

**ELABORACIÓN DE ESTUDIO GEOFÍSICO POR EL FENÓMENO DE
ABRAS EN EL PARQUE FUNDADORES, AV. LÁZARO CÁRDENAS,
BOULEVARD RÍO NAZAS, CALLE "C", PROGRESO, LÓPEZ MATEOS Y
EVA SÁMANO MPIO. DE TORREÓN, COAH.**



**TRABAJO REALIZADO POR:
CONSULTORES EN INGENIERÍA GEOFÍSICA, S.A. DE C.V.**

**PARA:
R. AYUNTAMIENTO DE TORREÓN, COAH.**



DICIEMBRE, 2009.

Trabajo realizado por:

Consultores en Ingeniería
Geofísica, S.A. de C.V.

Romero # 19,
Col. Niños Héroes de
Chapultepec. México, D.F.
C.P. 03440

Tel : 52 (55) 5590 9928

Fax: 52 (55) 5590 2643

www.cigsa.net



Para:

R. AYUNTAMIENTO DE TORREÓN, COAHUILA



CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	4
1.1. Introducción	4
Objetivo	5
1.1.1. Específicos	5
1.2. Localización y vías de acceso.....	6
1.2.1. LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE LAS LINEAS DE DIPOLO.	7
1.3. Estudios previos.....	8
2. MARCO FÍSICO.....	12
2.1. Fisiografía	12
2.2. Hidrografía	12
2.3. Hidrología superficial.....	13
2.4. Geología	14
3. GEOFISICA.....	17
3.1. Método Dipolo-dipolo	18
3.2. RESULTADOS.....	18
Perfil L1:.....	20
Perfil L2:.....	21
Perfil L3:.....	21
Perfil I4:.....	22
Perfil L5:.....	22
Perfil L6:.....	23
Perfil L1-Parque:	24
Perfil L2 Parque:	24
Perfil L3 Parque:	25
4. Krigeado ordinario.....	26
4.1. Análisis exploratorio.....	27
4.2. Análisis estructural.....	29
4.3. Estimación	30
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
6. FOTOGRAFÍAS	35
7. REFERENCIAS.....	40

La exploración Geofísica, comprende un levantamiento eléctrico con la técnica del Dipolo, con un nivel de exploración para investigar una profundidad hasta los primeros 16 m, en el Parque Fundadores, las calles Lázaro Cárdenas, Boulevard Río Nazas, Progreso, López Mateos, Eva Sámano y calle "C".

Se realizaron 9 secciones o perfiles, 3 en el Parque Fundadores, y 6 en las calles mencionadas en el párrafo anterior, una por cada calle sobre las avenidas de interés. En general se pueden delimitar 3 unidades geoelectricas distintas, las cuales pueden ser asociadas a materiales cuya clasificación es la siguiente:

La unidad U1, se correlaciona con material de relleno y de origen sedimentario arcilloso sin consolidar.

La unidad U2, se correlaciona con material de origen sedimentario areno-arcilloso pobremente consolidado.

La unidad U3, se correlaciona con material sedimentario del tipo de conglomerados en matriz arenosa con mayor grado de compacidad.

La zona de afectación por abras se encuentra asentada sobre los materiales arriba descritos, lo que ocasiona dicha formación de abras.

1. GENERALIDADES

1.1. *Introducción*

A solicitud del R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila, Consultores en Ingeniería Geofísica, S.A. de C.V. llevó a cabo un estudio geofísico, que comprende un levantamiento de resistividad utilizando la Técnica Dipolo-Dipolo. Este estudio incluye 9 líneas de adquisición de diferente longitud. Este levantamiento cubre un área urbana en la ciudad de Torreón, en el estado de Coahuila y tiene la finalidad de evaluar las características resistivas del subsuelo así como la ubicación de posibles cavidades o "abras" detectadas en la zona de estudio. En los sitios estudiados, previamente programados, se pretende conocer su comportamiento Geo-resistivo a profundidades del orden de los 16 m, así como la distribución de los materiales del subsuelo. Como resultados se presenta un perfil de resistividad por cada línea de adquisición el cual muestra las diferentes unidades electroestratigráficas que pueden ser correlacionadas con unidades litológicas o bien con estructuras geológicas del área de estudio.

