



**TEHUACÁN**  
Comprometidos Contigo

**GOBIERNO 2011-2014**

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE DETECCIÓN DE RIESGO Y  
VULNERABILIDAD, EN COLONIAS UBICADAS AL ORIENTE DE LA  
CIUDAD DE TEHUACÁN; ESTADO DE PUEBLA.



**INTEGRACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS S.C.**

R.F.C. IAN1011278D8

OCTUBRE 2012

## INDICE

<b>I.- INTRODUCCIÓN.</b>	<b>4</b>
I.1).- Antecedentes.	4
I.2).- Objetivo.	5
I.3).- Localización y acceso.	6
<b>II.- GEOLOGÍA</b>	<b>8</b>
II.1).- Estratigrafía.	10
II.2).- Geología Estructural.	22
<b>III.- EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.</b>	<b>25</b>
III.1).- Métodos eléctricos.	25
III. 1.1).- Consideraciones sobre los métodos aplicados.	25
III.2).- Calicata geoelectrica (Dipolo-dipolo).	27
III. 2.1).- Trabajos efectuados.	29
III. 2.2).- Ubicación de las líneas de calicata (Dipolo-dipolo).	29
III. 2.3).- Características Eléctricas del Subsuelo.	32
III. 2.3.1) Interpretación cualitativa (Resistividades aparentes).	32
III. 2.3.2) Interpretación cuantitativa.	43
III.3).- Sondeos Eléctricos Verticales	53
III. 3.1).- Trabajos efectuados.	54
III. 3.2).- Ubicación de los sondeos.	55
III. 3.3) Características eléctricas del subsuelo.	55
III. 3.3.1) Interpretación cualitativa.	55
III. 3.3.2) Interpretación cuantitativa.	57
<b>VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>62</b>

### FIGURAS:

- Figura No. 1.- Drenaje
- Figura No. 2.- Geología del área de estudio.
- Figura No. 3.- Sector Norte de la Falla de Oaxaca (SNFO).
- Figura No. 4.- Dispositivo Dipolo-dipolo.
- Figura No. 5.- Ubicación de Calicatas Geoelectricas y Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).
- Figura No. 6.- Resistividad aparente línea de calicata L-1. Calle 22 Oriente.
- Figura No. 7.- Resistividad aparente línea de calicata L-2. Calle 27 Norte.
- Figura No. 8.- Resistividad aparente línea de calicata L-3. Calle 25 Norte.
- Figura No. 9.- Resistividad aparente línea de calicata L-4. Barranca La Hoya.
- Figura No. 10.- Resistividad aparente línea de calicata L-5. Calle 8 Oriente.
- Figura No. 11.- Perfil línea de calicata L-1. Calle 22 Oriente.
- Figura No. 12.- Perfil línea de calicata L-2. Calle 27 Norte.
- Figura No. 13.- Perfil línea de calicata L-3. Calle 25 Norte.
- Figura No. 14.- Perfil línea de calicata L-4. Barranca La Hoya.

- Figura No. 15.- Perfil línea de calicata L-5. Calle 8 Oriente.  
Figura No. 16.- Dispositivo Schulmberger.  
Figura No. 17.- Perfil de resistividades aparentes de sondeos eléctricos verticales.  
Figura No. 18.- Perfil Geoeléctrico.  
Tabla No. 1.- Ubicación geográfica de sondeos (SEV).  
Tabla No. 2.- Resistividades y espesores de horizontes geoeléctricos.

#### ANEXOS:

##### Anexo Mapas

- M.B. Mapa Base de Tehuacán.
- Mapa C.1. Fisiografía.
- Mapa E.1.8. Hundimientos.
- Mapa E.2.6. Inundaciones.
- Mapa Áreas de Riesgo.
- Mapa de restricciones.

##### Anexo Fotográfico geología.

##### Anexo Fotográfico sondeos eléctricos verticales (SEV).

##### Anexo Fotográfico calicatas geoeléctricas.

##### Anexo Hojas de campo y cálculo de líneas de calicata.

##### Anexo Hojas de campo y gráficas de SEV y gráficas de interpretación.

## I.- INTRODUCCIÓN.

Como uno de los resultados del estudio del **ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE TEHUACAN, PUE.**, fue el alto riesgo potencial de derrumbe y deslave en la zona oriental de la ciudad de Tehuacán, por la presencia de material arcilloso en las laderas de barrancas con pendientes de más de 45° de inclinación, conjuntamente con la zona de inundación que, en esa misma zona se presenta por la acumulación de agua sin salida. Por lo anteriormente expuesto se propuso la elaboración de un **ESTUDIO DE DETECCIÓN DE RIESGO Y VULNERABILIDAD** a través del estudio geofísico por resistividad eléctrica con los dispositivos o arreglos de sondeos eléctricos verticales (SEV) y calicata geoelectrica (Dipolo-dipolo), para conocer la estructura geológica del subsuelo, correlacionándola desde el punto de vista geológico con la presencia o no de anomalías geoelectricas que puedan estar relacionadas con cavernas, fracturas, horizontes arcillosos, etc., que lleguen a constituir riesgo alguno para la población.

El estudio comprende 7 colonias ubicadas al oriente de la ciudad de Tehuacán las cuales son: Del Valle 1ª y 2ª Sección, Ampliación Del Valle, Quinta Guadalupe, Guadalupe, La Joya y San Pedro Acoquiaco, y cubre un área aproximada de 1.250 Km<sup>2</sup> (Véase en anexo mapa M. B. Base de localidades de Tehuacán), con 1283 viviendas con un aproximado de 5461 habitantes.

### *I.1).- Antecedentes*

Para llevar a cabo el estudio geofísico, se procedió primeramente a recopilar y analizar la información existente concerniente a la geología, geofísica y geohidrología, del área de estudio y sus alrededores, de tal manera, se concluyó que existe alguna información de los temas antes mencionados, empleándose principalmente para esto, el:

- Atlas de riesgo del municipio de Tehuacán (2011), realizado por esta empresa Constructora TULIKPAK, S. A. de C. V. y la

- Estratigrafía Cenozoica de la región de Tehuacán y su relación con el sector norte de la Falla de Oaxaca. Dávalos-Álvarez. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas v.24, núm.2. 2007.

Además se consultaron las siguientes publicaciones y estudios:

En el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

- Carta geológica escala 1:250 000, E14-6 (Orizaba).
- Carta hidrológica de aguas superficiales escala 1:250 000, E14-6 (Orizaba).
- Síntesis geográfica del estado de Puebla, 1987.

En el Servicio Geológico Mexicano (SGM) antes Consejo de Recursos Minerales.

- Monografía Geológico-Minera del Estado de Puebla, 1992.
- Carta Geológica-Minera escala 1:250 000, E14-6 (Orizaba).

Además:

- Presentación de los resultados de los estudios técnicos del acuífero Valle de Tehuacán, clave 2105, estado de Puebla. Semarnat-Conagua, 2010.
- Estudio geofísico por resistividad eléctrica efectuado en terrenos del proyecto “Panteón privado de Tehuacán, ubicado en la colonia Agrícola El Porvenir, municipio de Tehuacán; estado de Puebla”. Geo Pozos de México, S. A. de C. V. (1997, Inédito).
- Estudio geofísico por resistividad eléctrica efectuado en terrenos de la Unidad Habitacional San Lorenzo, municipio de Tehuacán; estado de Puebla. Geo Pozos de México, S. A. de C. V. (1998, Inédito).
- Estudio geofísico por resistividad eléctrica efectuado en la Planta Manantiales Peñafiel, S. A. de C. V., ubicada en la Av. José Garci Crespo No. 2805, Tehuacán; estado de Puebla. Hidroperforaciones, S. A. de C. V. (2003, Inédito).

### *I.2).- Objetivo.*

El objetivo del presente estudio es determinar la posible existencia de anomalías geológicas en el subsuelo tales como fallas, fracturas, cavidades y horizontes arcillosos,

que se localicen hasta una profundidad de 15 metros, las cuales puedan implicar riesgos para la población, en especial en las colonias Del Valle 1ª y 2ª Sección, Ampliación Del Valle, Quinta Guadalupe y Guadalupe, ubicadas al oriente de la ciudad de Tehuacán. Así como la determinación de la estructura geohidrológica en la zona de inundación hasta una profundidad de 200 metros, con la finalidad de detectar algún horizonte de roca que permita infiltrar agua pluvial, en las colonias La Joya y San Pedro Acoquiaco.

Para llegar al objetivo citado, se llevó a cabo el estudio geofísico por resistividad eléctrica empleando los dispositivos o arreglos de sondeos eléctricos verticales (SEV) y calicata geoelectrónica (Dipolo-dipolo) en las colonias mencionadas.

### *1.3).- Localización y acceso.*

Regionalmente la ciudad de Tehuacán queda localizada en la porción centro oriente del estado de Puebla, dista aproximadamente 127 kilómetros al sureste de la ciudad de Puebla, capital del estado.

El acceso principal a partir de la ciudad de Puebla, es a través de la carretera Federal No. 150 de cuota Puebla-Veracruz, hasta aproximadamente el KM 204, donde se toma la carretera Federal No. 135 de cuota Cuacnopalan-Oaxaca, la cual se continúa hasta la ciudad de Tehuacán, una vez aquí se prosigue por la Av. Independencia Oriente hasta la calle 7 Norte, la cual se toma y se sigue hasta la calle 6 Oriente, donde se da vuelta a la derecha y se continúa hasta la calle 11 Norte, donde se da vuelta a la izquierda y se sigue por ésta hasta la calle 12 Oriente, continuando por ésta hasta la Iglesia “La Familia de Dios” de la colonia Del Valle 1ª Sección, que se toma como centro de referencia del área de estudio (Véase en anexo mapa M. B. Base de localidades de Tehuacán).

Su posición geográfica tomando como referencia el centro del área de estudio, y que corresponde a la iglesia “La Familia de Dios” ubicada en la esquina de las calles 12 Oriente y 25 Norte de la colonia Del Valle 1ª Sección, la determina el siguiente sistema de coordenadas:

Latitud Norte 18° 28' 20.32" y

Longitud Oeste 97° 22' 31.90"

Tiene una altitud promedio de 1593 m.s.n.m.

Estas coordenadas así como la ubicación de los sondeos, fueron tomadas mediante el uso de un GPS de bolsillo de la marca GARMIN, con el sistema WGS 1984, con una aproximación de 5 metros.

## II.- GEOLOGÍA.

Fisiográficamente la ciudad de Tehuacán se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur (SMS) de acuerdo al criterio de E. Raiz (1964), y que a la vez se ubica entre los límites de las sub-provincias fisiográficas de Sierras Orientales y Sierras Centrales de Oaxaca (Véase en anexo mapa C.1. Fisiografía), según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1984).

El rasgo geomorfológico en los alrededores de la ciudad de Tehuacán, corresponde principalmente a un relieve semiplano con una pendiente suave en dirección noroeste a sureste y que forma parte del valle de Tehuacán, mientras que en la porción correspondiente a la ciudad de Tehuacán, dicho valle es más amplio y hacia sus bordes oriente y poniente se presentan una serie de lomeríos de baja altura de pendientes suaves, así como algunas serranías que llegan a alcanzar alturas que sobrepasan los 2,000 metros sobre el nivel del mar (msnm).

El drenaje local está controlado por las porciones topográficas elevadas, siendo éste de tipo dendrítico de régimen intermitente y torrencial, cuyos cauces son angostos y profundos, los arroyos más importantes son la Yerbabuena, Cruz de Quiote y Chapultepec, que originan las principales barrancas del área y que llevan el mismo nombre de los arroyos (Figura No. 1), las dos primeras se ubican al norte y sus corrientes se adentran en el valle donde se ubica la ciudad de Tehuacán dando lugar a importantes caudales de agua debido ya sea por la alta compacidad y a la vez baja permeabilidad de los materiales superficiales y que al parecer son los causantes de las inundaciones en algunas porciones de las colonias que comprenden el estudio, el tercero se ubica al oriente de la ciudad y es el más próximo al área, su cauce es amplio y moderadamente profundo, esta barranca cambia su nombre más al sur a barranca Seca. El área pertenece a la región Hidrológica No. RH28 Papaloapan, que corresponde a la cuenca del Río Papaloapan y específicamente a la subcuenca del Río Salado.

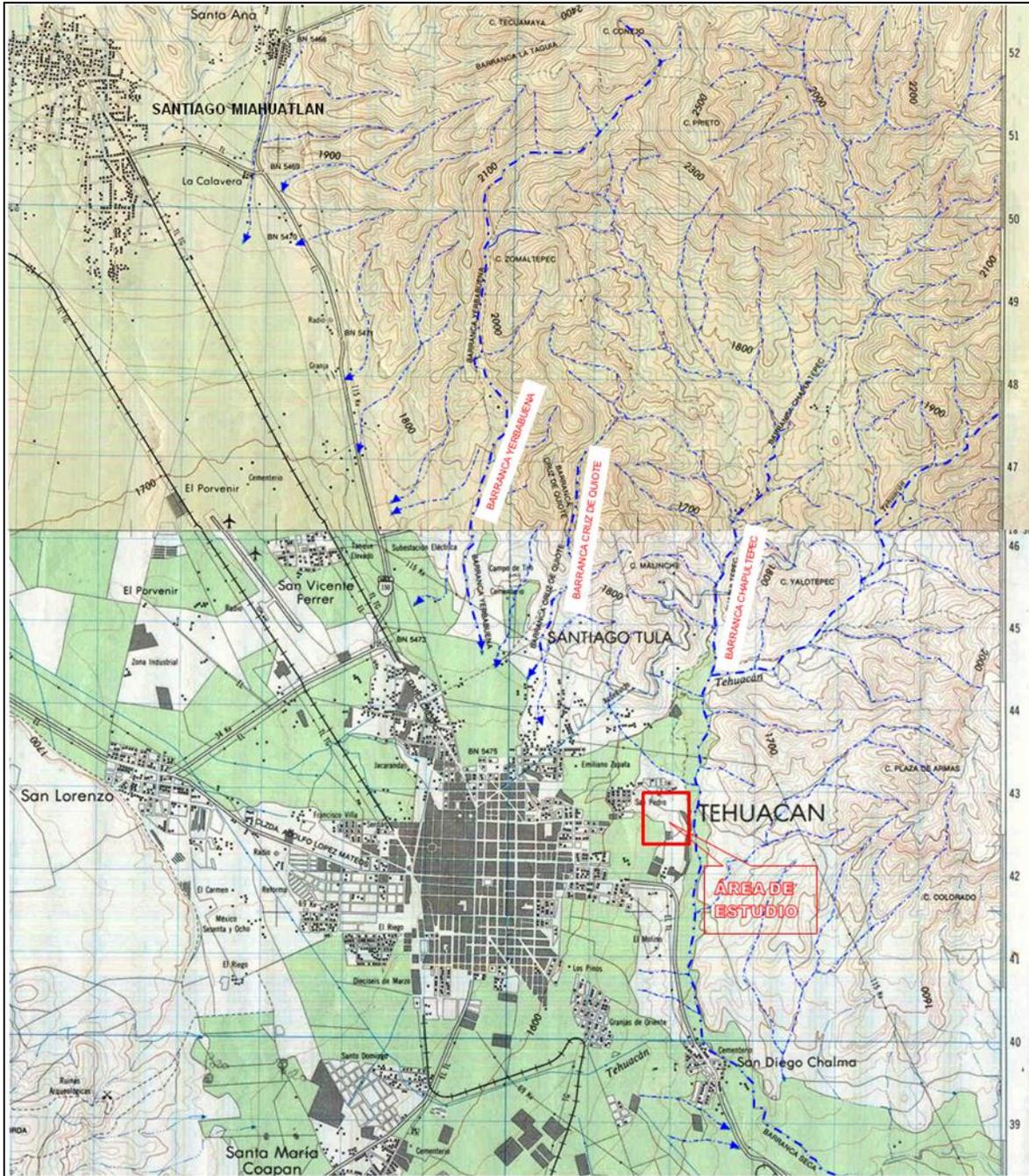


Figura No. 1.- Muestra las principales corrientes de agua que cruzan por el área de estudio.

