísicos, registrar la existencia de estas estructuras y almacenar estos datos para su posterior uso.

NOTA: Por motivos de confidencialidad con SACMEX y GTS se omitirán algunos de los detalles con relación a las empresas que participaron en las actividades, así como datos de relevancia para las mismas organizaciones.

OBJETIVOS

Establecer un control litológico-estratigráfico de las zonas de estudio para su posterior ocupación por estructuras civiles de nuevo orden.

Encontrar anomalías representativas de estructuras civiles preexistentes y elaborar un control para su archivamiento y establecer un modelo de riesgos para posteriores proyectos.

PROSPECCION SISMICA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se plantea elaborar un estudio de prospección sísmica en el paradero del metro Santa Marta Acatitla, eso con el propósito de caracterizar las litologías existentes en la zona.

El proyecto consta de 3 líneas sísmicas de 120 metros, en las cuales se implementaron las técnicas de tomografía de refracción sísmica (TRS) para la caracterización de las ondas compresionales y análisis de ondas multi canal (MASW) para la caracterización de las ondas de corte.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



UBICACIÓN



Ilustración 16.- Estudio de tres líneas sísmicas en el paradero Santa Marta Acatitla.

En la ilustración 16 se muestra la distribución espacial de la campaña de adquisición sísmica, en donde el estudio completo consideró cinco líneas sísmicas, para este reporte solo se tomarán en cuenta las líneas 1,3 y 5.

GEOLOGIA DEL SITIO

El relieve en Valle de Chalco se distingue por ser un valle con dos lomeríos aislados, geomorfológicamente se localiza en tres regiones: Vaso lacustre, Vaso lacustre con piso rocoso o cementado y Lomerío de basalto.

El vaso lacustre comprende 4,230 ha (91% del área municipal), es un terreno plano donde sobresalen los cerros de Xico y El Marqués, formados por derrames de lava basáltica y andesítica, es esta zona la pendiente varía del 10 al 30%; el vaso lacustre con piso cementado ocupa 340 ha (7%), su localización es al norte del



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



municipio, la pendiente promedio en esta región es de 2%; finalmente la región conocida como lomeríos de basalto ocupan 67ha (2%) correspondientes a las laderas del cerro La Caldera, con una pendiente de más de 6%.

El suelo predominante es el lacustre con 3,958 ha (85% del municipio) constituido por espesas capas de material arcilloso, con alto contenido de agua, muy compresibles, dentro de esta clase se localiza la zona urbana; le siguen en orden de importancia el suelo aluvial con 396 ha (9%) su localización es en el cráter del Volcán de Xico y en la cima del cerro del Márquez; el suelo toba básica se distribuye en 193 ha (5%) localizadas en las laderas de los cerros Xico, El Márquez y La Caldera, estos suelos por ser de textura arenosa al entrar en contacto con el agua pluvial, pueden provocar inestabilidad en laderas; el restante 1% (57 ha) lo compone el suelo brecha volcánica básica.

METODOLOGIA

Se tiene como propósito estudiar la relación existente de las capas someras de roca con estudios de refracción sísmica, así como con una estación de vibración ambiental en la zona, para establecer parámetros estructurales. Estos serán clave para el desarrollo inmobiliario y de infraestructura de transportes en la zona.

Se estableció una secuencia de procesamiento estándar con el software ZONDST2D para obtener tomografías de refracción sísmica, así como el mismo software para obtener imágenes 2D a través del método MASW. Por otro lado, se empleó el software Geopsy para la visualización de los datos de vibración ambiental.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados del procesamiento de datos sísmica en la línea sísmica 3, ubicada en el sector centro de la ilustración 16.

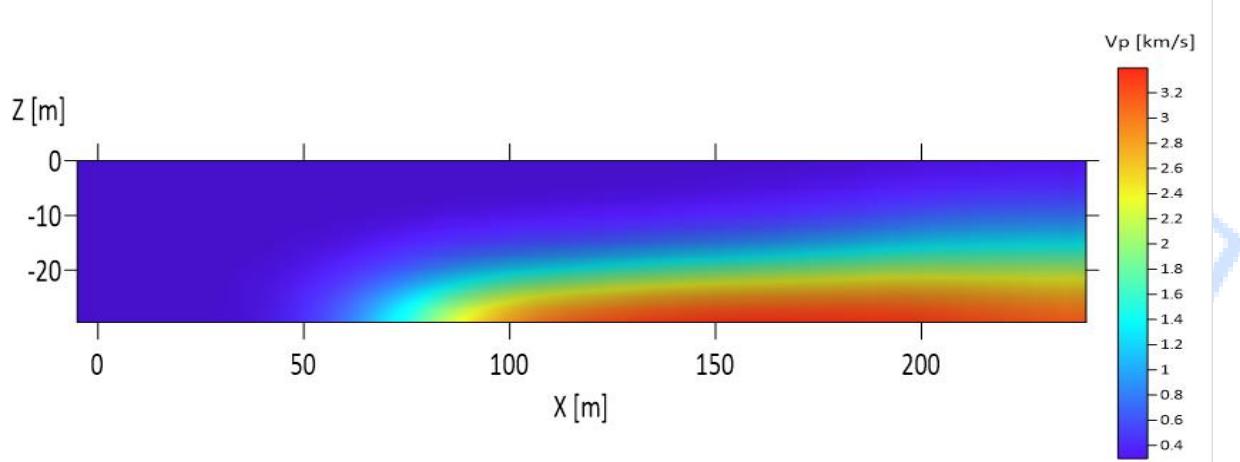


Ilustración 17.- Resultados de la tomografía de refracción sísmica, procesado en ZondST2D

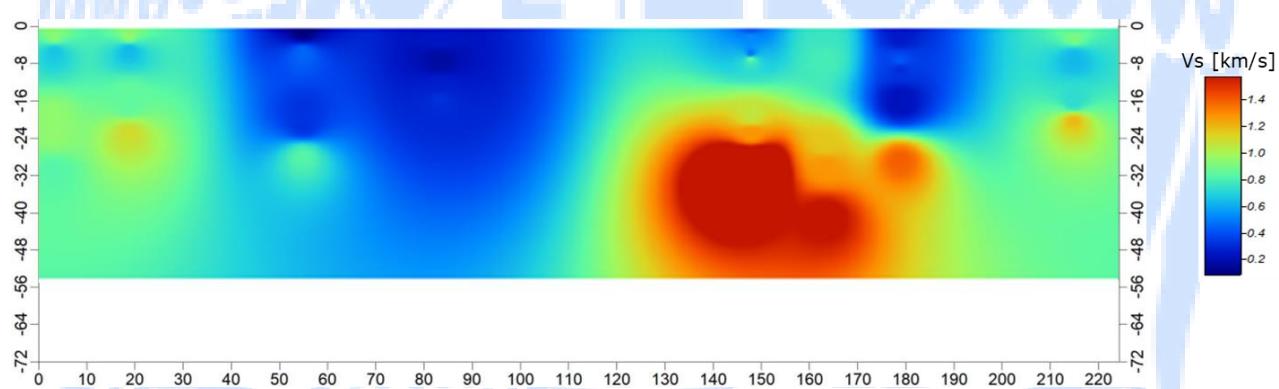


Ilustración 18.- interpolación del método MASW, datos procesados en ZondST2D

En las secciones de refracción se muestra una capa de contraste de velocidad que comienza a los 20 metros de profundidad, aproximadamente a los 70 metros de longitud del tendido. El aumento es progresivo hasta alcanzar un máximo de 3.2 km/s, velocidades altas para una capa tan somera indicando la presencia de un material de alta dureza y compacticidad.