Objetivo

Caracterizar la distribución espacial de los estratos que conforman el subsuelo de las calles arriba mencionadas, con la finalidad de identificar probables cavidades y/o fracturas en el subsuelo que afectan o puedan afectar a las viviendas establecidas en la zona.

1.1.1. Específicos

- Identificar el tipo de materiales que conforman el subsuelo asociándolos a valores resistivos.
- Delimitar la geometría de los materiales que conforman el subsuelo.
- Determinar la presencia de altos resistivos asociados a la presencia de cavidades o fracturas.
- Zonificar las colonias en base a la respuesta resistiva de los materiales del subsuelo, asociados a cavidades y/o fracturas.
- Generar mapas de probabilidad.
- Proponer medidas para mitigar el riesgo en la zona.

1.2. Localización y vías de acceso

La zona de estudio se encuentra en la zona urbana de la Cd. Torreón, Coahuila, en la margen derecha del Río Nazas a la altura de la colonia Maclovio Herrera (Figura 1.1).



Figura 1.1 Localización General del Área de Estudio

1.2.1. LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE LAS LINEAS DE DIPOLO.-

Las líneas en rojo muestran la distribución de los dipolos realizados sobre las calles de interés: L1: Av. Nazas, L2: Lázaro Cárdenas, L3: Progreso, L4: López Mateos, L5: Eva Sámano y L6: Calle C. Y en color amarillo las que se adquirieron dentro del Parque Fundadores: L-1P, L-2P y L-3P. La figura 1.2 muestra la distribución de dichas líneas de estudio.



Figura 1.2 Plano de localización de los sondeos

Las coordenadas de los Dipolos fueron obtenidas mediante un localizador GPS de mano marca *Garmin modelo map60c* de 12 canales con un error de ± 5 metros. El área de estudio está comprendida geográficamente en la zona UTM 13. El Datum utilizado fue el WGS84 que corresponde directamente con el sistema ITRF92 utilizado por INEGI.

En la siguiente Tabla 1-1 se listan las coordenadas del inicio y fin de las líneas de sondeos realizadas en las calles y en el parque.

Tabla 1-1 Coordenadas de las líneas de sondeos efectuadas

Dipolo	X	y	Elevación
L1-Ini	653127.279	2825942.97	1128.725
L1-Fin	653219.076	2825980.02	1128.244
L2-Ini	653100.818	2825885.22	1133.532
L2-Fin	653438.744	2825997.78	1133.051
L3-Ini	653109.758	2825860.78	1129.686
L3-Fin	653401.14	2825933.43	1134.974
L4-Ini	653129.132	2825831.44	1136.416
L4-Fin	653576.37	2825906.86	1136.416
L5-Ini	653403.342	2825839.25	1137.377
L5-Fin	653629.899	2825885.99	1133.051
L6-Ini	653410.63	2825804.66	1133.532
L6-Fin	653638.704	2825838.19	1129.686
L1p-Ini	653680.424	2825955.42	1128.725
L1p-Fin	653473.363	2825903.45	1131.128
L2p-Ini	653680.876	2825990.8	1132.09
L2p-Fin	653428.779	2825926.72	1133.051
L3p-Ini	653652.604	2826023.25	1131.609
L3p-Fin	653449.224	2825964.77	1136.896

1.3. Estudios previos

De forma local, no existen estudios en las Colonias Lázaro Cárdenas, Nueva Rosita y Maclovio Herrera, sin embargo de manera regional existen informes que describen la geología, geofísica, hidrología e hidrogeología de zonas cercanas al punto de exploración, esta información es de utilidad por lo que se procede a describir sus objetivos y comentar sus principales conclusiones.