### *II.1).- Estratigrafía.*

Para el marco geológico y estructural local se tomó como base el trabajo de Dávalos-Álvarez, 2007, mostrado en el artículo “Estratigrafía Cenozoica de la región de Tehuacán y su relación con el sector norte de la Falla de Oaxaca (Figura No. 2), así como las descripciones presentadas en éste y de las otras fuentes consultadas, que incluyen características litológicas de cada una las unidades que afloran en los alrededores de la ciudad de Tehuacán, asimismo se mencionan las observaciones físicas y litológicas de las unidades de roca determinadas durante el recorrido geológico local, a continuación se mencionan dichas unidades litológicas que afloran en la región.



## **Unidades Cenozoicas**

### ***Lechos rojos Tilapa (Tet)***

#### ***(Eoceno temprano a medio)***

Ha sido cartografiada al suroriente de la ciudad de Tehuacán y se reporta como: capas violáceas de lodolita y limolita, así como de arenisca y conglomerado de color rojo, con espesores de 5 a 50 cm que hacia la cima presenta capas delgadas de yeso. El conglomerado contiene clastos con tamaños que van de algunos milímetros (gránulos y guijarros) hasta 30 cm, son angulosos a subredondeados, provienen de gneis, esquisto y anfibolita, en menor cantidad de arenisca, andesita y sílice y escasamente de caliza; los clastos están dentro de una matriz areno-arcillosa, aunque en algunos lugares es clástica. Las capas son desde deleznales hasta muy litificadas. Se le ha estimado un espesor mínimo de entre 150 y 200 m. Por su posición estratigráfica se le ubica en el Eoceno temprano a medio. En los alrededores de la población de Tilapa se tiene uno de sus mejores afloramientos

### ***Formación Tehuacán (Tomt)***

#### ***(Oligoceno tardío – Mioceno medio)***

Aguilera (1906) la describió como una secuencia cretácica de limolita y arenisca que identificó como Formación Tehuacán. Trabajos posteriores señalaron a esa formación como terciaria (e.g., Calderón-García, 1956; Hernández-Estévez, 1980), y constituye el principal relleno del valle de Tehuacán.

Dávalos-Álvarez describen que en su parte inferior y media tiene capas con estratificación delgada a media de caliza lacustre, arenisca y limolita que intemperizan a un color amarillo, así como intercalaciones de lutita amarilla y lodolita verde; presenta diferentes grados tanto de disolución como de recristalización y de silicificación. Hacia la cima hay lodolita verde y yeso fibroso con algunos horizontes tobáceos intercalados y es común observar huellas de desecación. Estos horizontes tobáceos (toba) se presentan tanto de color verde como blanco, con un grado de compactación variable; es densa, laminar, y tiene huecos producidos por la alteración de minerales; su textura es porfídica, con fenocristales euédricos de biotita y líticos de una roca silícica. En las capas subyacentes a la toba hay enriquecimiento en sílice, aparentemente en forma de pedernal, de color

verde y muy duro. No se documentó la base de esta unidad ya que está cubierta por los sedimentos lacustres Altepexi o por los conglomerados San Isidro y Teotitlán.

Su depósito se ha interpretado en un ambiente lacustre (Barrientos-Reyna, 1985), dentro de cuencas endorreicas asociadas a actividad en la Falla Oaxaca "FO" (Avellaneda-Córdova *et al.*, 1987). Las concentraciones de sílice en la base de la toba y la laminación y agrupación de cristales en capas, con una orientación que presenta caras planas paralelas a la estratificación, evidencian un depósito subacuoso. Se le estima que tiene un espesor mínimo de 300 m.

Durante el reconocimiento geológico se observó y se describieron las características físicas de las diferentes unidades litológicas presentes en el área, estos afloramientos se encuentran principalmente en barrancas ubicadas al oriente de las colonias que comprenden el presente estudio y en algunos cortes de terreno, dentro de las mismas, a continuación se describen.

En la barranca ubicada en la porción noreste de la colonia Guadalupe aflora en la porción más superficial una toba limosa alterada de color claro que cubre a una roca volcánica constituida por fragmentos de roca volcánica de formas sub-angulosas a sub-redondeadas del tamaño de la grava (Fotos Nos. 1, 2 y 3), empacados dentro de una matriz areno limosa (toba Lítica), esta última en algún tiempo se excavó para obtener materiales de construcción. No se observó el contacto inferior de esta última.



Foto No. 1



Foto No. 2



Foto No. 3

Los afloramientos de sedimentos lacustres más abundantes están constituidos por una secuencia distribuida de manera irregular (heterogénea) de limos, arenas finas a medias (Fotos Nos. 4 y 5), lentes conglomeráticas de fragmentos chicos dentro de los limos (Foto No. 6) y horizontes de conglomerados de espesor hasta de 3 metros soportados en una matriz limo arenosa, en conjunto son de variable compacidad, los fragmentos de los conglomerados son sub-redondeados a redondeados y son de composición calcárea, sus tamaños van desde gravillas a guijarros (Foto No. 7).



Foto No. 4



Foto No. 5

Las Fotos Nos. 4 y 5, muestran el aspecto de los limos, arenas finas y medias de los sedimentos de origen lacustre.



Foto No. 6



Foto No. 7

Las Fotos Nos. 6 a 7, muestran el aspecto de los limos, arenas, lentes conglomeráticos y los conglomerados cuyos fragmentos son de naturaleza calcárea y sus formas son sub-angulosos a sub-redondeados, soportados en una matriz limo arenosa.

En la pared poniente de la barranca La Hoya afloran travertinos (caliza lacustre) que es una roca calcárea originada por sedimentos de la misma composición, está distribuida en capas delgadas y en algunas porciones están muy intemperizadas, se encuentra bordeada por los sedimentos lacuáres antes descritos, en estos mismos afloramientos su espesor es de un metro hasta alcanzar la totalidad de la profundidad de la barranca que es de unos 10 metros.

Los travertinos cubren discordantemente a una secuencia de capas delgadas de lutitas, areniscas y lodolitas que intemperizan a color amarillo, estas presentan un fracturamiento marcado (Fotos Nos. 8 y 9), el contacto se observa en el fondo de la barranca La Hoya en su porción poniente, es decir, donde se encuentra la caída de la alcantarilla de la calle 12 Oriente.



Foto No. 8



Foto No. 9

Las Fotos Nos. 8 y 9, muestran el espesor de los travertinos y el contacto de éstos con las capas de lutitas, areniscas y lodolitas, localizados en el fondo de la pared poniente de la barranca La Hoya.

Con la descripción anterior de las diferentes unidades de rocas, éstas se pueden correlacionar con la Formación Tehuacán descrita por diversos autores en el Valle de Tehuacán.

También en el reconocimiento geológico del área, se observaron zonas con situaciones de riesgo, las cuales son originadas por efectos humanos tales como, asentamientos en materiales de relleno en barrancas, muros de contención en los arroyos y por la construcción en laderas lavadas por agua (Fotos Nos. 10 a 15).



Foto No. 10



Foto No. 11

Fotos Nos. 10 y 11.- Muestra el relleno con escombros y los asentamientos del terreno, ubicados en las colonias Del Valle 2ª Sección y Guadalupe.



Foto No. 12



Foto No. 13

Fotos Nos. 12 y 13.- Muestra la construcción de casas en un muro de contención en arroyos que cruza la calle Roble, en la colonia Del Valle 2ª Sección.



Foto No. 14



Foto No. 15

Fotos Nos. 14 y 15.- Muestran el deslave (erosión) del terreno, debido a la fuerte pendiente y los daños provocados por las corrientes de agua, éstos ubicados en la colonia Del Valle 2ª Sección.

### ***Conglomerado San Isidro (Tms)***

#### ***(Mioceno medio a tardío)***

Dávalos-Álvarez, 2007, cartografió a esta unidad de forma independiente por su importancia con relación al desarrollo de la Falla Oaxaca. La unidad aflora en las inmediaciones de la Colonia San Isidro, ubicada al oriente de la ciudad de Tehuacán. La describe como un conglomerado mal clasificado, muy compactado, polimíctico y con clastos soportados por la matriz. Los clastos son de caliza y caliza con pedernal, arenisca de color café-verde y rojo, granito y de otro conglomerado polimíctico. Los clastos son subangulosos a subredondeados y varían de 1 a 8 cm. Las capas de la unidad tienen una disposición horizontal y sobreyacen a la Formación Tehuacán con una discordancia angular sutil (Figura No. 5, sección G-G'). Se localiza en una zona de relevo del SNFO (Sector Norte de la Falla Oaxaca). Estimándose un posible espesor mínimo de 400 m. Su edad máxima es limitada al Mioceno medio por yacer sobre la Formación Tehuacán y, dado su contacto transicional con esa formación, su edad mínima se considera del Mioceno tardío.

### ***Sedimentos lacustres Altepeixi (Tmpla)***

#### ***(Mioceno medio – Pleistoceno)***

Esta unidad fue cartografiada en los alrededores de la ciudad de Tehuacán, principalmente al poniente de ésta y se observan claramente en el corte de la Carretera Federal No. 131 (Tehuacán–Oaxaca) en los alrededores de Altepeixi. La unidad ha sido descrita como sedimentos lacustres constituídos por horizontes areno-arcillosos, calcáreos, deleznales, de color café que intemperizan a blanco-amarillo, con textura sacaroide y granos bien redondeados; también tiene capas arcillosas de color naranja-amarillo, muy porosas y ligeras. Además hay lodolita verde y capas de grava con clastos de andesita y arenisca. Hacia la cima se presenta un conglomerado poco consolidado, con guijarros de caliza de pocos centímetros y redondeados en una matriz areno-arcillosa, el cual está intercalado con capas arcillosas. Presenta bandas de ónix de color café, que son muy duras pero frágiles. También hay cavidades de raíces de plantas reemplazadas por sulfatos y/o carbonatos, yeso masivo y fibroso, y capas de travertino. En general, presenta estratificación horizontal y porosidad secundaria por disolución. Suprayacen en discordancia angular ligera a la Formación Tehuacán y a la andesita San Juan Atzingo; en la parte superior presenta una variación lateral de facies, cambiando a lodos calcáreos. Se infiere un ambiente de depósito continental lacustre somero y cuyo espesor mínimo estimado es de 80 a 100 m. Por la posición estratigráfica de los sedimentos lacustres Altepeixi y considerando que hacia su parte superior aparecen cambios de facies laterales con intercalaciones con los sedimentos lacustres Villa Alegría, se le asigna una edad entre el Mioceno medio y el Pleistoceno.

### ***Sedimentos lacustres del Neógeno – Cuaternario (N-On)***

#### ***(Plioceno – Pleistoceno)***

Dentro de esta unidad se hace una subdivisión para resaltar características distintivas en los diferentes depósitos que la constituyen.

#### ***Travertino Cerro Prieto.***

El travertino Cerro Prieto aflora en el borde poniente del valle de Tehuacán, al oeste del poblado Ignacio Mejía en el Cerro Prieto, donde se documentó su contacto inferior. Forma

paquetes de más de 30 m de lodo calcáreo (micrita). Son rocas de color rojizo a amarillo que intemperizan a tonos crema, bandeadas, con abundante porosidad secundaria por disolución y presencia de lapiaces; no tiene fósiles ni bioturbación. Forman amplias terrazas horizontales que sobreyacen en discordancia angular a los lechos rojos Tilapa y son cubiertas por el conglomerado Teotitlán. La fuente de los carbonatos parece ser la porción poniente del valle de Tehuacán, donde hay potentes secuencias calcáreas cretácicas que fueron expuestas a una fuerte disolución. En el valle de Tehuacán, el travertino ha sido considerado como del Plioceno–Cuaternario (e.g., Brunet, 1967; Centeno-García, 1988; INEGI, 1994). Suponiendo una probable correlación entre los travertinos descritos y el travertino de San Antonio Texcala, localizado hacia el surponiente y fechado en  $52 \pm 5$  ka por Michalzik *et al.* (2001; U/Th), y atendiendo también a las relaciones estratigráficas observadas, se ubica a esta unidad en el Plioceno–Pleistoceno.

#### *Sedimentos lacustres Villa Alegría*

Esta unidad aflora hacia la parte más septentrional del valle, sobre la carretera Federal No. 150, a aproximadamente 2 km al norte de Tehuacán. Son rocas de color rojizo y amarillo que intemperizan a tonos crema, están bandeadas, estratificadas y son muy porosas. Es una roca de precipitación formada por micrita, con calcita recristalizada fina y anédrica; no se encontraron microfósiles. En la secuencia hay intercalación de lodolita de color verde. Presenta cambios de facies laterales, reconociéndose la intercalación de travertino en capas finas de color blanco y horizontes conglomeráticos de los sedimentos lacustres Altepexi (Figura No. 5, sección HH'). Está cubierta por el conglomerado Teotitlán y aluvión. El ambiente de depósito es continental lacustre, generado por zonas de inundación con aguas saturadas en carbonato. En la unidad se reconocieron moldes y contramoldes (icnitas) de camélidos y de felinos que se presentan de manera aislada y en parte rellenas por calcita.

Debido a los diversos puntos de vista acerca de la edad para esas rocas, es difícil determinar la edad de ésta, sin embargo, diversos autores le asignan una edad del Plioceno–Pleistoceno.

## ***Conglomerado Teotitlán Qptl***

### ***(Pleistoceno)***

Centeno-García (1988) llamó informalmente conglomerado Teotitlán a una secuencia poco compactada y masiva que identificó como abanicos aluviales. Ésta unidad se ha cartografiado al norte de la ciudad de Tehuacán (Figura No. 5), consiste de un conglomerado polimíctico, sin gradación, deleznable y masivo, de color café-rojizo, con clastos de gneis, anfíbolita, micaesquistos, andesita, caliza, arenisca y pedacera de sílice amorfa, soportados por una matriz arcillosa; los clastos son subangulosos a subredondeados, algunos angulosos, con tamaños entre 5 mm y 10 a 15 cm, varios alcanzan los 30 cm y hay clastos de rocas metamórficas que llegan a medir 2 m en su diámetro mayor. En algunas zonas, la matriz presenta enriquecimiento en micas blancas detríticas. Sobreyace discordantemente a las unidades cretácicas y terciarias; sólo los rellenos aluviales y abanicos activos cubren a esta secuencia de gravas. Se considera de ambiente continental terrígeno formado por abanicos aluviales. Se le ha estimado un espesor mínimo de 150 a 200 m y según su posición estratigráfica se ubica en el Pleistoceno.

## **Cuaternario**

### ***Abanicos aluviales y aluvión Qal***

#### ***(Holoceno – Reciente)***

Aflora ampliamente en el valle de Tehuacán. El aluvión está formado por sedimentos muy finos y los abanicos son depósitos deleznales de gravas dentro de una matriz arenarcillosa, de color café claro, que contienen líticos de rocas metamórficas (gneis, anfíbolita y micaesquistos) y de lutita; los clastos son subangulosos, algunos angulosos, y tienen tamaños de 10 a 15 cm con bloques de hasta un metro. Se aprecian horizontes arenosos con estratificación cruzada y capas de sedimentos finos con clastos imbricados. Esta unidad cubre en discordancia angular prácticamente al resto de las rocas del valle y sólo sobreyace concordantemente al conglomerado Teotitlán. El afloramiento muestreado está en el lecho de un río y mide 3.9 m de altura, de la base a la cima se encuentra lo siguiente: a) capa de 80 cm de clastos gruesos (5, 8 y 10 cm y hasta 20 cm) dentro de una matriz de arena gruesa; b) capa de 70 cm de arena fina a gruesa; c) capa de 20 cm de arena gruesa y gravas que alcanzan hasta los 10 cm, aunque la mayoría son de 3 a 5

cm; d) capa de 40 cm de arena fina a media; en esta capa se obtuvo el carbón que está retrabajado y redondeado, es fino aunque se encuentran pedazos de hasta 1 cm; e) capa de 1.80 cm de conglomerado medio a grueso en matriz arenosa rica en cuarzo; los clastos son preferentemente de rocas metamórficas.

