

Propuesta Técnica de Proyecto de Estudio Geofísico en la Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México

Introducción

Como resultado del evento registrado el pasado 16 de marzo de 2021 consistente en la aparición de una grieta que de acuerdo a los medios tiene una longitud aproximada de 40 metros, y que se le atribuye a una fuga de agua. Personal del Instituto de Geofísica realizó una visita técnica a la zona del problema, ubicada en la primera sección de la colonia San Juan de Aragón en la alcaldía Gustavo A. Madero.

El Grupo de exploración del Instituto de Geofísica de la UNAM se presentó en el área de interés para recabar información adicional relacionada con los efectos de la o las grietas observadas en la superficie, así como para proponer un proyecto de caracterización del subsuelo mediante la técnica denominada: "Tomografía de Resistividad Eléctrica".



Figura 1. Características de los efectos más superficiales en viviendas, dentro de la zona crítica afectadas por grietas y fracturas registradas en la zona.

La información espacial; geográfica y fotográfica adquirida (Figura 1 y 2), nos permite establecer la estrategia para valorar la situación del subsuelo cercana y en los alrededores de la zona crítica (zona cero). La visita técnica se realizó el día 16 de marzo y permitió obtener la información necesaria en una primera aproximación de la configuración de los efectos superficiales a partir de las grietas en el área.



Figura 2. Zona crítica con afectaciones en viviendas por grietas registradas en la zona.

Propuesta para Caracterización del Subsuelo

De acuerdo a la experiencia del grupo de exploración geofísica, se recomienda un estudio del subsuelo mediante la técnica denominada Tomografía de Resistividad Eléctrica Bidimensional (TRE-2D), y bajo las condiciones que permitan la adquisición de datos correspondientes, misma técnica en tres dimensiones (TRE-3D).

Tomografía de Resistividad Eléctrica Bidimensional (TRE-2D)

La Tomografía Eléctrica es una técnica que permite investigar la variación de la resistividad en el subsuelo inyectando al terreno una corriente eléctrica estacionaria. El subsuelo puede ser estudiado por secciones (líneas de electrodos paralelas) y cada una de estas se interpreta para una mejor comprensión de la distribución de las resistividades del subsuelo.

El desarrollo práctico de la tomografía eléctrica consiste en expandir una línea de electrodos con una distancia entre éstos "a" constante. La profundidad de investigación se incrementa al hacer la distancia entre electrodos mayor como un múltiplo de "a" ($N \times a$). Para cada valor de N es un nivel de investigación y cada uno de ellos corresponde a una profundidad mayor. Cada uno de los electrodos puede ser de fuente (donde se inyecta la corriente) o de recepción (donde se lee la caída de potencial). Al tener lecturas de corriente (I en amperes)

y caída de potencial (ΔV en volts) y al emplear un arreglo tetrapolar se define la resistividad aparente. Con los valores de resistividad se construye la sección de iso-resistividades aparentes que muestran, en una primera aproximación, los cambios de resistividad presentes en el subsuelo.



Figura 3. Propuesta de TRE-2D en la zona de estudio (700 m de longitud).



Figura 4. Propuesta de TRE-3D en la zona de estudio (490-520 m lineales de longitud aproximadamente).

El proceso de interpretación consiste en obtener la distribución real de las resistividades del subsuelo con la ayuda de un programa de inversión 2-D. El resultado final es lo que se conoce como Tomografía Eléctrica, la cual presenta en falso color la distribución real de las resistividades a profundidad, de tal manera que permite un mejor análisis en la identificación de los rasgos del subsuelo.

Para complementar los estudios se propone la aplicación de la Tomografía de Resistividad Eléctrica 3-D; la cual es una técnica desarrollada por el grupo de Exploración Geofísica de la UNAM. A diferencia de una tomografía eléctrica 3-D convencional, esta técnica permite adquirir los datos de manera directa sin el uso de interpolaciones entre perfiles 2-D. Se puede considerar esta técnica como una tomografía de Alta Definición Espacial de la resistividad eléctrica medida.

Propuesta Técnica

Como resultado de experiencias anteriores relacionadas con agrietamientos, subsidencia, o fracturas asociados a fugas de agua, gas, etc. La propuesta técnica pretende describir mediante esta técnica de prospección eléctrica los rasgos del subsuelo entre la superficie y hasta un máximo de 20 a 35 metros.

Esto permite abarcar mediante una profundidad objetivo viable (20-35 m) por un lado las posibles fuentes del mecanismo de agrietamiento, y por otro lado una aproximación a la geometría de estas fuentes de riesgo (dirección/orientación, profundidad y forma).

Es necesario tomar en cuenta el estado del sistema hidráulico del subsuelo en las inmediaciones del área crítica; se proponen cinco perfiles bidimensionales (Figura 3) que tienen por objetivo la exploración del alcance y posible origen de los agrietamientos. En esta distribución de perfiles se propone realizar la TRE-2D; con una longitud total superficial entre los 650 y 700 metros, se estima que será posible caracterizar el subsuelo y la situación de presentan las condiciones hidráulicas con base a las resistividades observadas.