Por otro lado, en la sección de ondas superficiales o análisis MASW, se analizaron las curvas de dispersión y se realiza el proceso de inversión, en donde se muestra como existe una anomalía de aumento de la velocidad aproximadamente a los 18 metros de profundidad, anomalía que es notoria desde los 100 metros de tendido, aproximadamente. De esta manera se puede establecer una capa de mayor firmeza estructural a los 20 metros de profundidad, aproximadamente, de acuerdo a las ondas de corte.



De esta manera a través del análisis de ondas P y ondas superficiales es posible establecer una zona de transición del material del suelo entre los 18y 21 metros de profundidad. Dato que será de utilidad para establecer parámetros geotécnicos necesarios en futuros trabajos de construcción.

PROSPECCION ELECTRICA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La campaña de adquisición contempla hacer dos levantamientos de resistividad eléctrica; uno sobre la autopista y otro sobre el camellón (sobre la curva) de la carretera Mexico-Puebla, para así encontrar una estructura de túnel perteneciente al sistema de drenaje de la localidad de Chalco, el cual se encuentra extraviado, aunque se cuenta con un modelo inferido por CONAGUA(2018) A partir de los modelos de directos (pseudosecciones) y modelos de inversión se plantea encontrar anomalías representativas dada la naturaleza de la estructura

UBICACIÓN

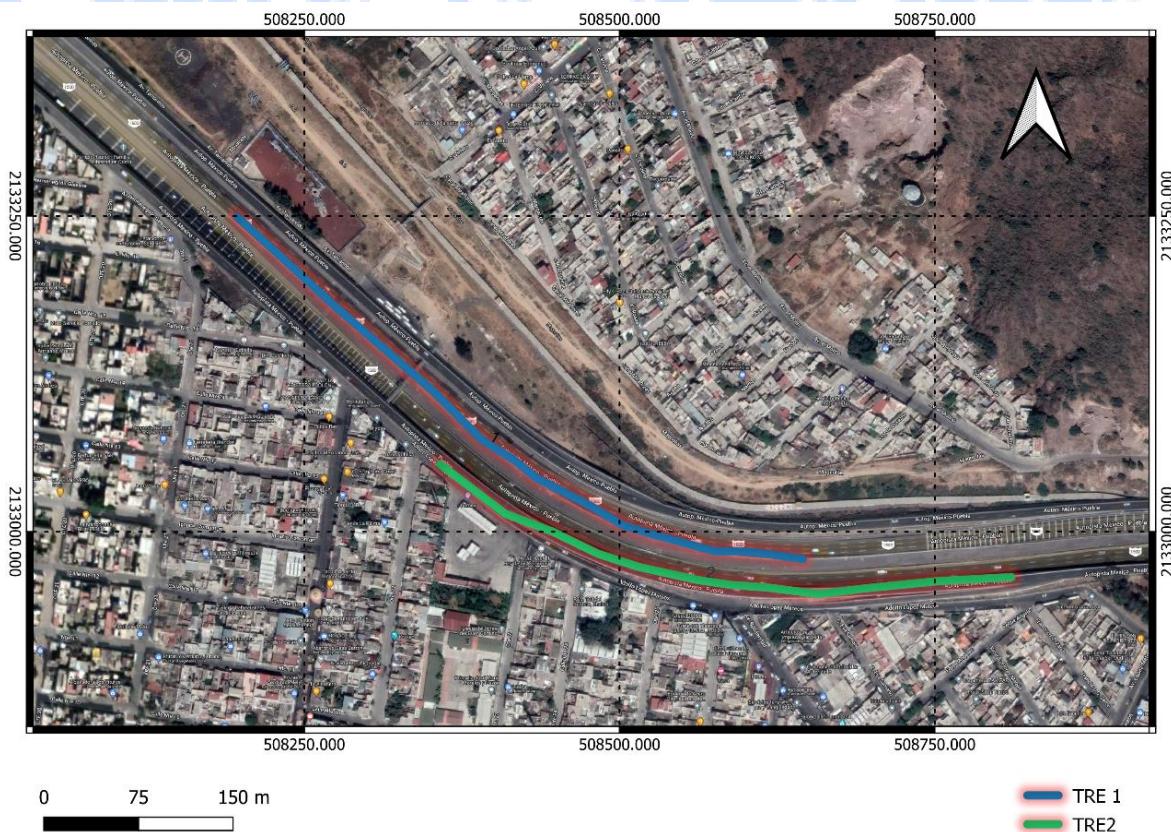


Ilustración 19.- Adquisicion de TRE



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



En la **Ilustración 19** se muestra la campaña de adquisición sobre la carretera México-Puebla, se tomaron dos levantamientos de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE).

GEOLOGIA DEL SITIO

El relieve en Valle de Chalco se distingue por ser un valle con dos lomeríos aislados, geomorfológicamente se localiza en tres regiones: Vaso lacustre, Vaso lacustre con piso rocoso o cementado y Lomerío de basalto. El vaso lacustre comprende 4,230 ha (91% del área municipal), es un terreno plano donde sobresalen los cerros de Xico y El Marqués, formados por derrames de lava basáltica y andesítica, es esta zona la pendiente varía del 10 al 30%; el vaso lacustre con piso cementado ocupa 340 ha (7%), su localización es al norte del municipio, la pendiente promedio en esta región es de 2%; finalmente la región conocida como lomeríos de basalto ocupan 67ha (2%) correspondientes a las laderas del cerro La Caldera, con una pendiente de más de 6%.

El suelo predominante es el lacustre con 3,958 ha (85% del municipio) constituido por espesas capas de material arcilloso, con alto contenido de agua, muy compresibles, dentro de esta clase se localiza la zona urbana; le siguen en orden de importancia el suelo aluvial con 396 ha (9%) su localización es en el cráter del Volcán de Xico y en la cima del cerro del Márquez; el suelo toba básica se distribuye en 193 ha (5%) localizadas en las laderas de los cerros Xico, El Márquez y La Caldera, estos suelos por ser de textura arenosa al entrar en contacto con el agua pluvial, pueden provocar inestabilidad en laderas; el restante 1% (57 ha) lo compone el suelo brecha volcánica básica.

FUNDAMENTOS TEORICOS DEL METODO

Los TRE se utilizan para detectar variantes geológicas, como la petrografía, la composición del suelo, la presencia de agua subterránea, el área de fractura, las variaciones saturadas, los suelos en la salinidad de acuíferos y en algunos casos, contaminación del agua subterránea. Al igual que en los SEV, se usan dos pares de electrodos, una de la corriente de voltaje y una mide la tensión de una tensión a la otra, para medir la diferencia potencial generada por una corriente eléctrica inducida en el suelo. Sin embargo, en el caso de

Las resistencias de tomografía, las diferentes configuraciones y los electrodos dispuestos se utilizan para obtener los valores de resistencia explícitos en las diferentes profundidades, así como el valor de la electricidad que viene a continuación.



Esto es para obtener la variación en la resistividad superior a una dirección, construyendo así una imagen más completa de la capa inferior. Para mapear la cavidad, como cuevas, karsts u otras características, la TRE ayuda a estimar localización y volumen de estas estructuras.