### *II.2).- Geología estructural.*

De acuerdo a la cartografía realizada por el INEGI, SGM y Dávalos-Álvarez (2007) op. cit. el Valle de Tehuacán está controlado por un sistema de fallas, siendo la más representativa la Falla de Oaxaca (FO) que es un sistema que se formó durante el Cenozoico. La deformación por efectos de extensión asociada al sector norte de ese sistema de fallas formó una semifosa o depresión tectónica conocida como valle de Tehuacán.

El sector norte de la Falla de Oaxaca (SNFO) está constituido por cuatro fallas normales que forman cuatro segmentos con una pequeña componente de cizalla lateral que forman un arreglo en échelon izquierdo (Figura No. 3). Con la caracterización de las unidades litoestratigráficas, el arreglo escalonado del sistema de fallas y las fases de deformación cenozoicas identificadas, se concluyó que el sector norte de la falla de Oaxaca creció a través de relevos de falla con una migración y propagación de la deformación del sur al noroeste.

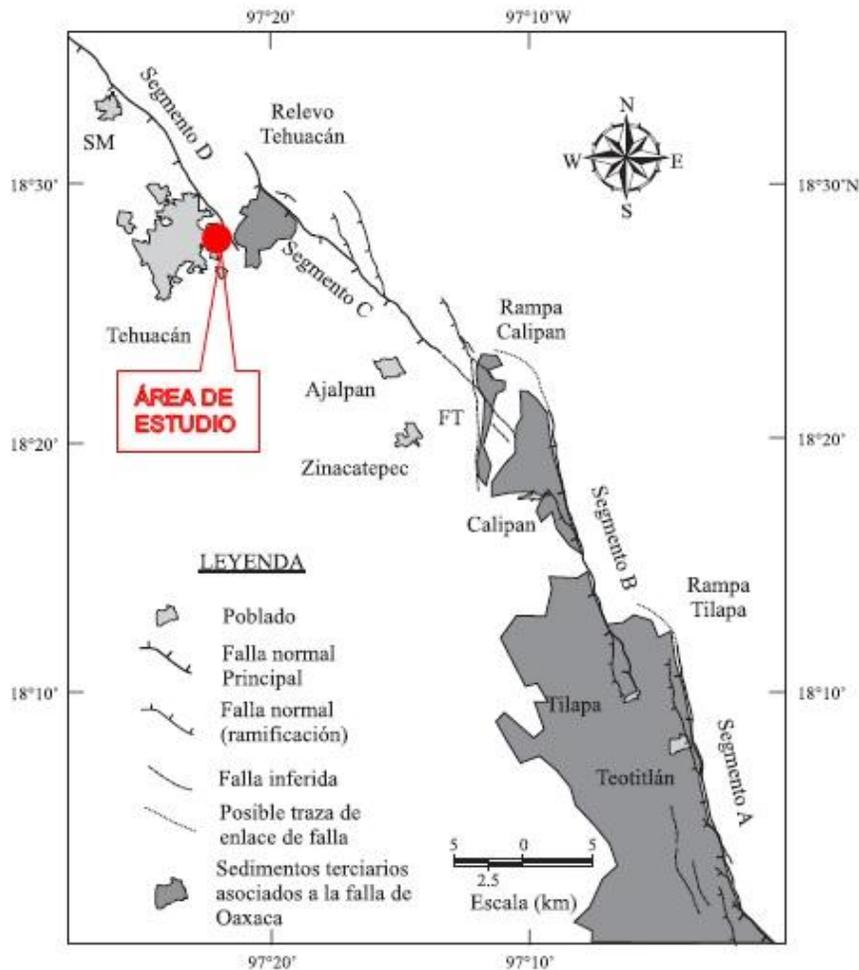


Figura No. 3.- Muestra los cuatro segmentos que forman el SNFO y zonas de relevo de falla. SM: Santiago Miahuatlán; FT: Falla Tecachil. Las regiones en gris oscuro marcan la zona de depósitos terciarios relacionados con la actividad de fallas (fuente Dávalos-Álvarez, 2007).

La descripción de los segmentos es el siguiente:

Segmento A.- Este se extiende por 20 km del borde meridional de la Hoja Orizaba hasta Tilapa; hacia su parte sur se puede seguir en la Hoja Oaxaca por más de 35 km. El escarpe de falla tiene un desnivel de entre 700 y 800 m en las inmediaciones de Tilapa, donde es muy pronunciado, su orientación es N-NW. En el bloque del bajo afloran rocas del Complejo Oaxaqueño.

El segmento B.- Inicia en Tilapa prolongándose por aproximadamente 25 km hasta el N-NW de Calipan y al oriente de Zinacatepec, su orientación es NNW, el escarpe de falla tiene un desnivel de aproximadamente 800 m. En el bloque hundido aflora la cubierta cenozoica.

El segmento C.- Se extiende por 20 a 23 km de Calipan a Tehuacán con rumbo NW; su escarpe tiene un desnivel de aproximadamente 750 m. En el bloque del bajo de la falla aflora la Formación Chivillas, pero se interpreta que hubo rocas de la Formación Tamaulipas Superior, ya que las calizas de dicha unidad son los principales constituyentes del conglomerado El Campanario.

El segmento D.- Se extiende desde Tehuacán hasta el borde septentrional del área, tiene una longitud de 20 km con una orientación NW y el escarpe forma desniveles de entre 300 y 400 m. En el bloque del bajo de este segmento aflora la Formación Chivillas y, en el del alto, rocas cenozoicas.

Dávalos-Álvarez (2007), trató de demostrar la actividad actual de las fallas en el valle de Tehuacán estudiando los abanicos aluviales más recientes, sin embargo, esos depósitos son horizontales y no son cortados por estructuras. En esos abanicos obtuvo un fechamiento que nos aproxima a una edad de depósito de  $2,550 \pm 140$  A.P op.cit. Con la disposición horizontal y la ausencia de fallas concluyó que la actividad de las fallas en el SNFO no ha sido significativa en los últimos 2,500 años.

### III.- EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.

Partiendo de los mapas del Atlas de Riesgo en los temas de Hundimientos (E.1.8) e Inundaciones (E.2.6) en la localidad de Tehuacán (Véase mapas anexos) y una vez que se definió el marco geológico del área que comprende las colonias Del Valle 1ª y 2ª Sección, Ampliación Del Valle, Quinta Guadalupe y Guadalupe, que corresponden al presente estudio. Se determinó la metodología de la exploración geofísica la cual consistió en la aplicación de los métodos eléctricos de resistividad sondeos eléctricos verticales y calicatas geoeléctricas.

#### III. 1).- Métodos eléctricos.

La geofísica ha sido en los últimos años, un buen auxiliar en la exploración del subsuelo (agua subterránea, minería, arqueología, geotecnia, etc.) al igual que en otras áreas, independientemente del método aplicado. La información de campo que se obtiene en los diferentes arreglos geofísicos, normalmente es buena cuando los equipos de geofísica que se utilizan, trabajan correctamente, además de que es muy importante que tengan la capacidad de exploración del subsuelo, a la profundidad que se desea. Lo interesante de todo esto, es al momento de procesar e interpretar esta información ya que se debe contar con un buen apoyo geológico y geohidrológico.

#### III. 1.1).- Consideraciones sobre los métodos aplicados.

En el presente estudio, esta exploración consistió en la aplicación de los métodos geoeléctricos de resistividad. Este método de resistividad lo que mide es la oposición que ofrecen las rocas o minerales al paso de la corriente eléctrica. Por regla general las rocas compactas son resistivas ya que son muy malas conductoras de la corriente eléctrica, y en las zonas donde se tiene un fracturamiento con saturación de agua, se observan resistividades bajas. Además pueden presentar resistividades bajas algunas arcillas, margas y otros sedimentos con humedad, ya que cuando estas rocas están secas son de alta resistividad. Las unidades en las que se mide la resistividad son ohms-metro.

Para realizar prácticamente este método, se necesita de un circuito de transmisión y de

un circuito de recepción. El circuito de transmisión está formado por una fuente (que puede ser de baterías o motogeneradores de combustión interna), una unidad de control y cables por donde se envía la corriente eléctrica y dos electrodos A y B (que pueden ser varillas de bronce, fierro o acero inoxidable), con los que se inyecta corriente eléctrica al terreno. La fuente y unidad de control se conoce como Transmisor (Tx).

El circuito de recepción o medición está formado por un receptor o medidor (Rx), conectado al terreno por medio de dos electrodos impolarizables (que pueden ser de porcelana, PVC con cerámica, etc.) que es donde se recibe la señal; estos electrodos también se conocen como electrodos de potencial o de medición y se simbolizan con las letras M y N.

El equipo empleado en este levantamiento es de fabricación Canadiense marca SCINTREX (Foto No. 16), consiste de un transmisor modelo IPC-7 de 2.5 Kw., que emplea como fuente un motogenerador de combustión interna de 8 HP; el receptor es modelo IPR-8 con el que se mide la resistividad, potencial natural y la cargabilidad, que es un parámetro de Polarización Inducida.



Foto No. 16.- Muestra el equipo SCINTREX empleado en el presente estudio (Aparato TRANSMISOR a la izquierda, aparato RECEPTOR al centro y MOTOGENERADOR a la derecha).

Tomando en cuenta lo anterior, en el presente estudio se emplearon las modalidades de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y Calicatas Geoeléctricas (Dipolo – Dipolo).

### ***III. 2).- Calicata geoeléctrica (Dipolo – Dipolo).***

Como ya se mencionó anteriormente, se conoce como dispositivo geoeléctrico al conjunto de electrodos que inyecta corriente en el subsuelo y registra el potencial generado en el mismo. Generalmente, el dispositivo se forman por cuatro electrodos (Dipolo-Dipolo), aunque, una pareja de electrodos se denomina de corriente (C1 y C2), y son los responsables de inyectar corriente en el subsuelo, y otros dos son los de potencial (M y N), empleándose para medir el voltaje generado en el subsuelo por la corriente inyectada.

Cuando se desea conocer las variaciones laterales de resistividad del subsuelo, se utiliza una longitud de línea de corriente fija, determinada en relación con la profundidad de investigación esperada, manteniendo fijo el arreglo de electrodos en tanto que el centro del sondeo cambia respecto a la profundidad de exploración la cual permanece constante para cada distancia del o los electrodos de corriente y los electrodos de potencial, a lo largo de un perfil de medida. Se utiliza generalmente este dispositivo “calicata o perfilaje eléctrico” cuando se buscan zonas alteradas o fracturadas en una masa rocosa así como en arqueología, geotecnia (cavidades y cavernas), agua subterránea, minería y la localización de estructuras y anomalías complejas, tanto geológicas como antrópicas (efectos humanos).

Un marco más preciso del subsuelo es un modelo bidimensional (2D) donde la resistividad cambia tanto en la dirección vertical como en la dirección horizontal a lo largo de la línea de exploración. En estos casos, se presume que la resistividad en la dirección perpendicular a la línea del sondeo no varía. En muchas situaciones, particularmente para exploraciones sobre cuerpos geológicos o anomalías elongadas, es una suposición muy razonable.

En el presente caso se empleó el perfilaje eléctrico 2D (calicata geoeléctrica de alta densidad) con el dispositivo Dipolo-Dipolo, con el cual se pueden obtener mejores

resultados en áreas con geología o anomalías moderadamente complejas. Tales mediciones se efectúan comúnmente usando un número grande de electrodos (11 o más) conectados a un cable múltiple, que a su vez están conectados a un conector electrónico que se usa para seleccionar automáticamente los electrodos (dipolo MN) correspondientes para cada medida (arreglo multi-electrónico).

En nuestro caso empleamos para las determinaciones de resistividad aparente un receptor IPR-8 y un número de 11 electrodos a lo largo de la línea de calicata o investigación, usando una distancia inter-electrónica constante entre los electrodos adyacentes. El espaciamento entre estos electrodos adyacentes se denomina “a” (4 metros respectivamente para el presente caso), para la primera medida, se usan los electrodos (C1 y C2) y (M1 y N1), para la segunda (C1 y C2) y (M2 y N2), para la tercera (C1 y C2) y (M3 y N3), y así sucesivamente hasta alcanzar la profundidad a investigar, nótese que las C corresponde a los electrodos de corriente y el resto a los electrodos de potencial (dipolo MN), por lo que el factor de separación entre el electrodo de corriente y el dipolo será “n” el cual se incrementa conforme la separación de estos sea mayor entre estos y que corresponde a la vez a la profundidad de investigación a lo largo de toda la línea, una vez que se leen todos los dipolos (M N) con el dipolo C1 y C2, los electrodos de corriente pasan al dipolo C2-C3 y se inicia todo el procedimiento anterior, por otro lado, el punto de atribución o lectura de resistividad aparente corresponde al punto intermedio formado de la unión de las líneas trazadas a 45° del centro del dipolo C1-C2 y el dipolo M1-M2 (Figura No. 4).

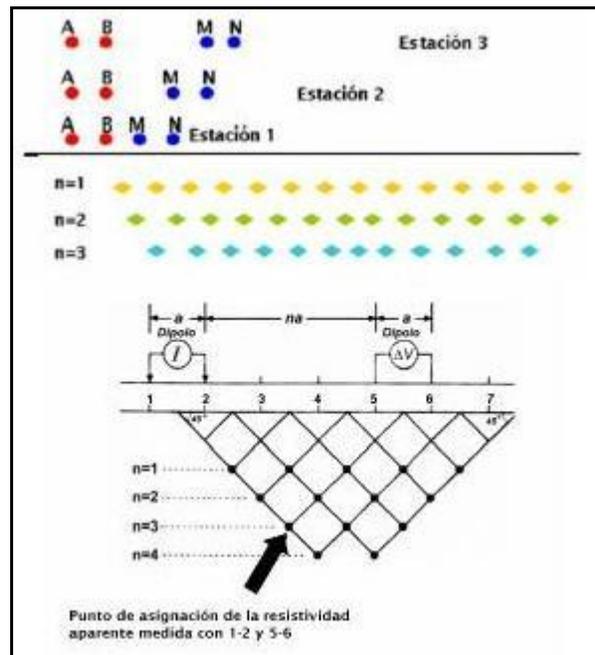


Figura No. 4.- Arreglo Dipolo-Dipolo.

La resolución de penetración a la profundidad de investigación depende en gran medida de la potencia y sensibilidad del equipo de geofísica empleado.

### III.2.1).- Trabajos efectuados.

Para la investigación de este proyecto se hizo un barrido electródico del subsuelo hasta una profundidad teórica de 22 metros, teniendo una separación de dipolos de  $a=4$  metros en superficie y factor de profundidad de  $n=10$ . Se realizaron 5 líneas de calicata geoelectrica (L-1 a L-5), con éstas se estudia el subsuelo a una profundidad aproximadamente constante y en sentido horizontal, posteriormente los datos de campo se procesaron con el software Surfer 8.0, con los cuales se obtuvo un modelo en profundidad de la distribución de la resistividad aparente. Los resultados de estas interpretaciones se muestran en las Figuras Nos. 6 (L-1), 7 (L-2), 8 (L-3), 9 (L-4) y 10 (L-5), así como la ubicación de cada una de ellas. La longitud total de éstas es de un poco más de 1,000 metros.