Cercanos al área de estudio (Col. Villa de las Flores, Lerdo, Durango), El Servicio Geológico Mexicano (2007), realizó un estudio de peligros geológicos-geofísico. Los objetivos del trabajo son: identificar el tipo de materiales que se presentan en el subsuelo de la zona, determinar su geometría, determinar la probable presencia de fracturas y cavidades en el subsuelo, zonificar la colonia en función del potencial de Peligro Geológico por la causal de subsidencia y, proponer medidas mitigación para las áreas de Peligro Alto.

Las conclusiones del trabajo indican:

Que en la zona existen rocas compactas (calizas), con presencia de algunas cavidades (karst), que conforman los cerros que circundan a la colonia Villa de las Flores; estas rocas se encuentran en las partes planas a profundidad variable; sobre éstas se encuentran materiales poco compactos (gravas, arenas, limos y arcillas).

Las viviendas de las colonias Villa de las Flores, Emiliano Zapata, Cesar G. Meráz y Las Cumbres se encuentran asentados sobre sedimentos heterogéneos de origen aluvial y coluvial, mal consolidados y que contienen arcillas.

La baja compacidad de los materiales de relleno, ocasionan en las construcciones asentamientos diferenciales y por tanto fracturamiento en muros, firmes, banquetas, guarniciones, pavimentos e, incluso, elementos estructurales de liga.

La presencia de calizas en la zona representa la posibilidad de la generación de cavernas de disolución por erosión química y mecánica. El colapso del techo de las cavernas y cavidades desgastadas por la acción del agua puede ocasionar hundimientos en las zonas de material no consolidado. Estas cavernas pueden provocar, a su vez, durante la época de lluvias el reacomodo de materiales poco compactos que se encuentran en superficie, éstos, al encontrar huecos a profundidad, con la acción del agua como agente de transporte, rellenan los espacios vacíos (karst), provocando así un efecto "sifón" en superficie.

La presencia de fallas y fracturas en calizas, ocasiona que la roca se debilite, estas discontinuidades, asociadas a la pendiente y humedad en la masa de roca, puedan ocasionar zonas de inestabilidad de laderas que generan deslizamientos y caída de rocas por los mecanismos de falla plana, volteo y cuña.

En zonas en donde se presentan fracturas y fisuras en viviendas e infraestructura urbana, la exploración geofísica de su primera fase no indica la existencia de cavernas o fracturas en el subsuelo, aunque en superficie se aprecian asentamientos provocados posiblemente por deficiencias en la compactación de los materiales de rellenos.

En algunas de las viviendas donde se presentaron problemas de subsidencia, previamente, durante varios días se tuvieron también problemas por fugas en la red de agua potable, lo que probablemente ayudó a que ocurriera dicha subsidencia al presentarse tubificación (erosión por arrastre) de finos.

El estudio identifica tres zonas de peligro:

Zona 1

Se ubica entre las calles Nardo y Delicias de la colonia Villa de las Flores; falda NW del Cerro Las Calabazas; se le asignó peligro medio, debido a que presenta fracturas en las rocas localizadas en las inmediaciones de las colonia; en la zona se observó que para nivelar al macizo rocoso, el terreno fue relleno con materiales pétreos heterogéneos mal consolidados y no compactados, mismos que, con la humedad, pendiente y granulometría, puede presentar problemas de asentamientos diferenciales en viviendas e infraestructura.

Zona 2

La Zona Dos se ubica en la parte poniente del Cerro Las Calabazas, al norte de la calle Vasconcelos, atraviesa en su parte intermedia la calle Begonias (hundimiento de la casa de los mármoles) y llega hasta Jazmín; se trata de una zona que en su porción norte mide 106 m de largo por 9 m de ancho promedio (954 m²) presenta peligro alto. Según datos cartografiados en campo, se presentan hundimientos en patios, fisuras en viviendas, bardas, banquetas, guarniciones, pavimentos.

Zona 3

La zona Tres se ubica al sur del área de estudio, colinda con el Boulevard Canal de Sacramento.

Las principales recomendaciones del estudio indican: Que en las zonas de peligro alto se proceda al desalojo de las viviendas; Que en las zonas de peligro y riesgo medio, se proceda a realizar una evaluación de las viviendas para determinar si las construcciones reúnen las condiciones de seguridad para ser habitadas.