Arreglos electrodílicos

- Arreglo Wenner - Schlumberger

El arreglo Wenner-Schlumberger (WS) pertenece al mismo grupo de dispositivos que el Wenner, y tiene el mismo orden de electrodos, es decir $A \rightarrow M \rightarrow N \rightarrow B$, pero ahora la distancia que hay entre AM es na y es igual a la distancia que hay entre los electrodos NB , por otro lado, la distancia que hay entre MN es a permaneciendo esta constante en cada medición y cambio de nivel que se haga. De igual forma que en el arreglo dipolo-dipolo, se va barriendo lateralmente hasta terminar la línea de estudio, luego se procede a incrementar el nivel n hasta desplazarse por toda la línea. El punto de atribución está por debajo de la distancia media de MN . (Rodríguez, 2012)

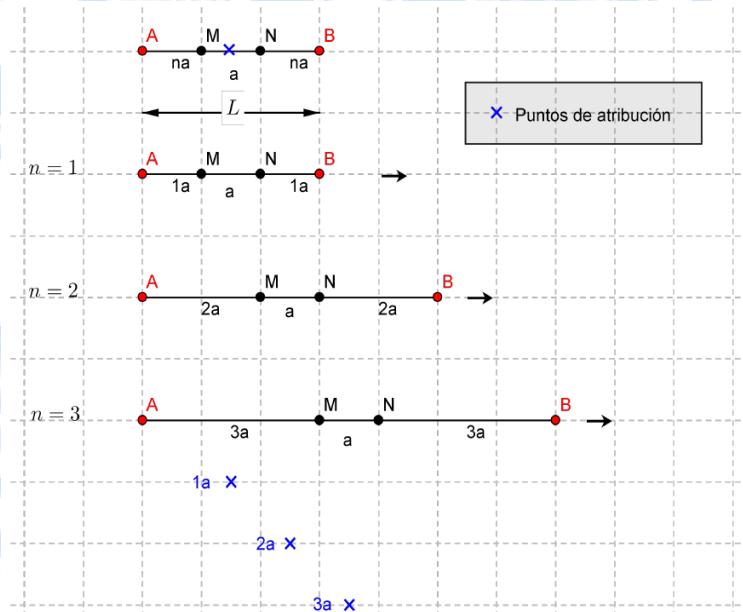


Figura n. Arreglo Wenner - Schlumberger, distribución de los electrodos para los primeros 3 niveles. (Rodríguez, 2012)



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



Inversión

El trabajo de inversión es parte fundamental del procesado de datos eléctricos, pues a partir de los datos observados se puede generar un modelo consistente de las propiedades resistivas del medio.

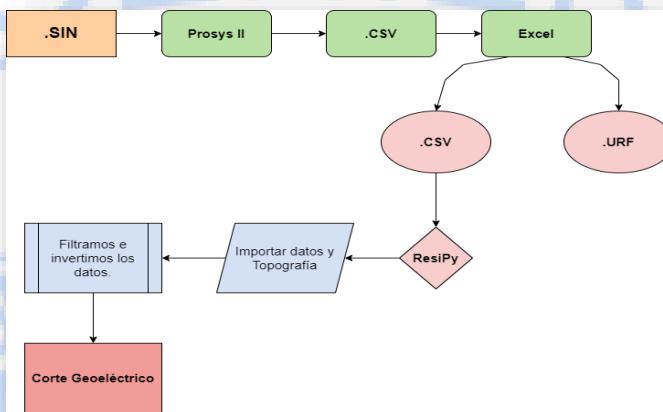


Figura N. Diagrama de flujo del proceso realizado para el manejo de los datos de TRE. Rodríguez (2012).

El procedimiento para llevar a cabo el proceso de la inversión de los datos es visible en el diagrama de flujo de la figura N. Primeramente es necesario tener el archivo URF y el TRN de cada línea. Por ello, los archivos que estaban juntos tuvieron que ser separados entre las líneas que corresponden a arreglos Wenner-Schlumberger. Únicamente se procesaron datos de este tipo de arreglo.

METODOLOGIA

Para el procesamiento de los datos eléctricos se utilizó el software Res2Dinv, así mismo también se utilizó el software Resipy para corroborar la inversión correcta de los datos. La secuencia de procesamiento se realizó de manera estándar, con la visualización de las pseudosecciones, para proceder al proceso iterativo que obtendrá las tomografías de resistividades reales.

RESULTADOS

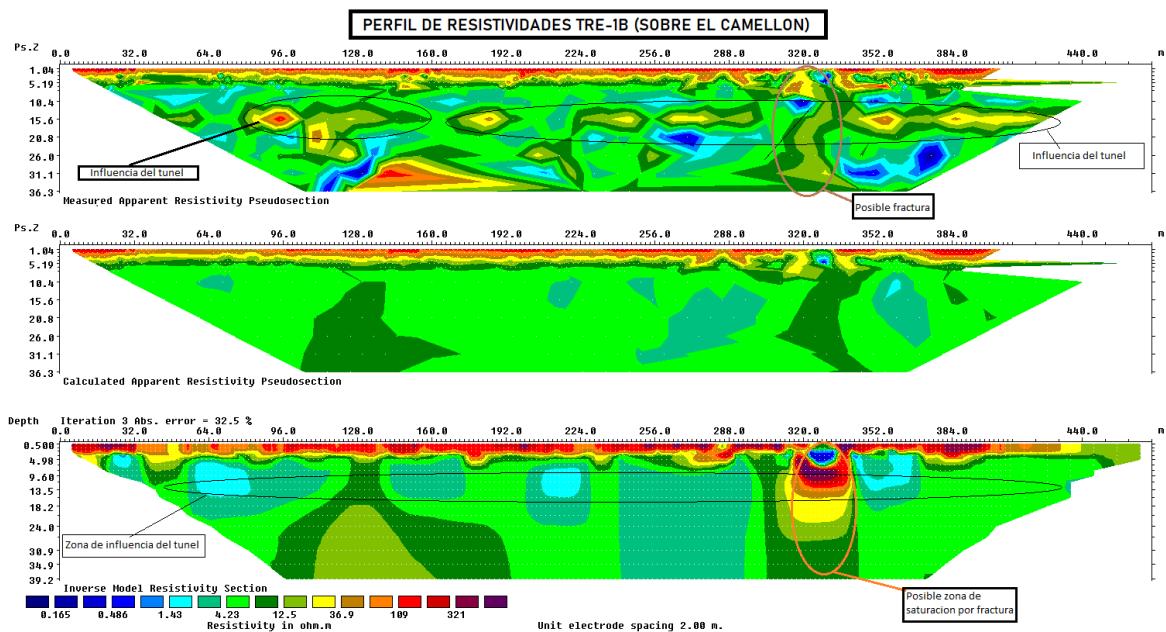


Ilustración 20.- Perfiles de resistividades del TRE 1 (sobre el camellón) obtenidas en la zona de estudio.

En la (**Ilustración 20**) se observan las distintas anomalías de acuerdo con la secuencia de procesamiento Res2Dinv. La primera imagen destaca la pseudosección (en este caso será de gran interés) existen anomalías consistentes a los 10-15 metros de profundidad, aproximadamente, que se extienden de manera lateral por todo el perfil, en este caso se propone podría ser la influencia de un túnel mapeado con anterioridad por SENER (2016) en la zona. A los 320 metros de longitud, podemos ver una zona de resistividades mayores, podría estar asociado a una posible fractura o algún tipo de construcción irregular en la zona.