### III.2.2).- Ubicación de las líneas de calicata (Dipolo-dipolo).

La ubicación de cada una de estas líneas de calicata geoelectrica se muestra en la Figura

No. 5., las cuales quedaron marcadas en su inicio y a cada 40 metros de distancia con fichas. A continuación se describe cada una de estas líneas:

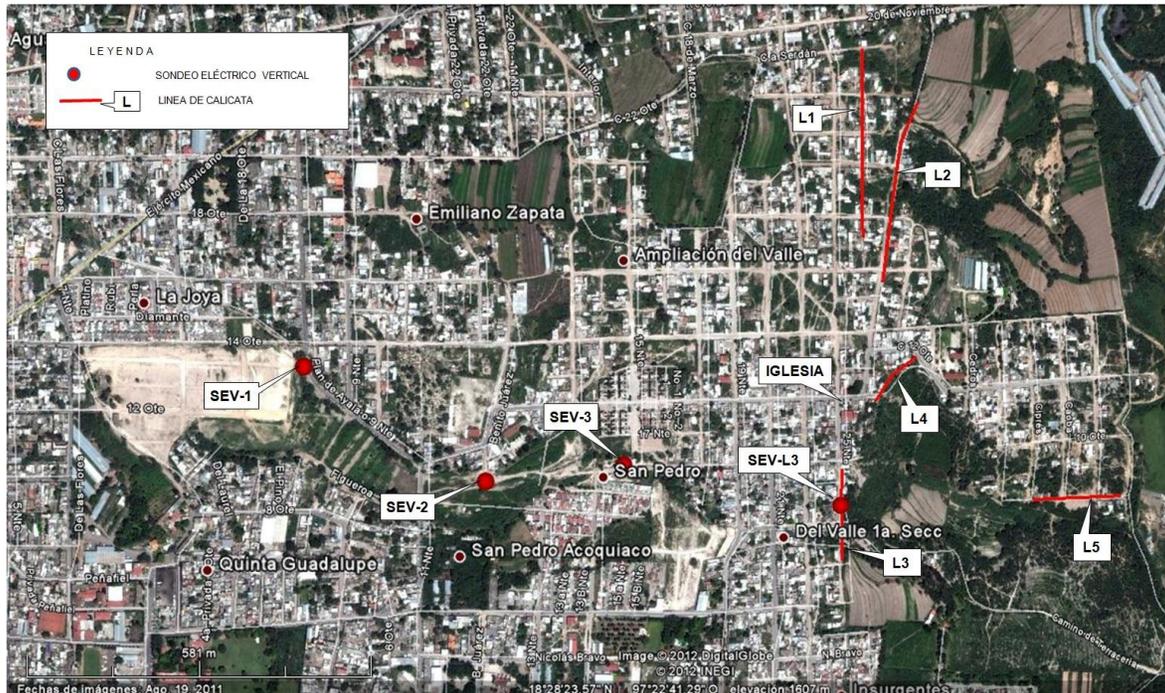


Figura No. 5.- Muestra la ubicación y la distribución de los sondeos en el área de estudio, se localizan en las colonias La Joya, San Pedro Acoquiaco y Del Valle 1ª Sección.

La línea L-1 se ubica al oriente de la colonia Guadalupe, y se realizó a lo largo de la calle 22 oriente, inicia al norte de la calle 22 oriente esquina con la calle Aquiles Serdán, y termina al sur en la privada 27 norte, por lo que su rumbo es norte sur, su longitud es de 316 metros y fueron tomadas un total de 765 estaciones de medida.

La línea L-2 se ubica al oriente de la L-1 y es casi paralela a esta, se ejecutó a lo largo de la calle 27 norte, inicia aproximadamente a 40 metros al norte de la barranca sin nombre (donde hay escombros) en los terrenos de cultivo, su rumbo inicia con una dirección NE 23° SW y cambia posteriormente a NE 07° SW, su longitud es de 316 metros y fueron tomadas un total de 765 estaciones de medida.

La línea L-3 se ubica en la calle 25 oriente de la colonia Del Valle 1ª Sección, se ejecutó a lo largo de ésta, inicia al norte aproximadamente a 20 metros al sur de la esquina que

forma con la calle 10 oriente y termina al sur casi en la esquina que forma con la calle Privada 23 Norte, su rumbo es norte sur, su longitud es de 156 metros y fueron tomadas un total de 373 estaciones de medida.

La línea L-4 se ubica en el camino o calle señalada como 12 oriente, de las colonias Del Valle 1ª y 2ª Sección y ocupa el borde norte de la barranca La Hoya, se ejecutó a lo largo de este camino, inicia a 16 metros al suroeste de la alcantarilla de la misma calle 12 oriente y termina en la calle frente a la escuela primaria Benito Juárez, su rumbo inicial es SW 32° NE y cambia a SW 53° NE, su longitud es de 114 metros y fueron tomadas un total de 263 estaciones de medida.

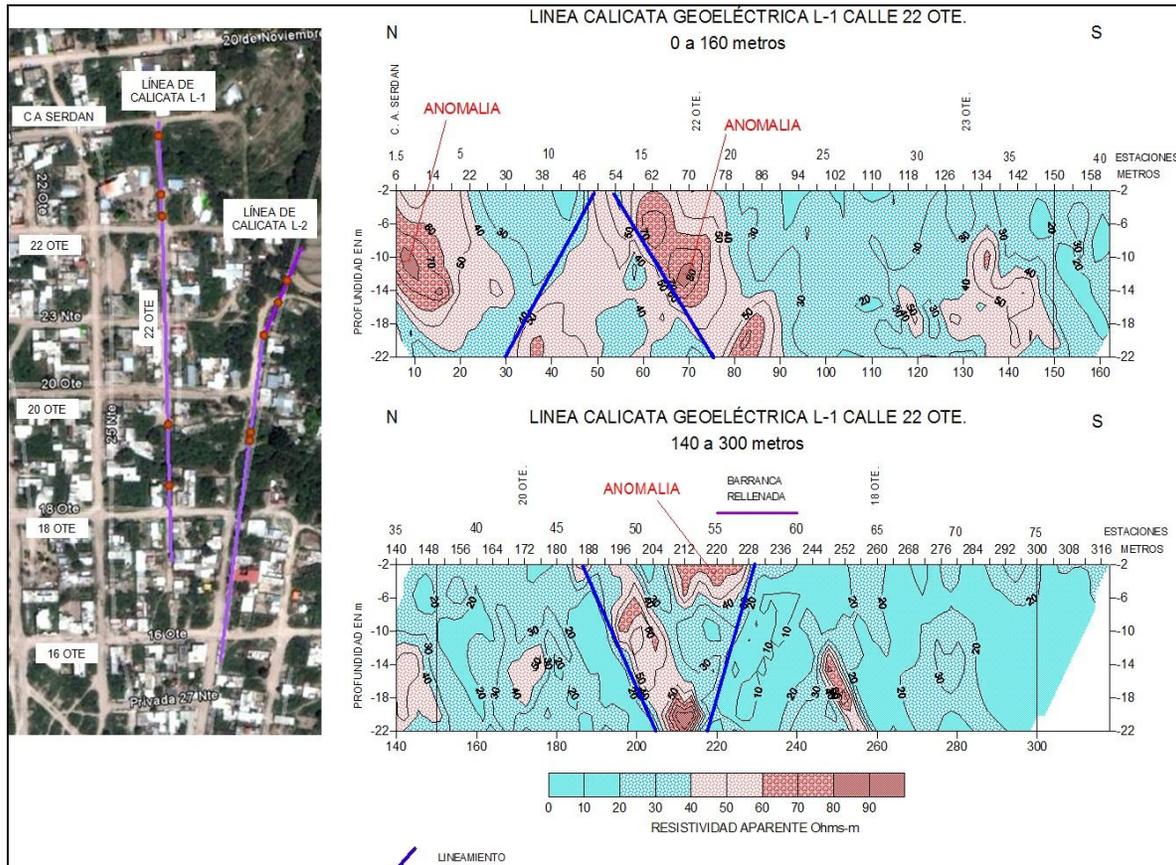
La línea L-5 se ejecutó a lo largo de calle 8 oriente de la colonia Del Valle 2ª Sección, inicia al oriente casi en la esquina que forma con la calle Ciprés y termina a unos 10 metros al poniente con la esquina que forma con la calle Roble, su rumbo es SW 87° NE, su longitud es de 114 metros y fueron tomadas un total de 263 estaciones de medida.

En el anexo fotográfico calicatas geoelectricas se muestra el desarrollo en cada una de éstas.

III.2.3).- Características Eléctricas del Subsuelo.

III. 2.3.1) Interpretación cualitativa (Resistividades aparentes).

Línea de calicata geoelectrica L-1 (Figura No. 6).



Ohms-metro	Correlación litológica
10 a 20	Secuencia de limos y arenas finas de variable compacidad.
20 a 60	Arenas finas a medias mezcladas con limos, intercaladas con lentes conglomeráticos de poco espesor.
60 a 90	Conglomerados de fragmentos chicos y medianos, empacados en limos. En la porción superior se correlacionan con materiales de relleno.

De la interpretación cualitativa de los resultados obtenidos de esta sección, se observan varias anomalías consistentes en altos resistivos y lineamientos, los primeros indican en el subsuelo rellenos de materiales posiblemente escombros y los segundos fracturas, a continuación se ubican dichas anomalías con mayor precisión:

1).- Se localizan aproximadamente a 8 metros del inicio de la línea, a una profundidad a

partir de los 6 metros.



Foto No. 17.- Al inicio de la línea

2.- Se localiza entre los 58 a 74 metros del inicio de la línea, a partir de los 2 metros de profundidad.



Foto No. 18.- Se ubica casi en la esquina donde da vuelta la misma calle 22 oriente.

3.- Se localiza entre los 208 a 232 metros del inicio de la línea, ésta corresponde a los materiales de relleno en la barranca, en una casa por la que pasa la línea se observan asentamientos del terreno por mala compactación.



Foto No. 19



Foto No. 20

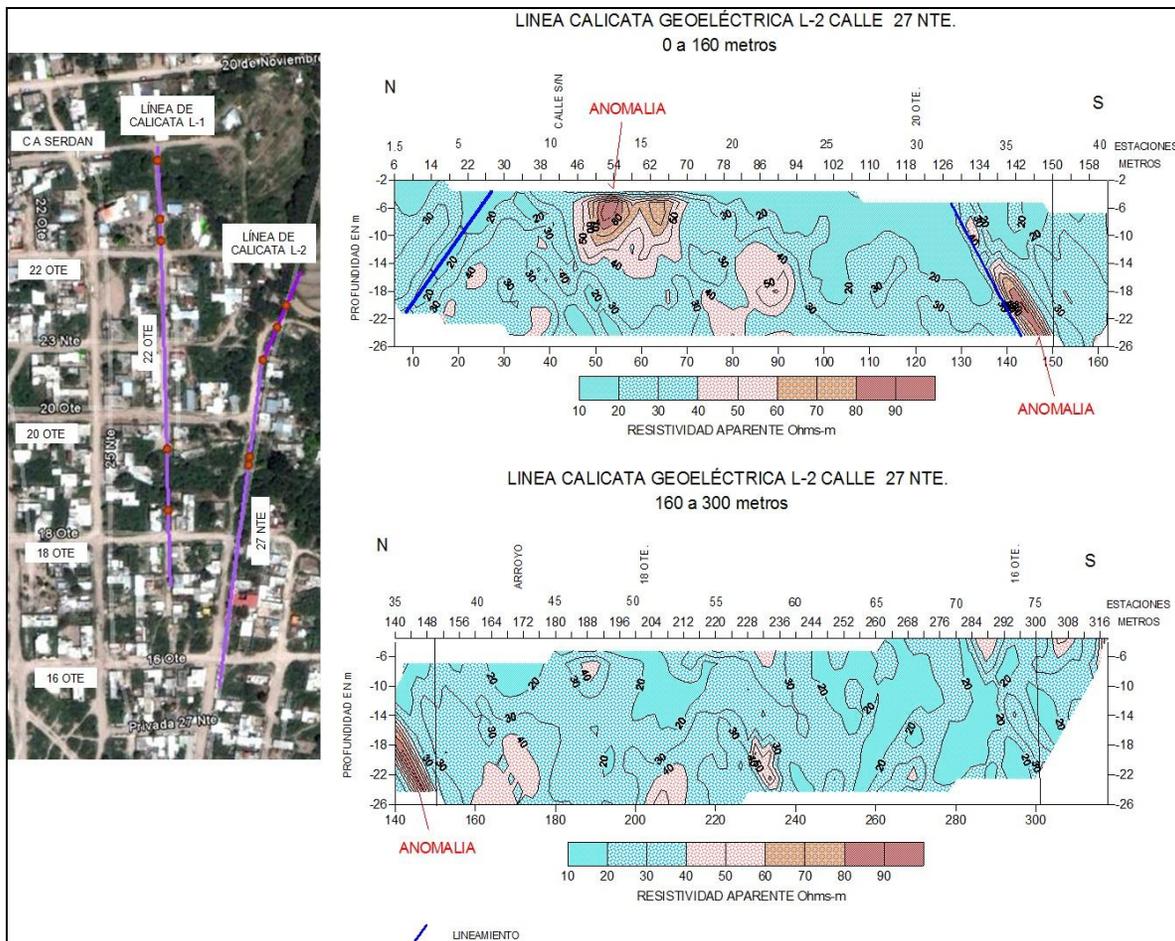
Fotos Nos. 19 y 20.- Muestra los aspectos de relleno con escombros y los asentamientos del terreno.

Por lo que respecta a los lineamientos, éstos se correlacionan con fracturas en el subsuelo, la Foto No. 21, muestra la ubicación de una de estas fracturas, aunque en la superficie no se observa físicamente.



Foto No. 21

**Línea de calicata geoelectrica L-2 (Figura No. 7).**



Ohms-metro	Correlación litológica
10 a 20	Secuencia de limos y arenas finas de variable compacidad.
20 a 60	Arenas finas a medias mezcladas con limos, intercaladas son lentes conglomeráticos de poco espesor.
60 a 90	Conglomerados de fragmentos chicos y medianos, empacados en limos. En la porción superior se correlacionan con materiales de relleno.

De la interpretación cualitativa de los resultados obtenidos de esta sección, se observan dos anomalías consistentes en un alto resistivo y lineamientos, las primeras indican en el subsuelo relleno de materiales posiblemente escombros depositados y los segundos a fracturas, a continuación se ubican dichas anomalías con mayor precisión:

1).- Se localiza aproximadamente entre los 46 y los 70 metros del inicio de la línea a una

profundidad a partir casi desde la superficie del terreno.



Foto No. 22.- Se ubica en la barranca de la colonia Guadalupe.

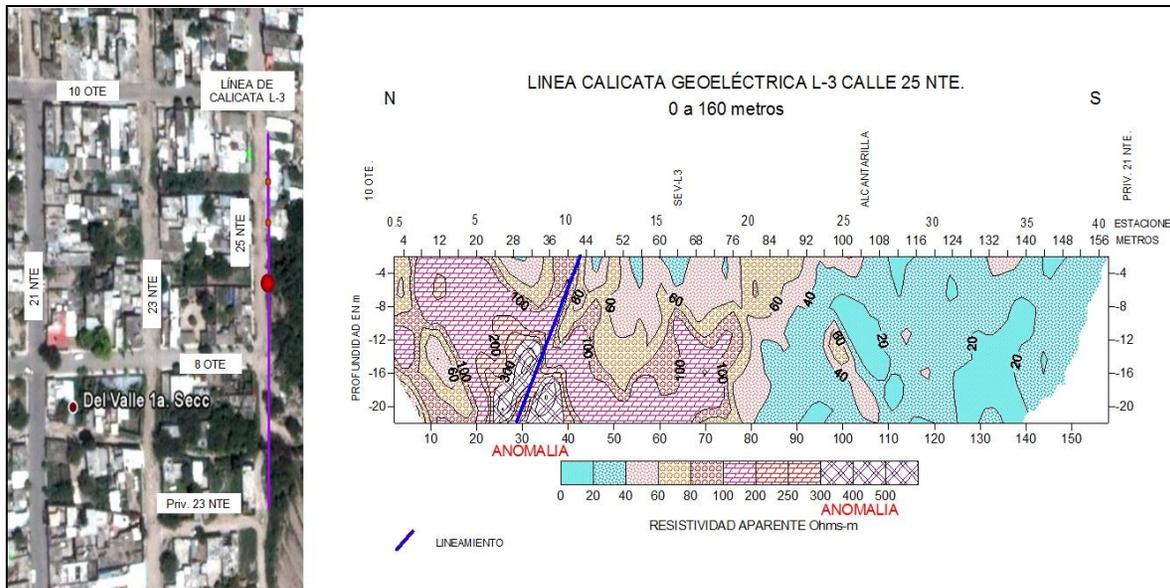
2.- Se localiza entre los 134 a 150 metros del inicio de la línea, a partir de los 14 metros de profundidad con forma inclinada.