En una segunda etapa, se propone la técnica TRE-3D que se muestra en la Figura 4. Esta figura despliega una posible propuesta que puede reconfigurarse dependiendo del resultado que arrojen los perfiles TRE-2D. En principio la posición propuesta se basa en los espacios que permitirían estudiar los rasgos del subsuelo de mayor interés dentro de la zona crítica. Esta considera dos cuadriláteros con perímetros de 160 m, para el menor, y entre 200 y 210 m para el mayor.

Un polígono abierto en "L" se enfoca en una de las zonas críticas registrada durante la visita técnica, sus dimensiones serían de 50 m (este-oeste), y aproximadamente 100 m (norte-sur). Este polígono arrojaría información del subsuelo en de esta zona, donde se observan afectaciones a viviendas; aún y cuando no se puede configurar un polígono cerrado, se puede adaptar esta geometría.

Finalmente, es claro que mientras mayor información se logre recabar, incluyendo otros métodos tales como la geotecnia, el uso de InSar (Interferometric Synthetic Aperture Radar, por sus siglas en inglés), se obtendrán resultados de mayor alcance.

Calendario de Trabajo y Costos

El proyecto se realizará de acuerdo al siguiente cronograma de trabajo:

Actividad / Semana	1	2	3	4
Levantamiento de datos	XXX	XXX		
Procesado de la información		XXX	XXX	
Reporte			XXX	XXX

El costo proyectado para esta prospección geofísica es de: \$891,581 (ochocientos noventa y un mil quinientos ochenta y un pesos 00/100 M.N.) más IVA.

El Costo del trabajo incluye:

- Uso y manejo de la instrumentación, accesorios, herramientas de alta especialidad para la adquisición de datos eléctricos.
- Uso de accesorios para control y despliegue seguro de equipo de medición (cinta de seguridad, topes removibles, conos de desviación, etc).
- Un máximo de 700 metros lineales de perfiles de Tomografía Eléctrica 2-D.
- Un máximo de 520 metros lineales de Tomografía Eléctrica 3-D^R.
- Transporte al sitio de adquisición de datos y operación de equipo geofísico especializado
- Pago de seguros de equipo y de personal.
- Adquisición, control de calidad, interpretación preliminar, y procesamiento definitivo de los datos.
- Sistemas computacionales y licencias de software comercial y de creación propia para procesamiento, control de calidad, filtraje e inversión de datos, y despliegue gráfico interpretable.
- Gastos incidentales.

Productos Entregables:

- Interpretación y análisis integral de la información
- Archivos con los datos originales y procesados
- Memoria fotográfica del desarrollo del proyecto
- Informe Final Avalado por el grupo de Exploración Geofísica del Instituto de Geofísica de la UNAM, considerando una estimación del riesgo potencial en la zona, la situación del subsuelo en el área estudiada, así como una visión de acciones a seguir a mediano y largo plazo.

Requerimientos

Los responsables del convenio con la UNAM pondrán a disposición del responsable del proyecto toda la información necesaria de la zona de estudio, tales como reportes de estudios anteriores, mapas de localización y cualquier otra información relevante.

- Se debe tener el libre acceso para el personal de la que participará en este proyecto para la realización de los trabajos de exploración geofísica en el área y la protección del personal de la UNAM y el equipo utilizado propiedad de la UNAM.
- Se requiere el apoyo para la posible perforación de barrenos de 1.5"-2.0" de diámetro en los lugares seleccionados previamente con el fin de insertar los electrodos que forman parte de la configuración de las tomografías, la profundidad será la necesaria para llegar al material natural (suelo); tales barrenos deben estar listos en su totalidad antes de comenzar el trabajo de exploración.
- Se solicita el apoyo en la vigilancia y seguridad de la integridad del personal participante por parte de las autoridades correspondientes (Protección Civil, y/o SSC)
- El apoyo para los posibles cierres, o modificaciones en la circulación vehicular será requerida, incluyendo posiblemente la solicitud de los vecinos en el tránsito local.
- Dado que los miembros del Instituto de Geofísica participantes en este proyecto tienen como objetivo primordial la investigación científica, se propone que los resultados más sobresalientes de este trabajo sean autorizados de común acuerdo para su publicación en revistas científicas y foros académicos de interés, en los ámbitos nacionales e internacionales.

Consideraciones

- Los tiempos de entrega considerados en este proyecto serán de 3 a 4 semanas (laborables) como máximo a partir de la aceptación de la presente propuesta y del pago del 50% de anticipo del costo total del proyecto y el resto a la entrega del reporte final.
- Las líneas propuestas pueden cambiarse o modificarse de acuerdo a las condiciones mismas del terreno. Cualquier cambio o modificación a los alcances y tiempos descritos en este documento, antes o después de su autorización, será de común acuerdo y por escrito. Esto obviamente podría impactar el costo del proyecto.

México D.F. Ciudad Universitaria a 29 de marzo de 2021

Atentamente:

El Grupo de Exploración Geofísica (Instituto de Geofísica-Facultad de Ingeniería UNAM)

Dr. René E. Chávez, Responsable
Dr. Gerardo Cifuentes Nava
M.C. Esteban Hernández Quintero