Dado que parte de la subsidencia en la zona se interpreta relacionada a la pérdida o abatimientos en los niveles del agua subterránea en los materiales de relleno, se recomienda realizar un estudio geohidrológico que permita establecer la relación hidráulica entre un acuífero somero, el llamado acuífero principal y el propio cauce del subálveo del río Nazas.

Se recomienda realizar perforaciones en diámetro NQ (3") con recuperación continua de núcleos hasta la profundidad de 100 m.

En el año del 2008 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua realizó un estudio de prospección geofísica, con el objetivo de caracterizar los estratos que conforman el subsuelo de la Colonia Villa de las Flores; ente las calles Boulevard Villas de las Flores, Monte Rosa y Pirineos Sur.

Las conclusiones del trabajo indican: 4 unidades geoelectricas distintas. Las cuales se asocian a los materiales siguientes:

La unidad U1, que es considerada como la capa superficial, la cual debido a su composición de materiales de distinta procedencia (fragmentos de roca, suelos, materiales de relleno, etc) tiene valores de resistividades muy variables. Además según el barreno consta de materiales de arena fina y limos.

La unidad U2, es una unidad considerada de materiales granulares, como arenas de grano grueso con limos.

La unidad subyacente (U3), es considerada como gravas empacadas con arena y con intercalaciones de arenas finas y limos.

Por ultimo, la unidad U4, Arenas de grano fino con limos.

Como resultados de la interpretación de las secciones geofísicas se detectan 16 anomalías superficiales de 3-8 m de profundidad y 7 anomalías profundas de 10-18 m de profundidad.

El estudio recomienda ampliar los trabajos de prospección a las colonias César G. Meráz y Villas de las Flores para caracterizar las capas que conforman el subsuelo y la presencia de cavidades, perforar pozos de exploración de diámetro pequeño con recuperación de núcleos en los sitios alterados y no alterados por las anomalías para confirmar lo reportado en la prospección geofísica, recomendando los sitios TEM 106, 217 y 321. La profundidad de la perforación deberá ser de 50 m.

Así mismo se recomienda proceder a la perforación de pozos exploratorios hasta el contacto de las calizas.

Como puntos de mitigación y observación se recomienda evitar las fugas de agua de la red de agua potable y alcantarillado para impedir su infiltración al subsuelo y evitar la infiltración de las aguas pluviales al subsuelo.

Los informes citados aún que no están dentro del área de estudio son importantes debido a que describen la caracterización de los estratos en un área muy próxima a las colonias Maclovio Herrera y Lázaro Cárdenas, por lo que es posible que los estratos que conforman el subsuelo, de estas colonias, presentan cierta semejanza.

No esta demás indicar que los procesos de subsidencia presentados en el Municipio de Lerdo, Durango; del año 2008, son sincronicos a los eventos de hundimientos en las Colonias Maclovio Herrera, Lázaro Cárdenas y Rosita, Municipio de Torreón, Coahuila.

2. MARCO FÍSICO

2.1. Fisiografía

El área de estudio, se encuentra localizada dentro de las provincias fisiográficas de Sierras y Llanos del Norte y Sierra Madre Oriental; orográficamente, existen varias sierras en el área de estudio las cuales la bordean en sus porciones poniente, sur y oriente, constituidas por las Sierras: El Sarnoso, Villa Juárez, Las Noas, San Lorenzo y Texas, las cuales bordean la parte plana conformada por la zona denominada La Laguna.

El área de estudio se puede dividir en 2 zonas con características geomórficas propias, las cuales están basadas en el drenaje, las altitudes promedio con respecto al nivel del mar, la composición litológica, sobre todo, aquellas relacionadas y conformadas por calizas, así como la relación con los valles intermontanos que las bordean.