Foto No. 23.- Muestra el sitio superficial de la anomalía.

Por lo que respecta a los lineamientos, éstos se correlacionan con fracturas en el subsuelo, y se ubican entre los 26 a 30 y 126 metros del inicio de la línea, aunque en la superficie ésta no se observa.

**Línea de calicata geoelectrica L-3 (Figura No. 8).**



Ohms-metro	Correlación litológica
10 a 20	Secuencia de limos y arenas finas de variable compacidad.
20 a 60	Arenas finas a medias mezcladas con limos, intercaladas son lentes conglomeráticos de poco espesor.
60 a 100	Conglomerados de fragmentos chicos y medianos, empacados en limos. En la porción superior se correlacionan con materiales de relleno.
100 a 300	Travertinos (calizas lacustres) alterados y compactos.
> a 300	Anomalías que se correlacionan con oquedades.

De la interpretación cualitativa de los resultados obtenidos de esta sección, se observa una anomalía consistente en un alto resistivo y un lineamiento, la primera indica la presencia de una posible oquedad en el subsuelo y el segundo a una fractura, a continuación se ubican dichas anomalías con mayor precisión:

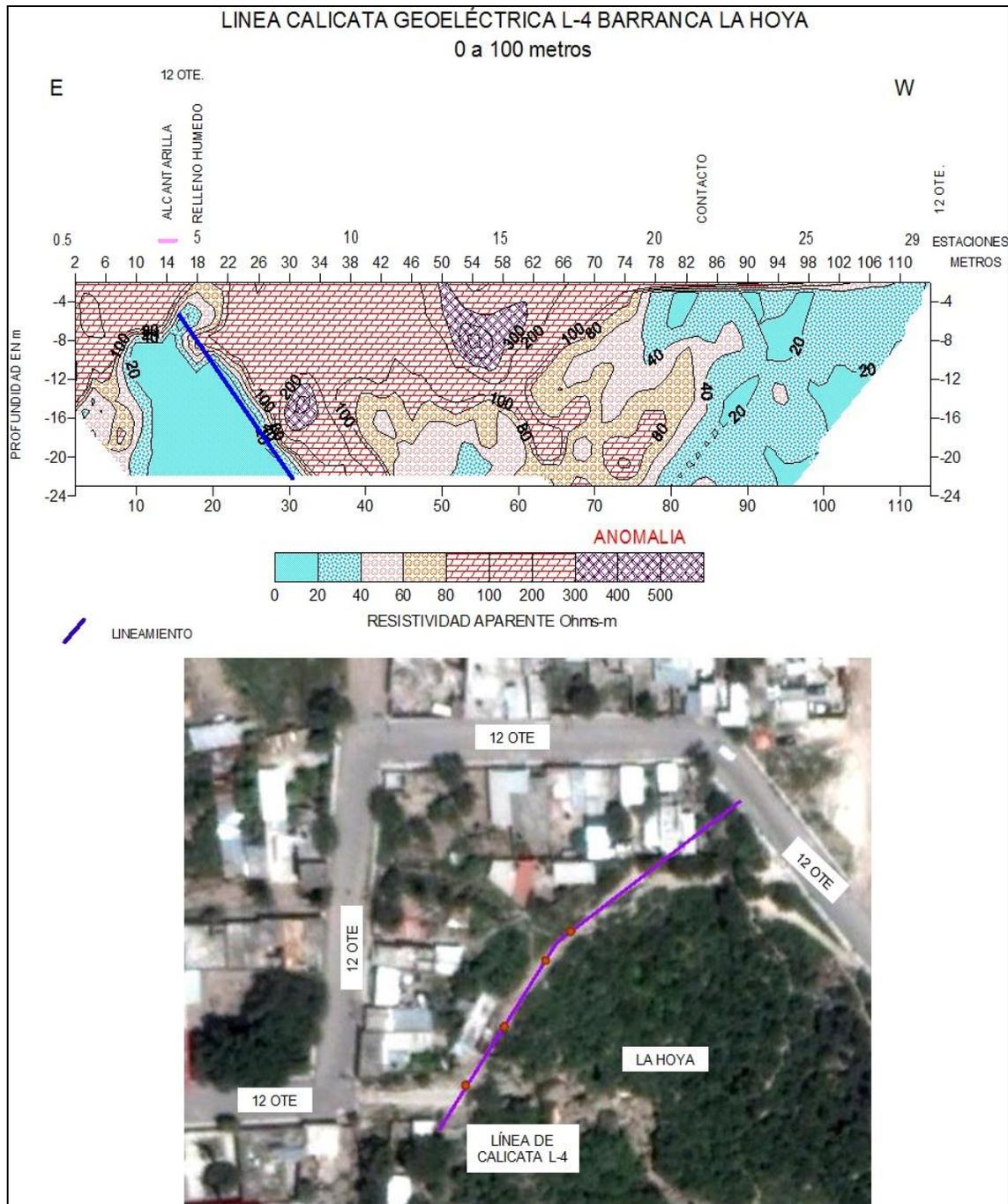
Se localiza aproximadamente entre los 24 a los 40 metros del inicio de la línea (Foto No. 24), y se detectó alrededor de los 12 metros de profundidad y se correlaciona con oquedades.



Foto No. 24.- Se ubica en la calle 25 norte de la colonia Del Valle 1ª Sección.

Por lo que respecta al lineamiento, este se correlaciona con una fractura en el subsuelo, y se ubica aproximadamente a los 44 metros del inicio de la línea, aunque en la superficie ésta no se observa.

**Línea de calicata geoelectrca L-4 (Figura No. 9).**



Ohms-metro	Correlación litológica
10 a 20	Secuencia de limos y arenas finas de variable compacidad, así como una alternancia de lutitas, areniscas y lodolitas.
20 a 60	Arenas finas a medias mezcladas con limos, intercaladas

	son lentes conglomeráticos de poco espesor.
60 a 100	Conglomerados de fragmentos chicos y medianos, empacados en limos. En la porción superior se correlacionan con materiales de relleno.
100 a 300	Travertinos (calizas lacustres) alterados y compactos.
> a 300	Anomalías que se correlacionan con oquedades.

De la interpretación cualitativa de los resultados obtenidos de esta sección, se observan anomalías consistentes en altos resistivos y un lineamiento, las primeras indican la presencia de posibles oquedades en el subsuelo y la segunda a una fractura, a continuación se ubican dichas anomalías con mayor precisión:

1).- Se localizan aproximadamente a 30 metros del inicio de la línea, a una profundidad a partir de los 12 metros.



Foto No. 25.- Sitio en superficie donde se detectó la anomalía.

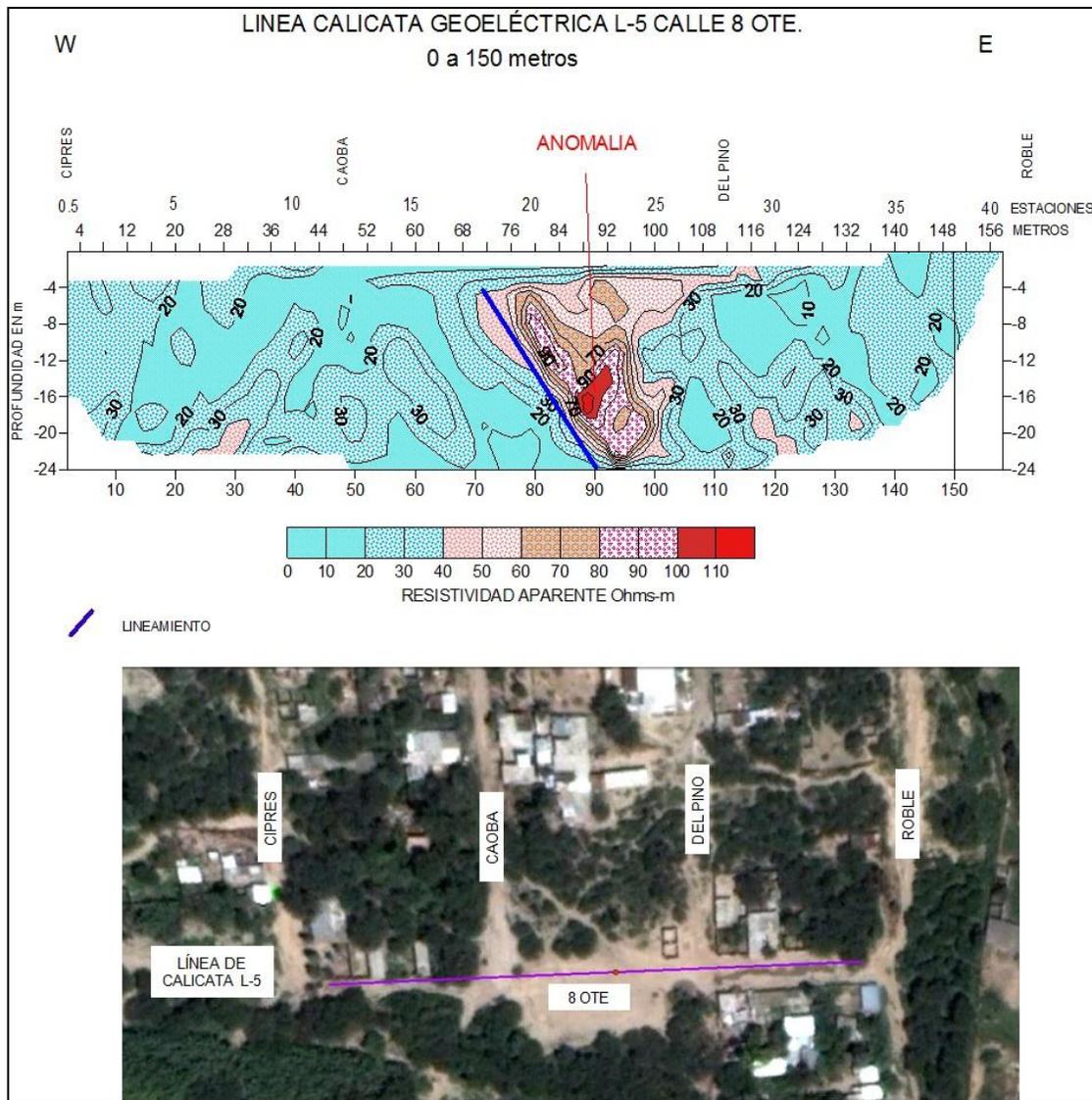
2.- Se localiza entre los 50 a 62 metros del inicio de la línea, en los primeros metros se encuentra muy superficial para después profundizarse hasta aproximadamente los 6 metros.



Foto No. 26.- Se ubica sobre la continuación del camino de la calle 12 oriente.

Por lo que respecta al lineamiento, se correlacionan con una fractura en el subsuelo, se ubica a partir de los 6 metros de profundidad, superficialmente corresponde al sitio por debajo de la alcantarilla, no se observa físicamente.

**Línea de calicata geoelectrónica L-5 (Figura No. 10).**



Ohms-metro	Correlación litológica
10 a 20	Secuencia de limos y arenas finas de variable compacidad.
20 a 60	Arenas finas a medias mezcladas con limos, intercaladas son lentes conglomeráticos de poco espesor.
60 a 100	Conglomerados de fragmentos chicos y medianos, empacados en limos. En la porción superior se correlacionan con materiales de relleno.
100 a 120	Travertinos (calizas lacustres) alterados y compactos, o bien con oquedades.

De la interpretación cualitativa de los resultados obtenidos de esta sección, se observa una anomalía consistente en un alto resistivo y un lineamiento, la primera indica la

presencia de conglomerados compactos o bien materiales de relleno y el segundo a una fractura, a continuación se ubican dichas anomalías con mayor precisión:

Se localiza aproximadamente entre los 88 metros del inicio de la línea, es decir entre las calles de Caoba y Del Pino, y se detectó alrededor de los 12 metros de profundidad y se correlaciona con posibles oquedades.



Foto No. 27.- Se ubica entre las calles de Caoba y Del Pino.

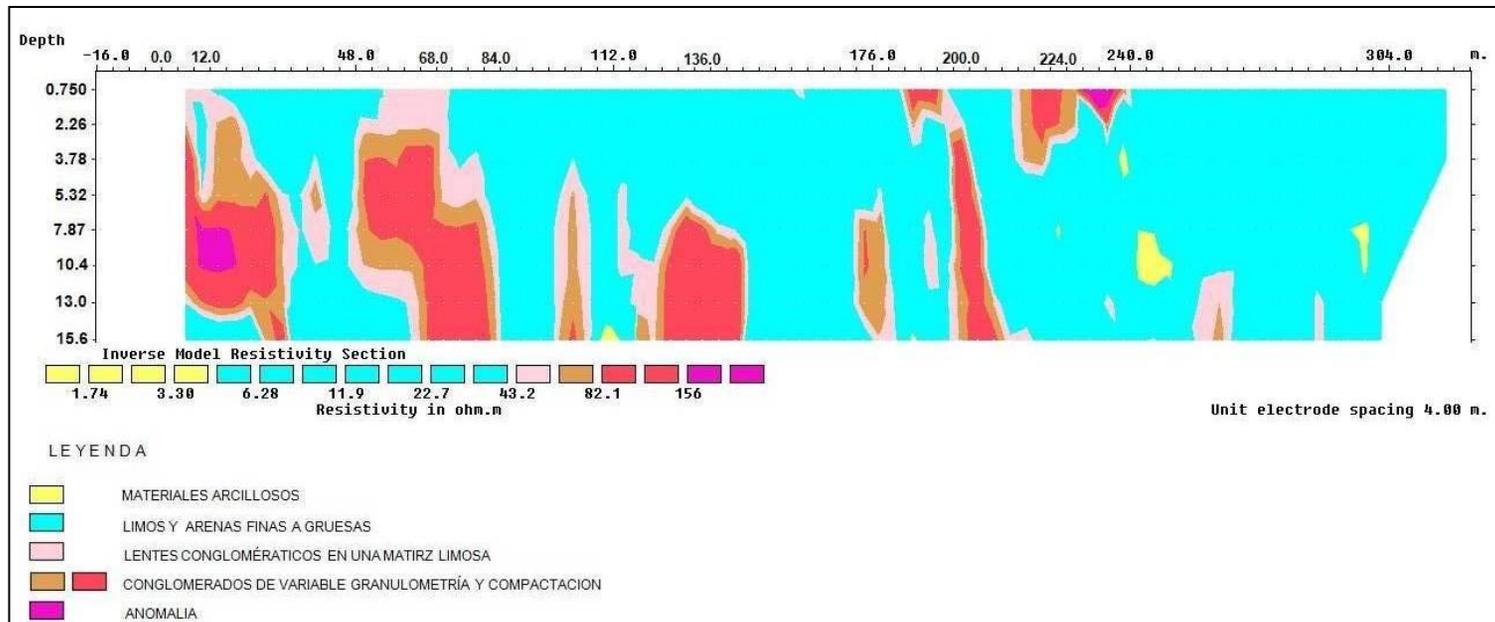
Por lo que respecta al lineamiento, éste se correlaciona con una fractura en el subsuelo, y se ubica aproximadamente a los 68 metros del inicio de la línea, aunque en la superficie ésta no se observa físicamente.

### **III. 2.3.2) Interpretación cuantitativa (Perfiles).**

Una vez realizada la interpretación cualitativa, se interpretaron las curvas resistividades aparentes de las 5 líneas de calicata geoelectrica con el software RES2DINV, obteniéndose los valores reales de resistividad. En éstas se observa que las anomalías obtenidas con las resistividades aparentes son similares entre sí.

A continuación se describe cada línea.