Por otro lado, en la tercera imagen de la tomografía podemos observar el modelo inverso, esta muestra las resistividades reales. En este caso podremos observar la misma influencia lateral de la pseudosección, sin embargo, aquí nos encontramos entre los 12-14 metros de profundidad, una corrección del proceso iterativo a las unidades resistivas se extiende por casi todo el perfil. Sin embargo, a los 320 metros de longitud si que podremos apreciar diferencias. La sección muestra variaciones verticales de la resistividad, donde podremos observar una posible zona de saturación en los primeros metros, sin embargo, esta tiende a aumentar su resistividad abruptamente, señalando una posible interrupción de la saturación, sin embargo existe el patrón de continuidad, lo que podría explicar algún tipo de fallamiento o estructura preexistente (de geometría irregular).



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX

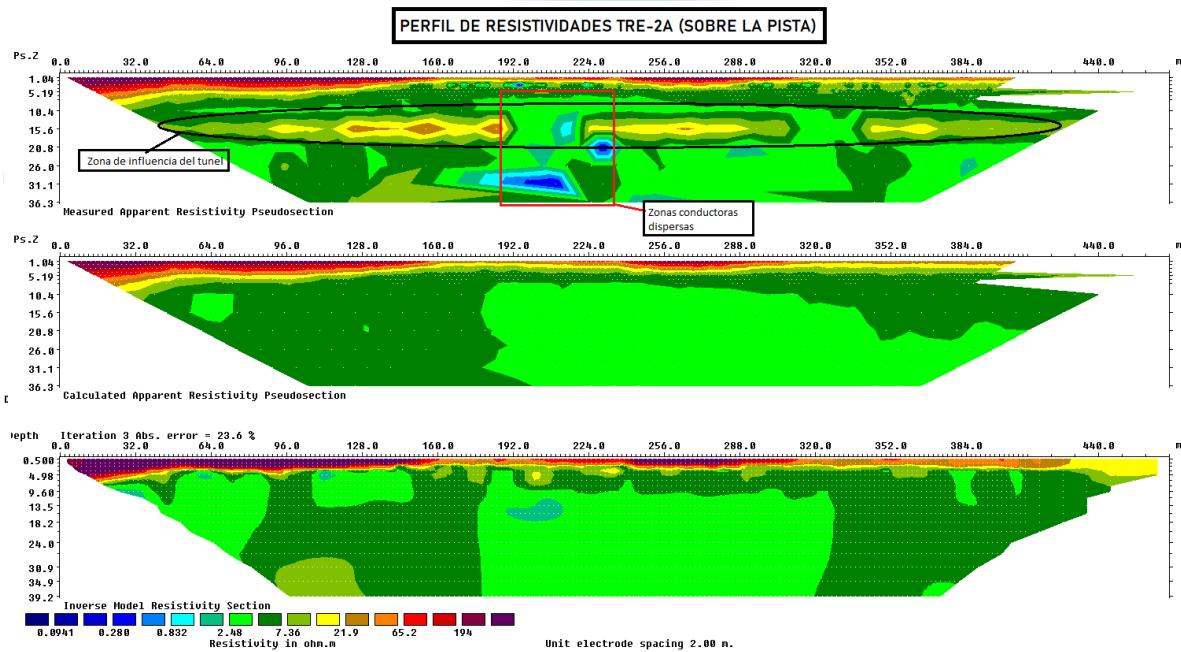


Ilustración 21.- Perfiles de resistividades del TRE 2 (sobre la pista) obtenidas en la zona de estudio.

En la Ilustración 21 se observan anomalías interesantes, destaca una anomalía que se extiende lateralmente en todo el perfil a los 15 metros de profundidad aproximadamente (pseudosección) con tan solo algunas interrupciones. Además, se distinguen un par de zonas conductivas unas tantas dispersas en la zona centro, podría existir relación alguna con sistemas de fallamiento o infraestructura preexistente que no hace posible la concordancia lateral de la roca. Las resistencias de la anomalía muestran un aumento relativamente grande, en contraste a la roca circundante, saltando de los 2 $\text{ohm} \cdot \text{m}$ hasta los 25 $\text{ohm} \cdot \text{m}$ aproximadamente, lo que podría indicar la influencia existente del túnel mencionado por SENER, a la profundidad indicada, podría llegar a tener una altura de hasta 3 metros. Sin embargo en el modelo inverso la resolución se llega a perder un poco, existe una mayor consistencia de los datos, sin embargo la influencia lateral que se observaba en la pseudosección se pierde.

PROSPECCION ELECTROMAGNETICA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

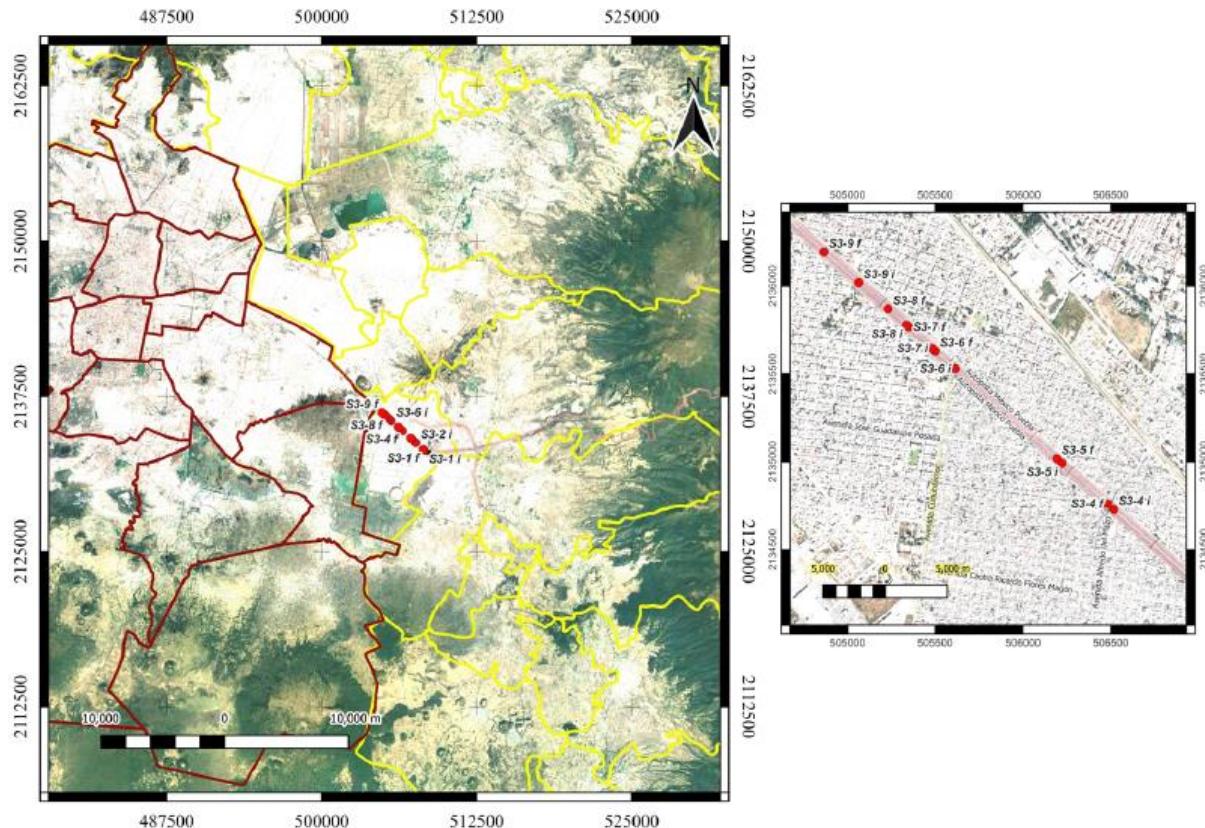
Se planea elaborar una serie de levantamientos de GPR, nueve en total, para determinar la existencia de estructuras civiles a una profundidad somera. De acuerdo con el plan de desarrollo del proyecto, se necesita clarificar la trayectoria de la ruta para evitar inconvenientes futuros.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



UBICACIÓN



Se realiza el levantamiento de nueve líneas de GPR en el paradero de la carretera México-Puebla.