En la porción poniente y sur, se observan las Sierras El Sarnoso, Villa Juárez y Las Noas, las cuales tienen una variación geomórfica grande de un sector a otro, teniendo una característica general de orientación, que varía de NW-SE observable en la Sierra El Sarnoso, a Este-Oeste en la porción sur, producto de la actividad tectónica y de la diferencia de composición de las unidades terrígenas y calcáreas que la constituyen, conformadas por rocas carbonatadas con facies arrecifales, lagunares y de cuenca.

La relación de Valles y Sierras, es similar a la anterior, pero las geoformas topográficamente, presentan menor altura; hacia la porción de las Sierras de Villa Juárez y Las Noas, la altitud disminuye hasta llegar a alturas máximas del orden de los 1,500 msnm; en la Sierra de Las Noas, se observa un arreglo sigmoidal, producto de la variedad litológica, la cual responde a una diferente respuesta mecánica y a la reactivación de fallas.

2.2. Hidrografía

Geográficamente, la zona de estudio se ubica en la parte septentrional de la República Mexicana y ocupando una fracción del río Nazas, en el Estado de Coahuila que pertenece a la Región Hidrológica 36.

La Región Hidrológica No. 36, está integrada básicamente por las cuencas cerradas de las lagunas de Viesca y de Mayrán, así como por una fracción del Bolsón de Mapimí. Limita al norte con la Región Hidrológica No. 35 (Mapimí) y al sur sureste con la Región Hidrológica No. 37 (El Salado).

La cuenca del río Nazas se encuentra situada en su mayor parte en el estado de Durango y sólo en una porción menor en el estado de Coahuila, hacia su desembocadura en la Laguna de Mayrán.

Al río Nazas lo forman los ríos de Sextín o del Oro y el de Ramos. Este último, a su vez, está constituido por los ríos Santiago y Tepehuanes. La cuenca del río Nazas propiamente dicho se desarrolla entre los paralelos 24° 08' y 26° 35' de latitud norte y los meridianos 101° 34' y 105° 02' de longitud oeste.

El río Nazas, pasar por las importantes ciudades de Ciudad Lerdo y Gómez Palacio, Dgo., y Torreón, Coah. En este tramo tiene una longitud aproximada de 30 km. Aguas abajo de Torreón el recorrido se convierte en noreste y ya dentro del estado de Coahuila pasa por Francisco I. Madero, de manera que entre Torreón y esta ciudad recorre aproximadamente 38 km. Finalmente se dirige hacia el este y pasa cerca de San Pedro de las Colonias, Coah., antes de llegar a su destino final, la laguna de Mayrán.

De hecho, a 45 km aguas abajo de la presa Francisco Zarco principia la zona de aprovechamiento del Distrito de Riego No. 17, de la Región Lagunera, de manera que existe una serie de derivaciones importantes y por lo tanto el caudal ya va muy controlado. El río cruza por zonas urbanas de mucha importancia y con numerosas comunicaciones.

2.3. Hidrología superficial

En la actualidad el río Nazas presenta un encauzamiento bien definido en la zona de estudio, sin embargo en el pasado reciente el río ha presentado modificaciones en la traza del cauce. Con objeto de documentar su variación se presenta un detalle del plano original elaborado por la Comisión Inspector del Río Nazas (CONAGUA).

En la 2.1, se muestra que a la altura del Macizo Calabazas, el río presenta divagaciones que propician la formación de montículos. Éstos se forman con materiales de diversa gradación, en la sección geológica estos materiales se clasifican como depósitos aluviales.

En el área de estudio, colonias, Maclovio Herrera y Lázaro Cárdenas, es posible ubicar el trazo del tajo San Antonio o Torreón que tenía como limite la Ciudad.