**Línea de calicata geoelectrónica L-1 (Figura No. 11).**



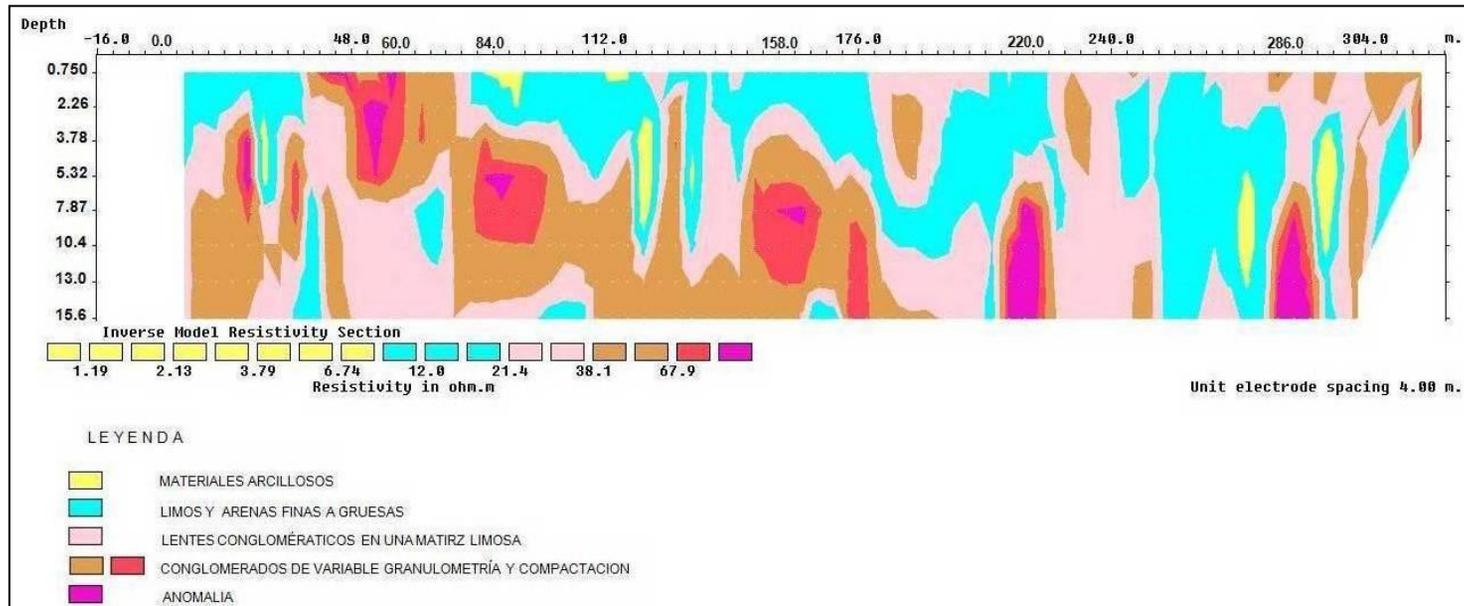
1).- La primera anomalía se ubica aproximadamente a 12 metros del inicio de la línea, a una profundidad de 6 metros extendiéndose hasta los 10 metros, su forma es semicircular, su resistividad es mayor a 156 ohms-m, y se correlaciona con conglomerados de mayor compactación o bien con rellenos de material de escombros que los mismos colonos lo solicitan para la construcción de su vivienda.

2.- A la anterior le siguen altos resistivos mayores de 82 ohms-m, entre los 52 a 80 metros, de 124 a 144 metros y de 184 a 208 metros del inicio de la línea, el primer tramo inicia a una profundidad de 4 metros, el segundo tramo inicia a partir de los 7 metros de profundidad, éstas tienen forma abombada y alargada, y la última es de forma alargada se encuentra casi desde la superficie, todas ellas se prolongan hasta la profundidad de investigación, estas se correlacionan con rocas compactas del tipo de los conglomerados.

3.- Otra se localiza entre los 216 a 240 metros del inicio de la línea, presenta resistividades mayores a los 156 ohms-m y se correlaciona con materiales de escombros en la barranca y se considera que puede ser de riesgo, ya que los mismos colonos lo solicitan para la construcción de su vivienda.

Por lo que respecta a lineamientos o fracturas no se detectaron.

**Línea de calicata geoelectrónica L-2 (Figura No. 12).**



1).- La primera anomalía se ubica entre los 44 y 60 metros del inicio de la línea y se extiende casi desde la superficie hasta los 5 metros de profundidad, presenta una resistividad mayor a los 90 ohms-m, se correlaciona con rellenos de materiales como se observa en la superficie del terreno, su forma es acuñada que puede estar referida al cauce del arroyo, ésta puede ser de riesgo.

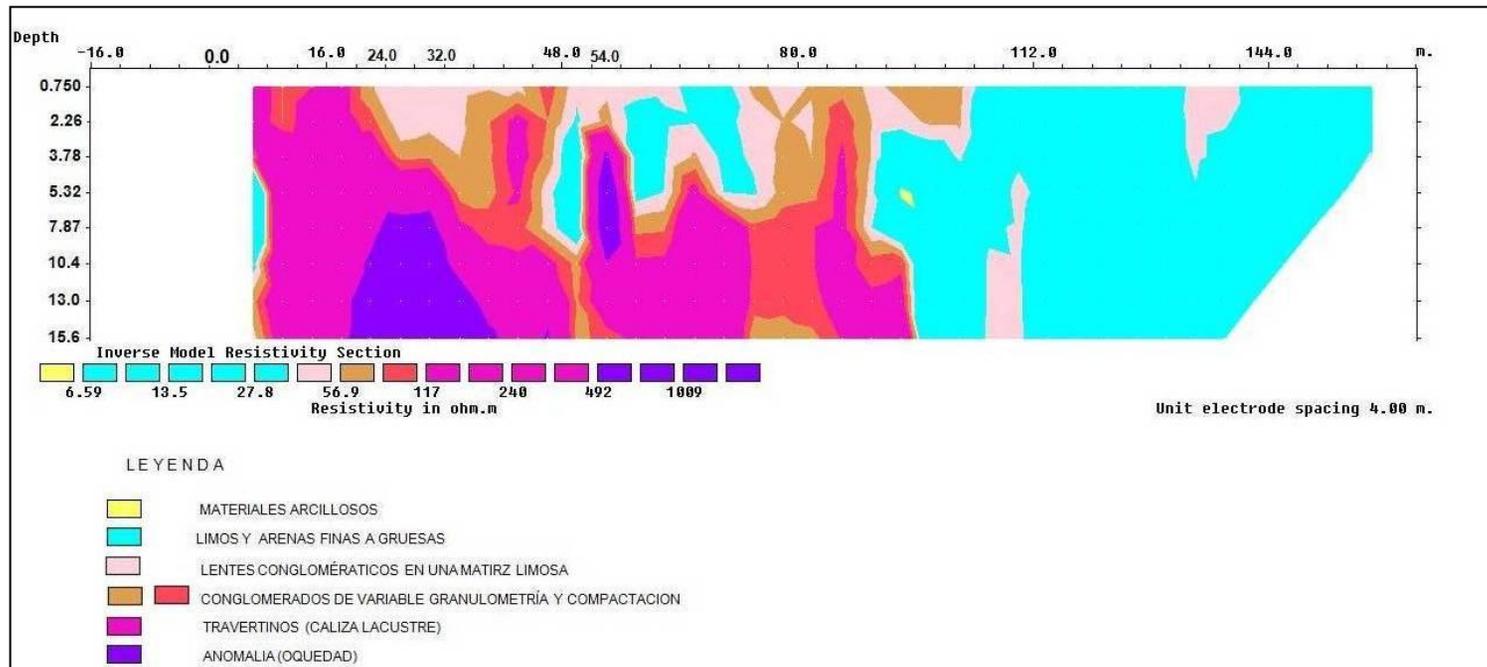
2.- Otras anomalías se ubican a los 84 y 158 metros del inicio de la línea, sus resistividades también son mayores a los 90 ohms-m, sus formas son puntuales con espesores de 2 metros.

3.- Dos anomalías más se ubican alrededor de los 220 y 286 metros del inicio de la línea, sus resistividades también son mayores a los 90 ohms-m, sus formas son alargadas hacia la profundidad de investigación e inician aproximadamente a los 7 metros de profundidad.

Las anomalías de los puntos 2 y 3 se pueden correlacionar solamente con materiales más compactos que no representan ningún riesgo.

Por lo que respecta a lineamientos o fracturas este se ubica aproximadamente a 72 metros del inicio de la línea, y no se considera de riesgo.

**Línea de calicata geoelectrónica L-3 (Figura No. 13).**



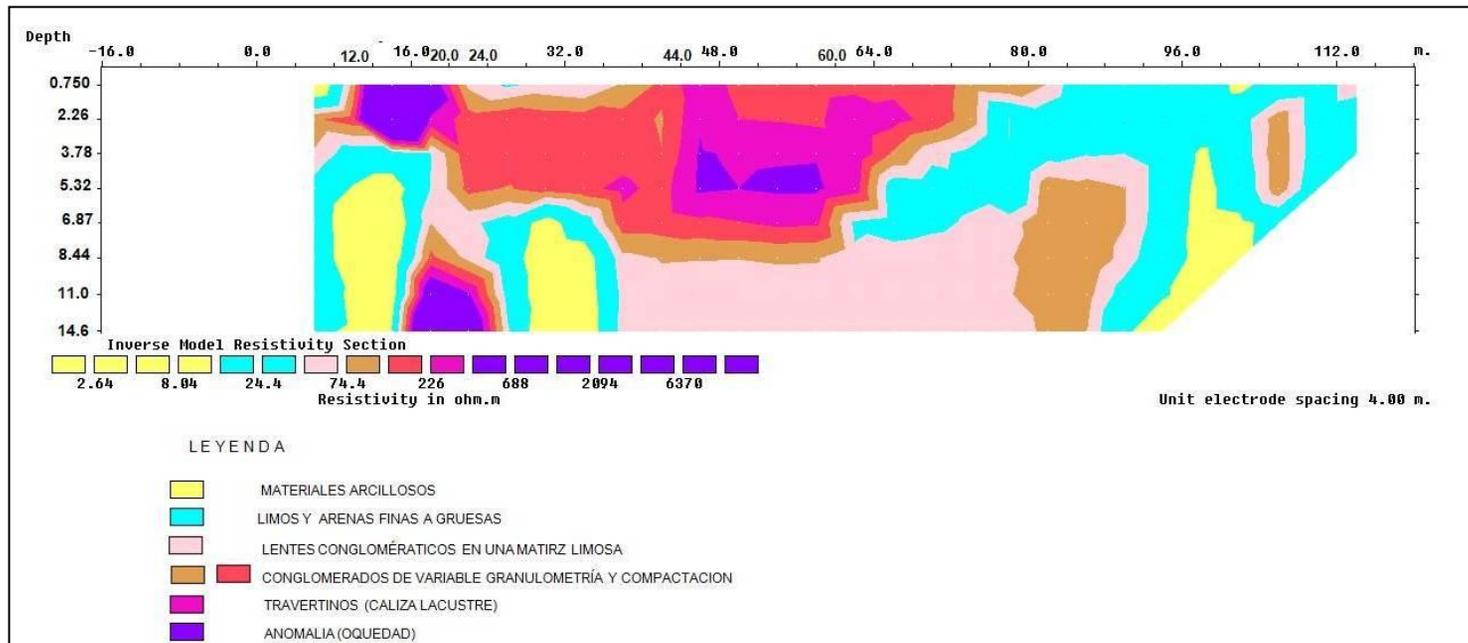
Con la interpretación cuantitativa se detectaron dos anomalías aunque con las resistividades aparentes solo se apreció una, a continuación se describen estas 2 anomalías:

1).- La primera anomalía se ubica aproximadamente entre los 22 y los 30 metros del inicio de la línea, cuya cima se encuentra aproximadamente a los 7 metros de profundidad, hacia la profundidad de investigación aumenta su longitud hasta alcanzar los 40 metros, presenta una resistividad mayor a los 490 ohms-m se correlaciona con posibles cavidades en los travertinos (caliza lacustre), puede considerarse de riesgo.

2.- Otra anomalía con resistividad mayor a los 490 ohms-m se ubica a 53 metros del inicio de la línea, su forma es alargada hacia la profundidad, se correlaciona con posibles quequedades de los travertinos, por lo que puede ser de riesgo.

Por lo que respecta a lineamientos o fracturas no se detectaron.

**Línea de calicata geoelectrónica L-4 (Figura No. 14).**

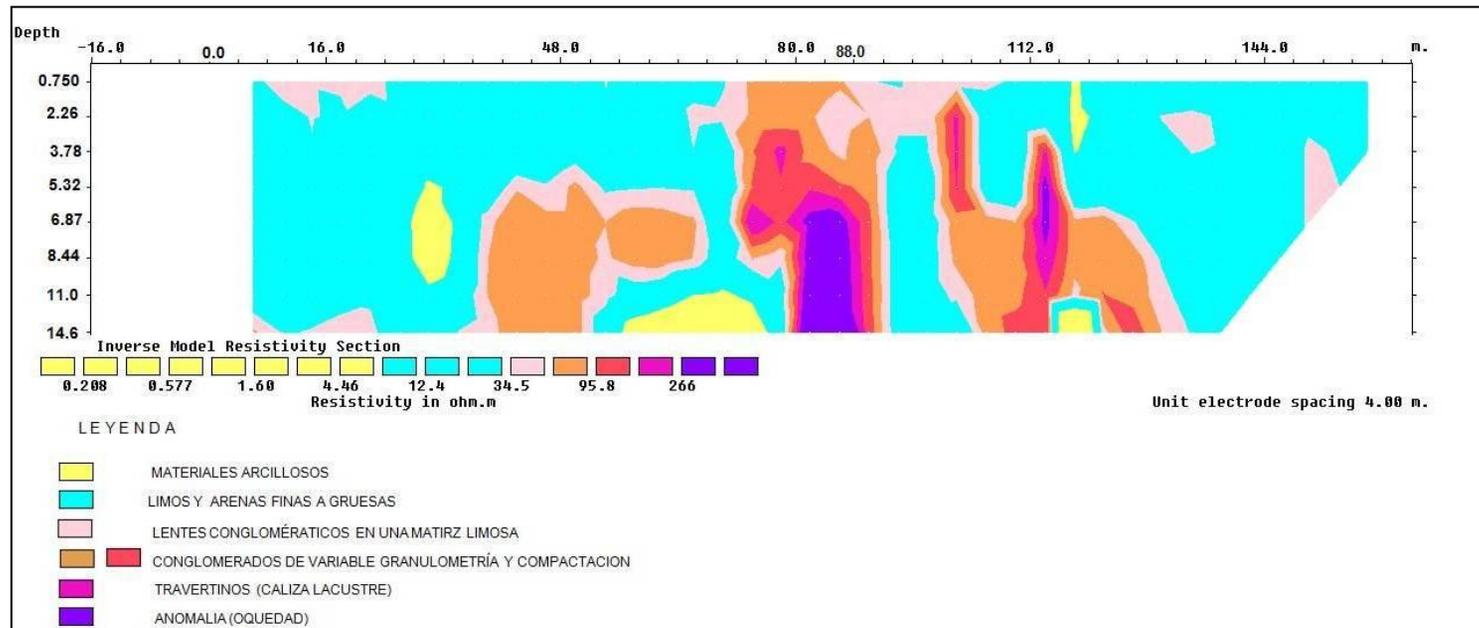


1).- La primera anomalía se ubica aproximadamente entre los 12 a 20 metros del inicio de la línea, esta se localiza casi desde la superficie, esta concuerda con la alcantarilla de desagüe que viene por la calle 12 oriente, así como a los materiales de escombros sin compactar; otra anomalía se registro a profundidad a un lado de la antes descrita, su cima se encuentra aproximadamente a los 9 metros de profundidad, es amplia y se prolonga hasta la profundidad de investigación, presenta una resistividad mayor a los 500 ohms-m. Se correlaciona con cavidades en los travertinos (caliza lacustre).

2.- Otra anomalía con resistividad mayor a los 500 ohms-m se ubica a partir de los 46 metros y se extiende hasta los 58 metros del inicio de la línea, su forma es horizontal y alargada, su cima se ubica aproximadamente a los 3 metros de profundidad. Se correlaciona con oquedades de los travertinos, y puede ser de riesgo.

Por lo que respecta a lineamientos o fracturas no se detectaron.