GEOLOGIA DEL SITIO

El relieve en Valle de Chalco se distingue por ser un valle con dos lomeríos aislados, geomorfológicamente se localiza en tres regiones: Vaso lacustre, Vaso lacustre con piso rocoso o cementado y Lomerío de basalto. El vaso lacustre comprende 4,230 ha (91% del área municipal), es un terreno plano donde sobresalen los cerros de Xico y El Marqués, formados por derrames de lava basáltica y andesítica, es esta zona la pendiente varía del 10 al 30%; el vaso lacustre con piso cementado ocupa 340 ha (7%), su localización es al norte del municipio, la pendiente promedio en esta región es de 2%; finalmente la región conocida como lomeríos de basalto ocupan 67ha (2%) correspondientes a las laderas del cerro La Caldera, con una pendiente de más de 6%. El suelo predominante es el lacustre con 3,958 ha (85% del municipio) constituido por espesas capas de material arcilloso, con alto contenido de agua, muy compresibles, dentro de esta clase se localiza la zona urbana; le siguen en orden de importancia el suelo aluvial con 396 ha (9%) su localización es en el cráter



del Volcán de Xico y en la cima del cerro del Márquez; el suelo toba básica se distribuye en 193 ha (5%) localizadas en las laderas de los cerros Xico, El Márquez y La Caldera, estos suelos por ser de textura arenosa al entrar en contacto con el agua pluvial, pueden provocar inestabilidad en laderas; el restante 1% (57 ha) lo compone el suelo brecha volcánica básica.

FUNDAMENTOS TEORICOS DEL METODO

El radar de penetración terrestre o GPR por sus siglas en inglés es una técnica geofísica de carácter no destructiva y no invasiva para la exploración del subsuelo, para su caracterización y monitoreo (Olohoeft, 2006).

Sus aplicaciones son numerosas, algunos ejemplos son: caracterización de elementos de construcción (cimentaciones, hormigones, asfaltos, etcétera), prospección minera, cartografía, estratigrafía, arqueología, paleontología, tectónica y sismología, contaminación, detección de objetos enterrados, entre muchas otras. Esta versatilidad del GPR se basa en que ofrece un registro de alta resolución, es un método rápido y la utilización de intervalos de disparo pequeños permite considerarlo como un método casi continuo (Pueyo, 2016) (Zamora, 2005).

METODOLOGIA

Parámetros de adquisición

| Medición Geofísica | Coordenadas | | | | Long [m] |
|--------------------|-------------|-----------|----------|-----------|----------|
| | Inicios | | Finales | | |
| GPR-01 | 508267.3 | 2133173.5 | 508192.1 | 2133240.2 | 100 |
| GPR-02 | 507584.6 | 2133779.1 | 507511.9 | 2133843.3 | 100 |
| GPR-03 | 507243.3 | 2134082.4 | 507199.0 | 2134123.4 | 60 |
| GPR-04 | 506517.7 | 2134728.9 | 506480.0 | 2134762.2 | 50 |
| GPR-05 | 506221.3 | 2134992.0 | 506192.4 | 2135018.7 | 40 |
| GPR-06 | 505614.2 | 2135530.0 | 505500.8 | 2135630.2 | 180 |
| GPR-07 | 505482.6 | 2135646.4 | 505347.7 | 2135767.7 | 40 |
| GPR-08 | 505336.9 | 2135776.2 | 505231.5 | 2135869.8 | 50 |
| GPR-09 | 505063.6 | 2136019.4 | 504866.2 | 2136193.9 | 40 |

Ilustración 22.- ubicación de los distintos sondeos GPR realizados



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



Procesamiento

Se utilizo el software MATGPR, con el propósito de caracterizar las imágenes obtenidas por la antena GPR. Se utilizo una secuencia de procesamiento estándar, con el propósito de realizar anomalías, limpiar datos con ruido y obtener una consistencia lateral y a profundidad de las capas de roca.

RESULTADOS

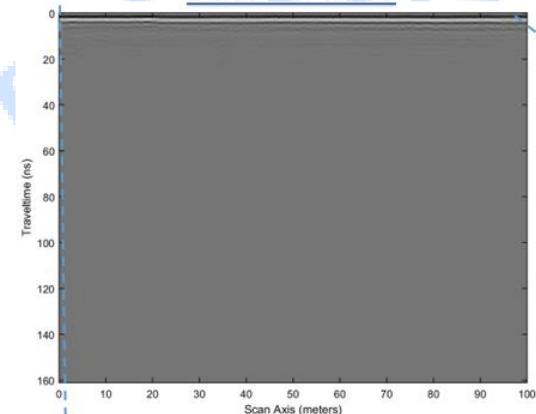
A continuación se muestran los resultados del procesamiento de algunas de las líneas realizadas en MATGPR, de las locaciones del paradero, carretera Chalco-Puebla.

Se pueden observar los resultados de las líneas 1 (Ilustración 23), línea 2 (Ilustración 24), línea 3 (Ilustración 25), línea 4 (Ilustración 26) y línea 5 (Ilustración 27), con su leyenda y parámetros de procesamientos utilizados para cada una de las líneas.



Procesamiento GPR-01 100 (m)

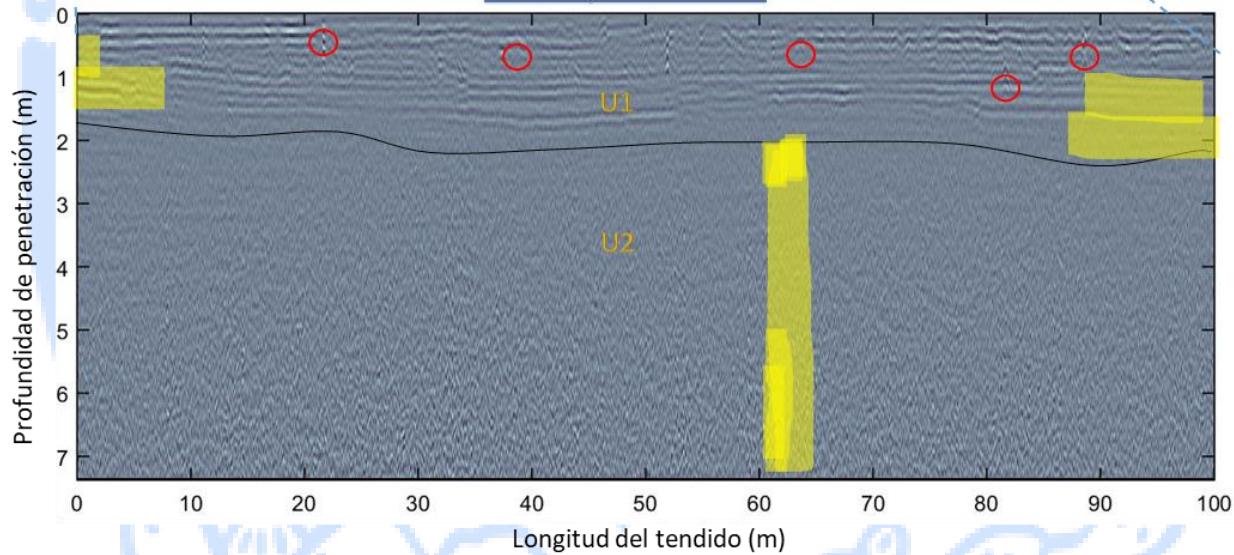
Datos crudos



Parámetros de procesamiento

DZT header gain = NA
Number of traces = 9266
Trace spacing = 0.0108m; (Section length = 100m)
x, y, z data = NA
Marker Information = NA
Samples per trace = 316
Sampling interval = 0.3161ns; (Time window = 99.573ns)
Signal position = 0 ns
Antenna = 500mhz
Antenna offset = 0.18m
Halfspace velocity = 0.1479m/ns
Processing History = Moved Time-zero by 1.264 ns
Trimmed Time Window (last 60.06ns (190 samples))
Removed DC component
Applied Dewow Filter
Applied Gain $g(t) = 0.3333 \cdot t^1 \cdot 1.09$
Removed Global Background Trace
Applied Band-Pass F-Filter, [0.07585- 0.559] GHz
Applied Polygonal Zone-PASS F-K Filter