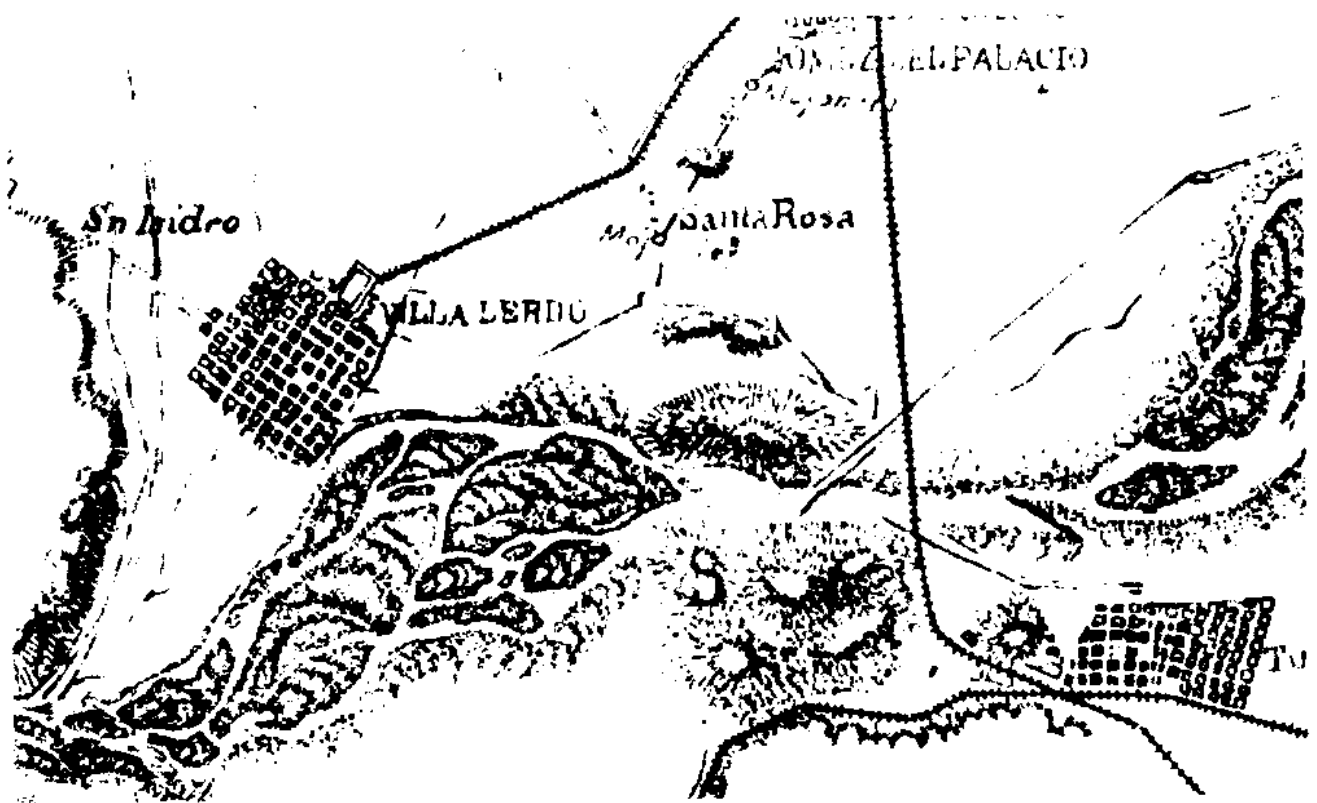


Figura 2.1 Río Nazas distribución de tajos y bancos.

Actualmente la colonia Lázaro Cárdenas y parte de la Maclovio Herrera se encuentran emplazadas sobre los depósitos aluviales, esta observación es de importancia para ubicar la distribución espacial de las características geo-eléctricas de los materiales.

2.4. Geología

Tomando con cuenta que el estudio geofísico se realizó en una zona puntual, se considera conveniente describir las unidades geológicas reportadas en estudios anteriores. Para ello se toma en cuenta las descripciones que se reporta el SGM (2007), en la colonias Villa de las Flores y Emiliano Zapata, Lerdo, Durango ya que son las mismas unidades geológicas que se presentan en las Col Lázaro Cárdenas y Plan de Ayala, Torreón, Coahuila.