**Línea de calicata geoelectrónica L-5 (Figura No. 15).**



Con la interpretación cuantitativa se detectaron dos anomalías y no una como se apreció con las resistividades aparentes, por lo que se describen de la siguiente forma:

1).- La primera anomalía se ubica aproximadamente a los 84 metros del inicio de la línea, su cima se encuentra aproximadamente a los 6 metros de profundidad, hacia la profundidad de investigación se amplía hasta alcanzar aproximadamente 6 metros de longitud, presenta una resistividad mayor a los 209 ohms-m, se correlaciona con conglomerados bien compactados o materiales de relleno. Se considera que no es de riesgo debido a la profundidad que aparece.

2.- Otra anomalía con resistividad mayor a los 209 ohms-m se ubica a los 114 metros del inicio de la línea, su forma es alargada hacia la profundidad, se correlaciona con los mismos materiales de la anomalía descrita antes.

Por lo que respecta a lineamientos o fracturas no se detectaron.

### **III. 3).- Sondeos eléctricos verticales (SEV).**

Con esta técnica se trata de investigar el subsuelo, desde la superficie hasta la profundidad que se quiera o desee en un punto determinado, en el presente caso fue hasta 200 metros. Los arreglos más comunes empleados son el Wenner y principalmente el Schlumberger.

A continuación se describe el arreglo eléctrico empleado en este estudio.

En el presente caso se empleó el dispositivo Schlumberger que consiste de dos electrodos de medición M y N que están colocados simétricamente a una distancia “I” del centro “o” (punto de investigación); de igual forma, dos electrodos de corriente o emisión A y B se instalan a una distancia “L” del centro “o” (“L” es por lo menos 5 veces mayor que “I”). Estos cuatro electrodos (M, N, A y B) permanecen alineados durante el levantamiento formando una sola línea; los electrodos de potencial (MN) permanecen fijos en el centro de la línea, mientras que los electrodos de corriente (AB) se alejan simétrica y escalonadamente, tal como se muestra en la Figura No. 16.

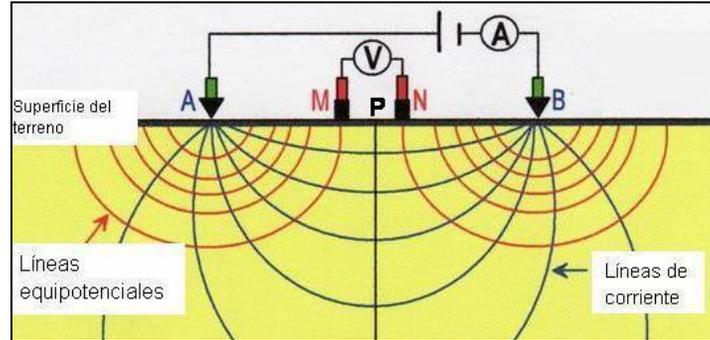


Figura No. 16.- Dispositivo Schlumberger

- MN Electrodo de potencial o recepción, se mantienen fijos durante el levantamiento.
- AB Electrodo de transmisión de corriente, se mueven simétricamente a partir del centro de atribución
- P Punto de atribución o de medida

Para obtener la resistividad aparente se aplica la fórmula general que está dada como sigue:

$$\rho_a = K (\Delta V / I)$$

Donde:

- K es el factor constante que depende del arreglo empleado.
- $\Delta V$  es la diferencia de potencial, leída en el receptor IPR-8.
- I es la intensidad de corriente, que es enviada al terreno por medio del Transmisor IPC-7, leída en este mismo aparato.

En el arreglo Schlumberger el factor K, está dado por la formula siguiente:

$$K = \left[ \frac{(AB / 2)^2}{MN} - \frac{MN}{4} \right] \pi$$

### III. 3.1).- Trabajos efectuados.

Se realizaron cuatro (4) sondeos eléctricos verticales (SEV-1, SEV-2, SEV-3 y SEV-L3), los cuales integran el Perfil Geoeléctrico mostrado en la Figura No. 7. Estos sondeos tuvieron una abertura entre electrodos de corriente (AB) de 300 a 800 metros y los

resultados se graficaron en papel bilogarítmico con el fin de efectuar la correlación por traslape y posteriormente obtener una curva con la que se llevaron a cabo interpretaciones cuantitativas por métodos matemáticos aplicados en el software IX1D para resistividad en 1D, que consiste en un método iterativo. Los resultados de estas interpretaciones se muestran en la Figura No. 18.

### *III. 3.2).- Ubicación de los sondeos.*

Los cuatro sondeos ejecutados quedaron localizados dentro de las colonias La Joya, San Pedro Acoquiaco y Del Valle 1ª Sección, y están distribuidos de la siguiente manera (Figura No. 5).

La Tabla No. 1, indica la ubicación geográfica de cada uno de los sondeos eléctricos verticales realizados:

Tabla No. 1.- Ubicación geográfica de sondeos (SEV).

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (SEV)	UTM X	UTM Y	LATITUD N	LONGITUD W
SEV-1	670567	2043278	18° 28' 22.74''	97° 23' 04.56''
SEV-2	670882	2043085	18° 28' 16.38''	97° 22' 53.88''
SEV-3	671125	2043115	18° 28' 17.28''	97° 22' 45.60''
SEV-L3	671518	2043040	18° 28' 14.72''	97° 22' 32.23''

En el anexo fotográfico de sondeos eléctricos verticales se muestran cada uno de los sitios donde fueron ejecutados los sondeos.

### *III.3.3) Características eléctricas del subsuelo.*

#### **III. 3.3.1) Interpretación cualitativa.**

Esta corresponde a una primera interpretación en base a los valores resistivos obtenidos en campo de cada uno de los sondeos y configurados en un perfil de resistividades, en donde se puede observar el comportamiento eléctrico y la tendencia de la resistividad con relación a las aberturas de los electrodos (AB/2 en metros) respecto a la profundidad, véase Figura No. 17.

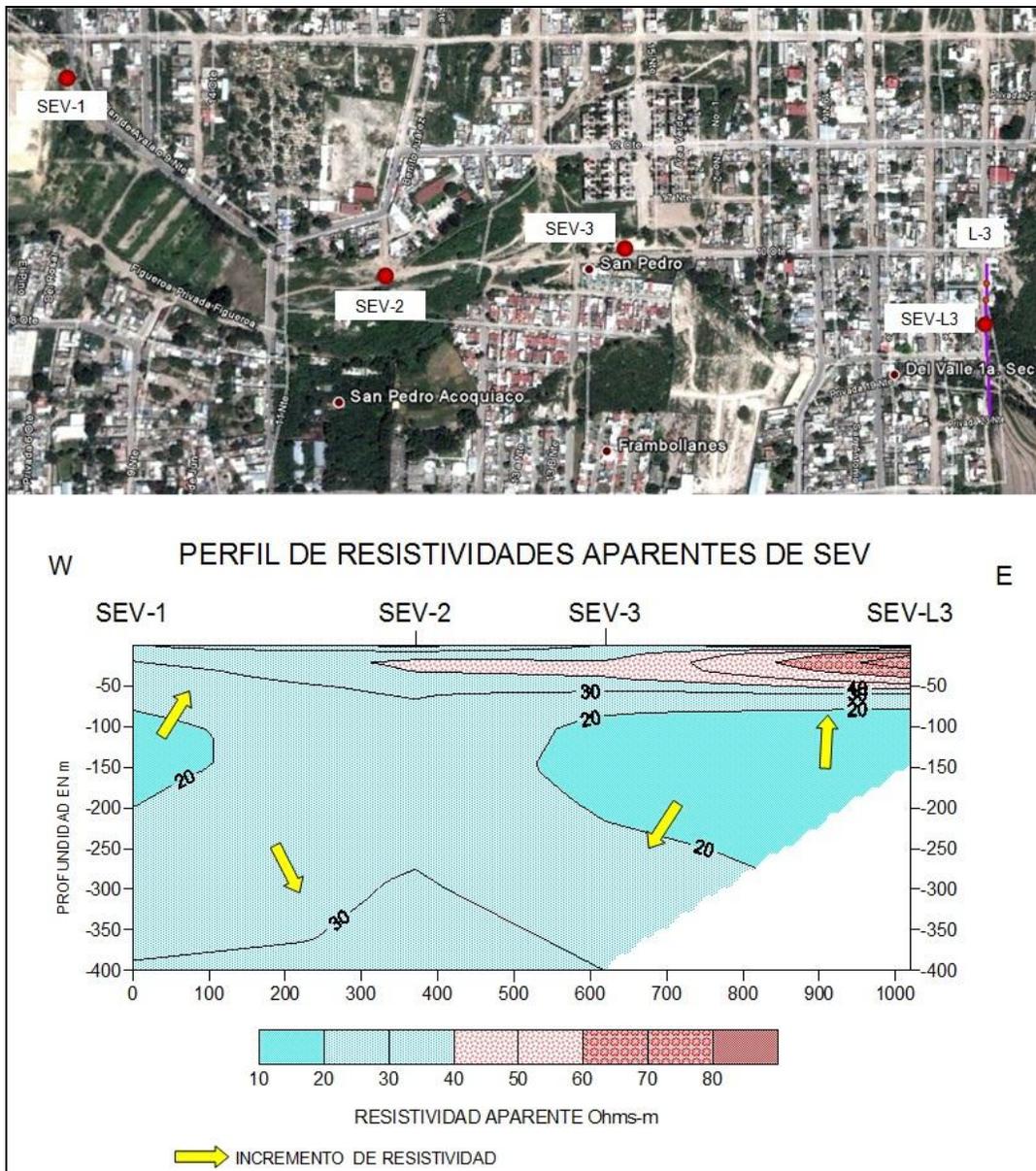


Figura No. 17.- Muestra el perfil de resistividades aparentes a lo largo de la colonia La Joya, San Pedro Acoquiaco y termina en la Del Valle 1ª Sección.

De esta manera se observa y se determina que los cambios de resistividad se presentan en forma paulatina en los sondeos SEV-1 a SEV-3, y sólo por debajo del sondeo SEV-L3 es un poco más pronunciada. Los valores de resistividad que se presentan más por debajo del perfil comprenden un rango de 30 a 40 ohms-m, el comportamiento de la resistividad es con tendencia a disminuir desde la superficie hasta aproximadamente los

150 metros de profundidad y de aquí nuevamente tiende a subir por debajo del SEV-1, este comportamiento es similar por debajo de los SEV-2 y SEV-3, aunque en estos se presenta una capa resistiva de 40 a 60 ohms-m hacia su porción superior. Por otro lado, en el SEV-L3 la tendencia es similar respecto a los otros sondeos, sólo que en éste se presentan hacia su porción superior valores de resistividad que varían entre los 60 a 80 ohms-m.

### **III. 3.3.2) Interpretación cuantitativa.**

Una vez realizada la interpretación cualitativa, se interpretaron las curvas logarítmicas de resistividad aparente con el software "IX1D" para resistividad en 1D, obteniéndose los valores reales de resistividad con sus respectivos espesores.

Con el resultado de la curvas logarítmicas de resistividad (Gráficas de campo e interpretación de los sondeos SEV-1, SEV-2, SEV-3 Y SEV-L3 se configuró el Perfil Geoeléctrico que se muestra en la Figura No. 18, en dicho perfil se observa que la estructura geohidrológica está conformada por varios paquetes principales de rocas, distribuidos en el subsuelo de forma irregular. La Tabla No. 2 muestra de manera resumida las resistividades y espesores de cada uno de los horizontes determinados:

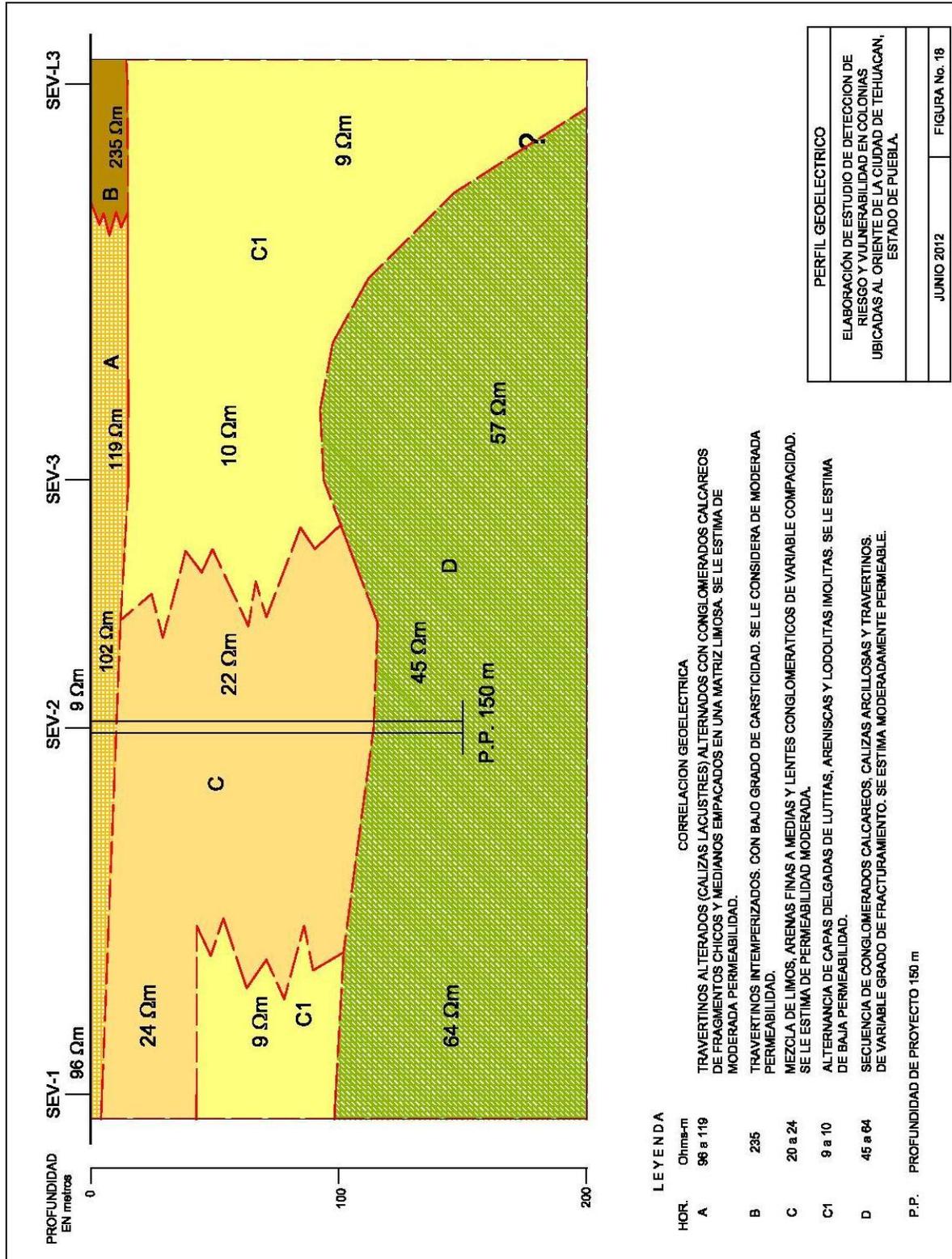


Tabla No. 2. Resistividades y espesores de horizontes geoelectricos.

HORIZONTE	RESISTIVIDAD OHMS-METRO	ESPESOR (m)	CORRELACIÓN
A	96 a 119	4 a 15	Travertinos alterados (calizas lacustres) alternados con conglomerado calcáreo de fragmentos chicos y medianos empacados moderadamente en una matriz limosa. Se le estima de moderada permeabilidad.
B	235	15	Travertinos intemperizados, con bajo grado de carsticidad. Se estima de moderada permeabilidad
C	20 a 24	38 a 107	Mezcla de sedimentos lacustres constituidos por limos, arenas finas a medias, y lentes conglomeráticos de fragmentos chicos y medianos empacados en una matriz limosa. Se estima de moderada permeabilidad.
C1	9 a 10	56 a indefinido	Alternancia de capas delgadas de lutitas, areniscas y lodolitas, sin fracturamiento. Se estima de baja permeabilidad.
D	45 a 64	indefinido	Secuencia de conglomerados calcáreos de moderada compacidad, calizas arcillosas y travertinos, de variable grado de fracturamiento. Se le estima moderadamente permeable.