Datos procesados



Simbología

- Possible tubería
- Contacto litológico
- Discontinuidad o cambios en propiedades físicas de la roca

Descripción

Tendido de 100 metros donde se presentan distintas anomalías reflectivas (posibles tuberías a cada 20 Metros de longitud, contacto litológico entre 1.2 y 1.5 m de profundidad. Así como inconsistencias en la continuidad; en los primeros tres etros, a los 60 metros y en los últimos 10 metros.

Ilustración 23.- Se muestran los resultados de la linea GPR-01



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



Procesamiento GPR-02 100 (m)

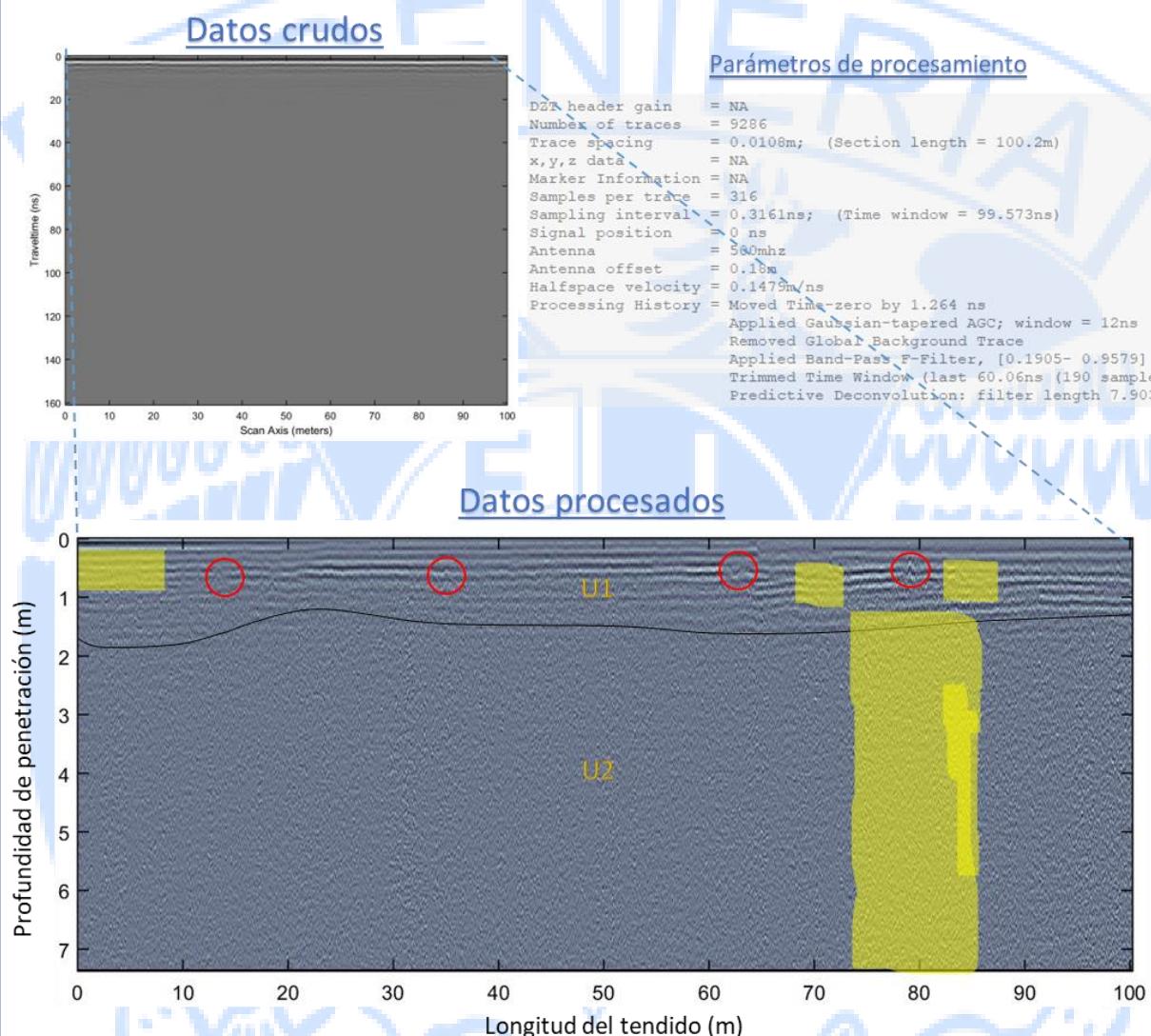


Ilustración 24.- Se muestran los resultados de la linea GPR-02



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

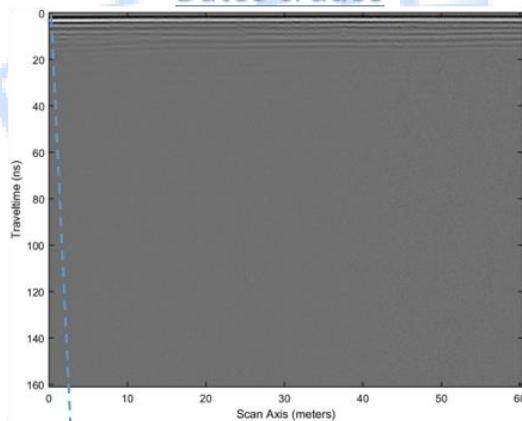


SACMEX



Procesamiento GPR-03 60 (m)