“De manera local, en la zona se exponen rocas calizas que conforman los cerros ubicados en los alrededores de la Colonia Villa de Las Flores, estas calizas corresponden a las formaciones Cupido y Aurora de edad Cretácico. Hacia sus flancos, los cerros se cubren de manera discordantes por materiales de talud natural y, en las partes planas, sedimentos de origen aluvial. También se presentan materiales antrópicos que consisten en rellenos heterogéneos, mal consolidados”.

La formación Cupido localmente está constituida por calizas de color gris claro a oscuro, en estratos de 60 a 110 cm de grosor, con nódulos de pedernal y vetillas de calcita entre los estratos; sus capas expuestas frecuentemente presentan líneas estilolíticas y superficies de rugosidad por la disolución de carbonatos, su edad es Barremiano superior-Aptiano medio. Esta roca se encuentra de ligeramente intemperizada a moderadamente intemperizada.

En zonas sanas, su resistencia estimada en campo es medianamente dura. Por el grado de fracturamiento que le afecta se le califica como muy permeable.

La Formación Cupido se asocia al desarrollo de un arrecife. Su espesor estimado hacia Villa Juárez, al suroeste del área en estudio, es de aproximadamente 120 m, esta formación se depositó en un ambiente de plataforma de aguas neríticas de alta energía. Esta unidad conforma el macizo rocoso del Cerro Las Calabazas, donde se ve cubierta discordantemente por materiales de talud natural, desarrollo de suelos y materiales antrópicos, heterogéneos.

Continuando con la descripción del SMG (2007), se indica que la Formación Aurora es una secuencia de calizas, está formada por calizas de color gris a gris-crema de textura fina con estilolitas interestratificadas, sus estratos varían de 40 hasta 250 cm., siendo comunes los nódulos de pedernal y horizontes delgados de lutita, localmente su espesor se calcula de aproximadamente 220 m. Por su posición estratigráfica se le considera una edad Aptiano-Albiano inferior.

Esta roca se encuentra de ligeramente intemperizada a moderadamente intemperizada. En zonas sanas, su resistencia estimada en campo es medianamente dura. Por el grado de fracturamiento que le afecta, así como por la presencia de horizontes arcillosos se le califica cualitativamente como permeable a poco permeable.

La formación Aurora representa una trasgresión marina que ocasionó inicialmente el depósito de calizas en ambiente de plataforma, al progresar la trasgresión se acumularon las calizas con nódulos de pedernal propiamente de un ambiente de cuenca, localmente se presenta altamente tectonizada con fallas normales de rumbo NW 20° a 35° SE.

No aflora en las en superficie, pero sus exposiciones más cercanas se encuentran en el Cerro El Huarache, ubicado en la margen derecha del Río Nazas, es decir, en dirección al sur de la colonia de las Col. Maclovio Herrera y Plan de Ayala, motivo del presente estudio.

El reporte del SGM (2007), indica que los depósitos los materiales de talud natural, corresponden a bloques de roca, cantos rodados y gravas, empacados en una matriz de arena gruesa, no consolidada, aunque también se puede encontrar parcialmente cementada por caliche. Por el tipo de sus constituyentes forma una unidad de comportamiento heterogéneo, cuando se encuentra en estado suelto se le califica cualitativamente como de mala calidad geotécnica para fines de estabilidad de laderas y para el desplante de estructuras ingenieriles, mientras que estando cementada su matriz, para los fines anotados, se le califica cualitativamente como de calidad geotécnica regular.

Se presentan al pie de los cerros El Huarache y Las Calabazas, por encima del nivel del valle, como una capa de grosor variable, entre 2 y 5m, aunque en algunos lugares la mancha urbana los ha enmascarado completamente.

Los depósitos de aluvión, bajo este nombre se integran los materiales en estado suelto que involucran a los acarrees del Río Nazas, son materiales que comprenden una gran variedad de granulometría: grandes bloques de roca, boleos, gujarroś, gravas, arenas, limos y arcillas, donde, usualmente, predominan las texturas de arena fina a arcillas. Carecen de cementación, su consolidación es muy pobre a nula. Se presentan cubriendo las partes bajas rellenando la llanura de inundación del Río Nazas.