A fin de poder conocer con mayor detalle las características eléctricas de los diferentes horizontes o paquetes de roca que aparecen en esta estructura geohidrológica, a continuación se hará una breve descripción de éstos haciendo a la vez una correlación desde el punto de vista geológico.

**HORIZONTE A.-** Este paquete se detectó por debajo de los 4 sondeos, presenta una resistividad que varía de 96 a 119 ohms-m, con un espesor mínimo aproximado de 4 metros por debajo del SEV-2, y un máximo aproximado de 15 metros por debajo de los SEV-3 y SEV-L3. Geológicamente se correlaciona con travertinos (calizas lacustres) alterados y alternados con conglomerados calcáreos de fragmentos chicos y medianos empacados moderadamente en una matriz limosa, superficialmente se encuentran cubiertos por sedimentos lacustres finos (limos) de variable compacidad, de espesores no mayores a los 3 metros, los valores de resistividad pueden deberse al grado de alteración o la presencia de humedad. Se le estima una permeabilidad secundaria moderada, que está restringida a la continuidad hidráulica de los rasgos cársticos (oquedades).

**HORIZONTE B.-** Este paquete sólo se detectó por debajo del SEV-L3, presenta una resistividad de 235 ohms-m, con un espesor aproximado de 15 metros. Geológicamente se correlaciona con travertinos intemperizadas con un grado bajo a medio de carsticidad.

Se estima de moderada permeabilidad, por ocupar la porción superficial y como se observa en la barranca La Hoya éste puede funcionar como dren, aunque la capacidad de desfogue estará en función de la continuidad hidráulica de la propia roca.

HORIZONTE C.- Este paquete de rocas se detectó por debajo de los sondeos SEV-1 y SEV-2, presenta una resistividad que varía de los 22 a los 24 ohms-m, con un espesor mínimo aproximado de 38 metros por debajo del SEV-1 y máximo aproximado de 107 metros por debajo del SEV-2. Geológicamente se correlaciona con la mezcla de sedimentos lacustres constituidos por limos, arenas finas a medias, y lentes conglomeráticos de fragmentos chicos y medianos empacados en una matriz limosa. Se estima de moderada permeabilidad, por lo que puede llegar a funcionar como un paquete receptor de agua fluvial.

HORIZONTE C1.- Este paquete se detectó por debajo de los sondeos SEV-1, SEV-3 y SEV-L3, presenta una resistividad de 9 a 10 ohms-metro, con un espesor mínimo aproximado de 56 metros por debajo del SEV-1, y máximo aproximado de 80 metros por debajo del SEV-3, mientras que por debajo del SEV-L3 su espesor es indeterminado por ser la última capa detectada. Geológicamente se correlaciona de acuerdo al corte litológico observado en la barranca La Hoya, con una alternancia de capas delgadas de lutitas, areniscas y lodolitas, alteradas y sin fracturamiento. Se estima de baja permeabilidad.

HORIZONTE D.- Este paquete se determinó hacia la porción profunda del perfil, excepto por debajo del SEV-L3, presenta un rango de resistividad que varía de 45 a 57 ohms-m, su espesor no se llegó a determinar debido a que fue la última capa detectada. Geológicamente se correlaciona con una secuencia de conglomerados calcáreos de moderada compacidad, calizas arcillosas de variable grado de fracturamiento y travertinos. Se le estima moderadamente permeable, y puede llegar a funcionar como un horizonte capaz de absorber agua pluvial.

Las profundidades y espesores de los horizontes determinados en el subsuelo generalmente presentan variaciones de algunos metros respecto a los obtenidos por

métodos directos, debido a que los arreglos empleados son precisamente métodos indirectos, pero que, sin embargo, permiten conocer de manera aproximada los cambios litológicos o de otra naturaleza, a profundidad.

Por otro lado, de acuerdo a la presentación de los resultados de los estudios técnicos del acuífero Valle de Tehuacán (Clave 2015), estado de Puebla. Semarnat-Conagua, 2010, la profundidad del nivel estático para el área de Tehuacán se encuentra alrededor de los 60 metros.

#### IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

##### CONCLUSIONES:

De la exploración geofísica realizada y en base a los resultados obtenidos con las calicatas geoelectricas (Dipolo-Dipolo) y sondeos eléctricos verticales (SEV), se llegó a las siguientes conclusiones:

1.- La litología del área de estudio que comprenden las colonias Del Valle 1ª y 2ª Sección, Ampliación Del Valle, Quinta Guadalupe y Guadalupe, ubicadas al oriente de la ciudad de Tehuacán, consiste de una secuencia distribuida irregularmente de toba limosa alterada, sedimentos lacustres constituidos por limos, arenas finas a medias, lentes conglomeráticos y conglomerados soportados en una matriz limo arenosa cuyos fragmentos son sub-redondeados a redondeados y de composición calcárea. También de manera aislada afloran travertinos (caliza lacustre) distribuidos en capas delgadas que en algunas porciones están muy intemperizados, éstos cubren discordantemente a una secuencia de capas delgadas de lutitas, areniscas y lodolitas que intemperizan en color amarillo. Este conjunto es muy similar a la descripción que hacen diversos autores a esta unidad y que la han nombrado como Formación Tehuacán.

2.- Estructuralmente el área se ubica dentro del Valle de Tehuacán el cual está controlado por un sistema de fallas (Dávalos-Álvarez, 2007), que formaron una semifosa o depresión tectónica conocida como valle de Tehuacán.

3.- Desde el punto de vista de la geofísica, los valores de resistividad obtenidos por debajo de las líneas de calicata ejecutadas comprenden un rango amplio que va desde los 10 hasta más de 300 ohms-m, el cuadro siguiente muestra su correlación litológica:

Ohms-metro	Correlación litológica
< a 10	Materiales constituidos principalmente por arcillas.
10 a 40	Secuencia de limos y arenas finas a gruesas de variable compacidad.
40 a 60	Lentes conglomeráticos en una matriz limosa intercalados con arenas finas a medias.
60 a 150	Conglomerados de fragmentos chicos y medianos, empacados en limos. En la porción superior se correlacionan con materiales de relleno.
150 a 300	Travertinos (calizas lacustres) alterados y compactos.
> a 300	Anomalías que se correlacionan con posibles oquedades.

4.- La estructura presente en todas las líneas de calicata es heterogénea tanto en sentido vertical como horizontal.

5.- En la línea L-1 las anomalías consisten en valores de resistividad un poco mayor a los 156 ohms-m, la cual se correlaciona con una roca conocida como conglomerado de granulometría y compacidad variable, y se localiza a los 12 metros del inicio de la línea, encontrándose la cima de ésta a una profundidad aproximada de 8 metros. Otra anomalía detectada se ubica, **entre los 228 a 240 metros** del inicio de la línea, ésta corresponde a los rellenos por escombros y basura de baja compactación que han sido depositados sobre el cauce de la barranca, el cual está desapareciendo debido a esta actividad, el espesor de estos rellenos se estima en 3 metros. La primera anomalía NO constituye ningún riesgo para la población. En cambio, la segunda, SI constituye un riesgo para los pobladores ya que existen casas construidas en estos materiales y al parecer se seguirá construyendo. En los alrededores de este tramo anómalo, se encuentran unas 7 viviendas cuya población es aproximadamente de 42 personas, sin embargo, una de ellas es la que presenta hundimientos o asentamientos de tierra y la habitan 6 personas.

Asimismo, se observó que se continúa tirando escombros y basura sobre el mismo cauce de la barranca hacia aguas abajo, por tal motivo se nombró como AREA 1 y **se considera de riesgo aunque éste es mitigable siempre y cuando no se permita seguir construyendo en el relleno de la barranca y sus alrededores más cercanos** (Véase plano de ÁREAS de riesgo anexo).

6.- En la línea L-2 las anomalías consisten en valores de resistividad un poco mayor a los 90 ohms-m, los cuales se correlacionan con rocas del tipo de los conglomerados de granulometría y compacidad variable, sin embargo, el tramo comprendido **entre los 40 a 64 metros** del inicio de la línea, y que constituye parte de una barranca, en la cual se han depositado escombros y basura, sin compactar, el espesor de estos escombros se estima en 5 metros. Esta porción corresponde al AREA 2 DE RIESGO donde el riesgo que se aprecia aquí es una casa que descansa en éstos, aunque durante la ejecución de los trabajos de geofísica, se encontraba desocupada. **El riesgo es mitigable siempre y**

**cuando no se permita seguir construyendo en las laderas de la barranca y sus alrededores más cercanos** (Véase plano de zonas de riesgo anexo).

7.- En la línea L-3 se observa que existe un macizo rocoso del inicio de la línea hasta aproximadamente los 80 metros, dentro de éste se manifiestan las anomalías correlacionables con posibles oquedades ya que presentan resistividades mayores a los 490 ohms-m, la más grande se localiza aproximadamente a 25 metros del inicio de la línea, su cima se encuentra alrededor de los 7 metros de profundidad y se prolonga hasta la profundidad de investigación, otra anomalía se ubica a unos 53 metros del inicio de la línea, su cima está aproximadamente a 4 metros de profundidad y se prolonga hasta los 10 metros de profundidad. No se consideran de riesgo ya que las viviendas presentes son de una sola planta y ocasionalmente cuentan con un piso más.

8.- En la línea L-4 se observa que existe un macizo rocoso correlacionable con travertinos alterados que alcanzan hasta algunos metros de espesor y abarca gran parte de la línea. Se observa una primera anomalía que se ubica entre los 12 a 20 metros del inicio de la línea, ésta concuerda con la alcantarilla de desagüe de la calle 12 oriente, así como a los materiales de escombros sin compactar; una segunda anomalía se registró más abajo de la anterior, su cima se encuentra a los 9 metros de profundidad, es amplia y se prolonga hasta la profundidad de investigación (14 metros). Otra anomalía se ubica **entre los 46 y 58 metros** del inicio de la línea, y corresponde al AREA 3 DE RIESGO, su forma es horizontal y alargada, su cima se ubica a los 3 metros de profundidad; se correlaciona con posibles cavidades en los travertinos y presenta una resistividad mayor a los 500 ohms-m. Esta última anomalía **puede ser de riesgo si es que se edifican construcciones en sus alrededores**. Por lo tanto, no se debe permitir la construcción de más edificaciones hacia lo largo de la barranca y hacia la porción norte de la calle 12 Ote., (Véase plano de zonas de riesgo anexo)

9.- En la línea L-5, la anomalía consiste en valores de resistividad un poco mayor a los 266 ohms-m, los cuales se correlacionan con rocas del tipo de los conglomerados de granulometría y compacidad variable, o bien a rellenos de materiales de variable compacidad, su cima se ubica alrededor de los 7 metros de profundidad, se **ubica a 84**

**metros** del inicio de la línea. Por la profundidad a que se encuentra, se considera que no presenta riesgo para los pobladores. Sin embargo, superficialmente en los cortes de las laderas ubicadas en la acera norte de la calle 8 Ote., la erosión ha provocado el desmoronamiento de estas laderas, por lo que puede constituir un riesgo, principalmente a las 2 viviendas que ahí se ubican, así mismo en los terrenos localizados en el lado sur de misma calle, donde 2 viviendas habitadas están siendo cubiertas por escombros, y con la lluvia pueden producirse asentamientos que resulten ser de riesgo, por lo que se considera como **ÁREA 4 DE RIESGO** (Véase plano de zonas de riesgo anexo). Por lo tanto, no se debe permitir la construcción de más viviendas en las zonas de relleno y suspender el relleno de estas porciones hasta tener una obra que permita contener de manera segura estos rellenos.

10.- Los riesgos latentes son debido a que existen viviendas alojadas sobre rellenos de barrancas y en cauces de arroyos, donde se han provocado derrumbes de bardas durante las avenidas de agua, así como en laderas erosionadas debido a un mal diseño de construcción que pueden provocar afectaciones a éstas, y no a la presencia de riesgos propios de los terrenos, sin embargo, pueden producirse deslaves debido a que las corrientes naturales han sido obstruidas y éstas nuevamente buscan su camino o curso natural.

11.- Otro riesgo eminente, es el originado por las avenidas de agua producidas por las lluvias y que ocasionan las inundaciones a lo largo de las porciones bajas localizadas en las colonias La Joya y San Pedro Acoquiaco, en parte por el drenaje actual que resulta ser insuficiente para conducir toda el agua que escurre, así como por la construcción de viviendas que obstruyen el dren natural hacia la barranca La Hoya, por tal motivo se considera como **ÁREA 5 DE RIESGO** (Véase plano de zonas de riesgo anexo).

12.- De acuerdo a lo anterior y considerando los resultados de la estructura geohidrológica determinada por la geofísica (SEV) y apoyándose en las condiciones geológicas definidas en campo, se tiene que el sitio donde se ubica el SEV-2 es el destinado para la perforación del pozo exploratorio con fines de absorción de aguas pluviales.

## RECOMENDACIONES:

1.- Llevar a cabo perforaciones a diámetro pequeño en las anomalías que en orden de importancia se mencionan, con la finalidad de corroborar las anomalías.

Línea **L-2**, cuyo sitio se ubica a 52 metros del inicio de ésta. La profundidad de proyecto es de 5 metros.

Línea **L-3**, cuyo sitio se ubica a 28 metros del inicio de ésta. La profundidad de proyecto es de 10 metros y otra a 54 metros del inicio de la línea y la profundidad de proyecto es de 6 metros.

Línea **L-4**, cuyo sitio se ubica a 54 metros del inicio de la línea. La profundidad de proyecto es de 6 metros.

Línea **L-5**, cuyo sitio se ubica a 84 metros del inicio de ésta. La profundidad de proyecto es de 8 metros.

Línea **L-1**, cuyo sitio se ubica a 12 metros del inicio de ésta. La profundidad de proyecto es de 10 metros.

Con esto se tendrá la posibilidad de realizar alguna estrategia para otorgar los permisos de construcción correspondientes en estas áreas.

2.- No permitir que se siga construyendo en las barrancas, sobre todo donde se encuentran rellenas con materiales de escombros y basura, y tampoco permitir que se arroje dicho material de escombros en ellas para que el agua de lluvia fluya libremente.

3.- Para el caso de la absorción de las aguas pluviales, llevar a cabo una perforación en el sitio donde se ubica el SEV-2, hasta una Profundidad de Proyecto (P.P.) de 70 metros.

4.- Esta perforación será inicialmente de carácter exploratorio, es decir, con un diámetro máximo de 12 ¼". La profundidad de Proyecto (P.P.) es de 70 m, sin embargo, ésta puede variar ligeramente hacia abajo o hacia arriba, dependiendo del desarrollo mismo de la perforación, tomando en cuenta la manifestación del nivel del agua, pérdidas de circulación, cambios litológicos (en caso que la roca sea muy arcillosa o que carezca de fracturamiento).

5.- Durante el proceso de la perforación exploratoria, obtener muestras de roca perforada a cada 2 m, lográndose con esto conocer mejor el corte litológico del pozo.

6.- De preferencia utilizar equipo de perforación de percusión, para evitar la circulación de los lodos de perforación a través de la roca, es preferible para este tipo de obras, el uso de equipos de percusión.

7.- Una vez concluida la perforación exploratoria a la profundidad programada, realizar pruebas de permeabilidad tipo Lefranc en el pozo, para definir los tramos mayormente permeables y de esta manera, obtener un buen diseño definitivo del mismo, ya que se conocerá de esta forma la permeabilidad real de las rocas en el subsuelo y por lo tanto, la capacidad de absorción de los propios materiales.

8.- Previamente a la construcción de esta pozo de absorción, se debe tomar en cuenta la infraestructura (presas, bordos, etc.) necesaria para el almacenamiento del agua y posteriormente su infiltración al subsuelo.

9.- Llevar a cabo un estudio hidrológico de la región para conocer la cantidad de agua a infiltrar, para saber cuántos pozos de absorción son necesarios o planificar otra obra que resuelva el problema de inundaciones.

# A N E X O S