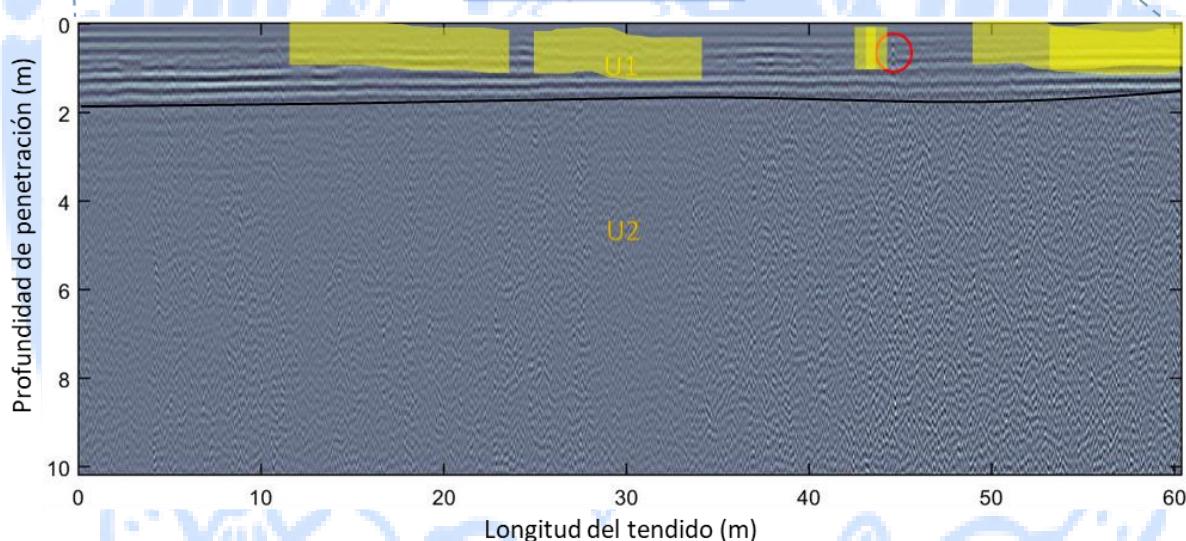
Datos crudos



Parámetros de procesamiento

DZT header gain = NA
Number of traces = 5595
Trace spacing = 0.0108m; (Section length = 60.39m)
x,y,z data = NA
Marker Information = NA
Samples per trace = 510
Sampling interval = 0.3161ns; (Time window = 160.9ns)
Signal position = -0.36883 ns
Antenna = 500mhz
Antenna offset = 0.18m
Halfspace velocity = 0.2048m/ns
Processing History = Raw Data

Datos procesados



Simbología

- Posible tubería
- Contacto litológico
- Discontinuidad en propiedades físicas de la roca

Descripción

Tendido de 60 metros donde se presentan distintas anomalías reflectivas (possible tubería a los 45 Metros de longitud, contacto litológico entre 1.3 y 1.9 m de profundidad. Así como inconsistencias en la continuidad; en los primeros dos metros de profundidad, entre 11-33 metros de longitud y entre 50-60 metros de longitud.

Ilustración 25.- Se muestran los resultados de la línea GPR-03

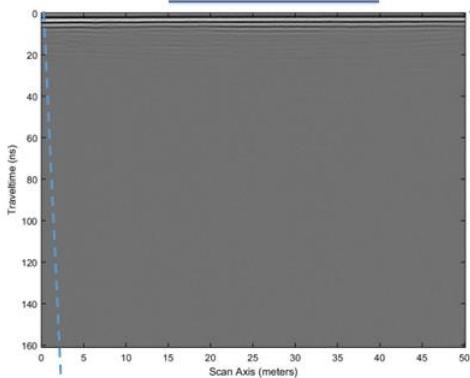


GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



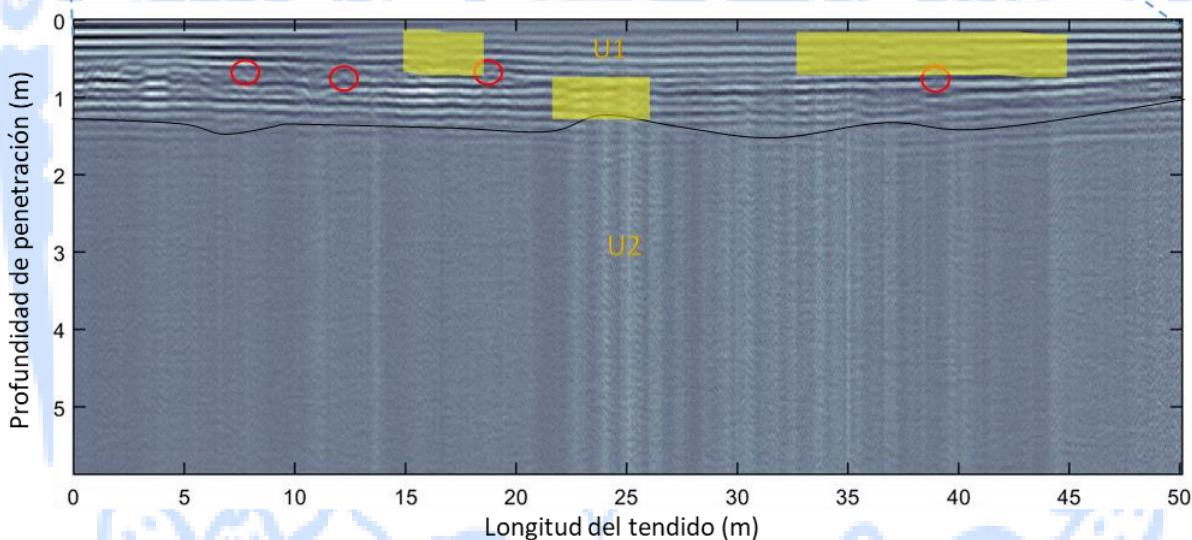
Procesamiento GPR-04 50 (m)

Datos crudos



Parámetros de procesamiento

DZT header gain = NA
Number of traces = 4642
Trace spacing = 0.0108m; (Section length = 50.1m)
x, y, z data = NA
Marker Information = NA
Samples per trace = 316
Sampling interval = 0.3161ns; (Time window = 99.573ns)
Signal position = Q ns
Antenna = 50mhz
Antenna offset = 0.18m
Halfspace velocity = 0.1178m/ns
Processing History = Moved Time-zero by 1.264 ns
Trimmed Time Window (last 60.06ns (190 samples)
Applied Gaussian-tapered AGC; window = 10ns
Removed Global Background Trace
Applied Low-Pass F-Filter at 1.3547 GHz
F-X Deconvolution: Operator length = 232 traces.



Simbología

- Posible tubería
- Contacto litológico
- Discontinuidad en propiedades físicas de la roca

Descripción

Tendido de 50 metros donde se presentan distintas anomalías reflectivas (posible tubería a los 5,10 y 20 Metros de longitud, contacto litológico entre 1.3 y 1.5 m de profundidad. Así como inconsistencias en la continuidad; en los primeros dos metros de profundidad, entre los 15-20 metros de longitud y entre 35-45 metros de longitud).

Ilustración 26.- Se muestran los resultados de la línea GPR-04

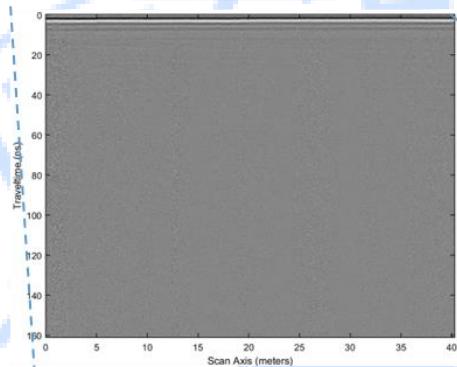


GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



Procesamiento GPR-05 40 (m)

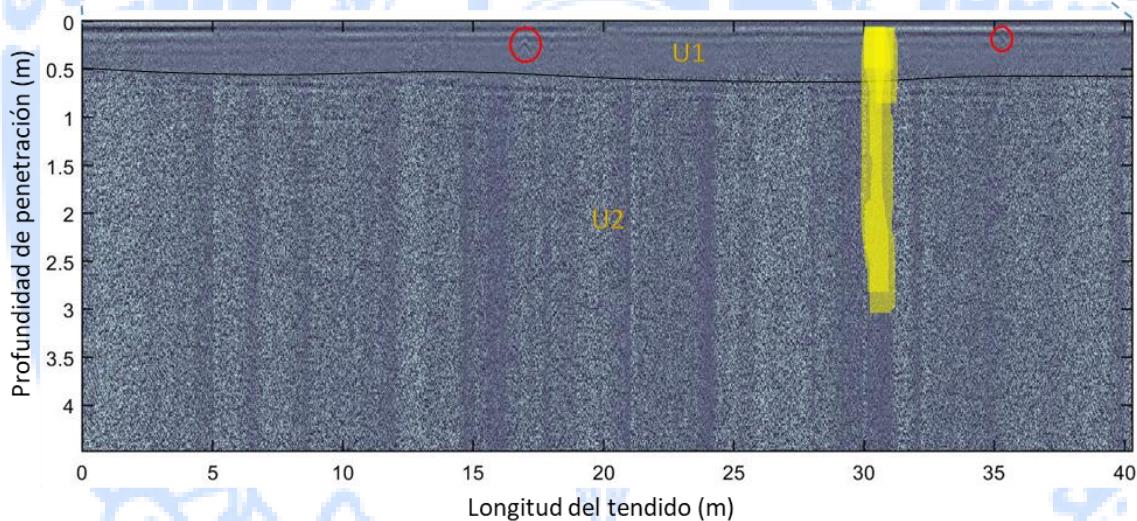
Datos crudos



Parámetros de procesamiento

DZT header gain = NA
Number of traces = 3733
Trace spacing = 0.0108m; (Section length = 40.29m)
x,y,z data = NA
Marker Information = NA
Samples per trace = 316
Sampling interval = 0.3161ns; (Time window = 99.573ns)
Signal position = 0 ns
Antenna = 500mhz
Antenna offset = 0.18m
Halfspace velocity = 0.08983m/ns
Processing History = Moved Time-zero by 0.6322 ns
Trimmed Time Window (last 60.692ns (192 samples))
Applied Standard AGC; window = 20 ns
Removed Global Background Trace

Datos procesados



Simbología

- Posible tubería
- Contacto litológico
- Discontinuidad en propiedades físicas de la roca

Descripción

Tendido de 40 metros donde se presentan distintas anomalías reflectivas (posible tubería a los 17 y 35 Metros de longitud, contacto litológico a los 0.5 m de profundidad. Así como inconsistencias en la continuidad; en los primeros dos metros de profundidad, entre 11-33 metros de longitud y entre 50-60 metros de longitud).

Ilustración 27.- Se muestran los resultados de la línea GPR-05



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX



Bibliografía

- Sistema de Aguas de la Ciudad de México, GDF, 2003. Estudio de medición de los pozos piloto de la cuenca del Valle de México. Biblioteca del SACM.
- F. Gómez de Orozco y J. Fernández, 1938. Planos de la Ciudad de México, siglos XVI y XVII. XVI° Congreso Internacional de Planificación y de la Habitación, 1990.
- Departamento del Distrito Federal, Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal, 12975. Talleres Gráficos de la Nación, 4 tomos.
- Lesser, J. M., D. González y L. E. Lesser, 1998, Balance de agua subterránea del acuífero de la Ciudad de México. Revista Hidráulica Urbana, DGCOH, No. 4, julio 1998.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO
COORDINACIÓN GENERAL
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE
DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍAS
SUBDIRECCIÓN DE TELEMETRÍA
J.U.D DE APOYO TÉCNICO



Ciudad de México, 29 de marzo de 2022

ASUNTO: **Termino de Prácticas Profesionales.**

**PROF. DAVID ESCOBEDO ZENIL
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA EN LA UNAM
PRESENTE**

Por medio de la presente informo a usted, que el **C. ABRAHAM RAZIEL PERAZA CANTABRANA**, con No. de Boleta: **418048647**, estudiante de la carrera **INGENIERIA GEOFÍSICA**, que se imparte en la **FACULTAD DE INGENIERIA DIVISIÓN DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA (UNAM)**. Inicio el día 30 de noviembre del 2021 y concluyo sus Prácticas Profesionales el día 25 de febrero del presente año en esta Unidad Departamental de Apoyo Técnico, perteneciente a la Subdirección de Telemetría, con un horario de 12:00 a 16:00 hrs en el programa Apoyo al Sistema de Aguas de la Ciudad de México, realizando las siguientes actividades:

- Búsqueda de información
- Medición de parámetros hidráulicos
- Elaboración de base de datos
- Análisis estadísticos de parámetros hidráulicos
- Aplicaciones de la ingeniería civil aplicado a la hidráulica
- Elaboración cartográfica de Telemetría en un SIG
- Elaboración de reportes y presentaciones.

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

M.I GUILLERMO ROBERTO VEGA SILVA
J.U.D DE APOYO TÉCNICO



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX

SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO
COORDINACIÓN GENERAL
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE
DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍAS
SUBDIRECCIÓN DE TELEMETRÍA
J.U.D DE APOYO TÉCNICO



2022 Flores Magón
Año de la Revolución Mexicana

ACUSE

PROF. DAVID ESCOBEDO ZENIL
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE GEOFISICA EN LA UNAM
P R E S E N T E

Por medio de la presente informo a usted, que el **C. ABRAHAM RAZIEL PERAZA CANTABRANA**, con No. de Boleta: **418048647**, estudiante de la carrera **INGENIERIA GEOFISICA**, que se imparte en la **FACULTAD DE INGENIERIA DIVISIÓN DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA (UNAM)**. Inicio el día 30 de noviembre del 2021 y concluyo sus Prácticas Profesionales el día 25 de febrero del presente año en esta Unidad Departamental de Apoyo Técnico, perteneciente a la Subdirección de Telemetría, con un horario de 12:00 a 16:00 hrs en el programa Apoyo al Sistema de Aguas de la Ciudad de México, realizando las siguientes actividades:

- Búsqueda de información
- Medición de parámetros hidráulicos
- Elaboración de base de datos
- Análisis estadísticos de parámetros hidráulicos
- Aplicaciones de la ingeniería civil aplicado a la hidráulica
- Elaboración cartográfica de Telemetría en un SIG
- Elaboración de reportes y presentaciones.

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

M.I GUILLERMO ROBERTO VEGA SILVA
J.U.D DE APOYO TÉCNICO



Ciudad de México, miércoles, 31 de agosto de 2022

Asunto: Carta de terminación Prácticas Profesionales

Ing. Marcos Trejo Hernández
Coordinación de Vinculación Productiva y Social
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
P r e s e n t e

Por medio de la presente, le comunico que el alumno **Abraham Raziel Peraza Cantabrana** con número de cuenta **418048647** de la **Licenciatura en Ingeniería Geofísica** que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, ha finalizado sus Prácticas en el **Programa de Ingeniería de Riesgos** con clave **2022-252/1-66, SESE, Sistemas Expertos y Salud Estructural, S.A.P.I. de C.V.** durante el periodo comprendido del 1 de junio al 31 de agosto de 2022, cumpliendo así **260 horas en la modalidad presencial** con el siguiente horario.

| Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 09.00 a 13.00 |
| 4 horas |

Durante el periodo indicado, el alumno **Abraham Raziel Peraza Cantabrana** estuvo bajo la supervisión directa **Dr. Cesar Augusto Arredondo Vélez Director de Ingeniería**, desarrollando las siguientes actividades:

1. Aplicación de principios básicos de ingeniería
2. Operación de equipos de medición
3. Instrumentación sísmica
4. Uso de probabilidad y estadística
5. Elaborar matrices de daño, curvas de fragilidad, índices de daño

Sin más por el momento quedo a la orden

A t e n t a m e n t e


M. A. Ninive Leva Osuna
Gerente de Recursos Humanos