Dentro de las colonias Maclovio Herrera y Lázaro Cárdenas se les ubica prácticamente a todo lo largo de la misma, sobre de esta unidad se desplanta la mayoría de las viviendas, infraestructura y vialidades.

Existen materiales antrópicos que son los materiales heterogéneos con los que los colonos han rellenado depresiones, dentro de los límites de la colonia. Incluyen fragmentos de roca, cascajo y basura. Con éstos se niveló el terreno y se desplantaron viviendas, infraestructura y servicios. Su compactación es pobre. Su calidad geotécnica cualitativa es muy mala. Su comportamiento geomecánico corresponde con suelos muy suaves (SGM, 2007).

Dado que sobre esta unidad se han desplantado viviendas e infraestructura sin que se le diera tratamiento de consolidación, por lo que es común que en esas estructuras ingenieriles se manifiesten fisuras y asentamientos diferenciales (SGM, 2007).

3. GEOFISICA

La Prospección Eléctrica apoya su estudio en tres propiedades fundamentales de las rocas tales como la resistividad o su inversa la conductividad, la actividad electroquímica así como la constante dieléctrica. La resistividad gobierna la cantidad de corriente que pasa a través de la roca cuando una diferencia de potencial específico es aplicada.

Los métodos eléctricos son utilizados más frecuentemente en la exploración minera y en estudios hidrogeológicos, así como en la localización de estructuras geológicas tales como fracturas o cavidades. Específicamente para este proyecto se utilizó la técnica de Dipolo-Dipolo cuya finalidad es la de averiguar la distribución vertical de resistividades bajo cada punto de atribución.

La resistividad eléctrica es un parámetro que varía entre otras cosas por el contenido de agua en las rocas. En términos generales se considera que los materiales granulares pueden tener mayor contenido de agua que los materiales rocosos, así también los materiales rocosos contendrán más agua mientras mayor sea el fracturamiento de éstas. Hablando en términos de resistividad se considera que los materiales rocosos que no contienen agua son sanos, es decir presentan escaso fracturamiento así como valores resistivos altos; conforme aumente el fracturamiento en los materiales rocosos menor será el orden de los valores de resistividad. Para el caso de los materiales granulares la regla general es que los materiales de grano más grueso presentan mayor resistividad mientras que los finos presentan resistividades bajas. Con esta regla en mente a mayor contenido arcilloso menor valor de resistividad.

Existen otros factores que hacen variar la resistividad de las rocas como son la salinidad o calidad del agua que las satura, así como el contenido mineralógico de los fragmentos que componen los materiales granulares o de los materiales que rellenan las fracturas de las rocas.

Para el presente estudio se plantea un modelo geoelectrico que considera que la variación de la resistividad depende de la compacidad de los sedimentos o del grado de fracturamiento de la roca, así como su composición litológica y/o mineralógica, la posible saturación o la presencia de cavidades que previamente fueron identificadas en el área de estudio. Se propone un modelo geoelectrico simple cuyo objetivo es diferenciar las unidades geoelectricas y mediante intervalos resistivos hacer asociaciones de unidades litológicas o estructuras geológicas.

3.1. Método Dipolo-dipolo

Este método eléctrico consiste básicamente de dos dipolos (o circuitos), uno que inyecta corriente directa (DC) y otro que mide una diferencia de potencial o voltaje (V), conociendo la corriente (I) y el voltaje (V) que circularon por el terreno es posible calcular la resistividad.

Los métodos eléctricos se caracterizan entre sí por el arreglo geométrico que hay entre estos circuitos. En este caso se tiene un dipolo DC y otro V a una distancia a cuyo punto de atribución (toma de lectura) se asigna de acuerdo a la distancia entre los dipolos que se incrementa a razón de n veces, guardando siempre la misma distancia a entre los electrodos de cada dipolo ($n=1,2,\dots,n$), de esta forma se hace un barrido desplazando ambos dipolos generando una malla de puntos de atribución (ver figura 3.1) que forman una sección con valores de resistividad del subsuelo en cada punto de atribución.

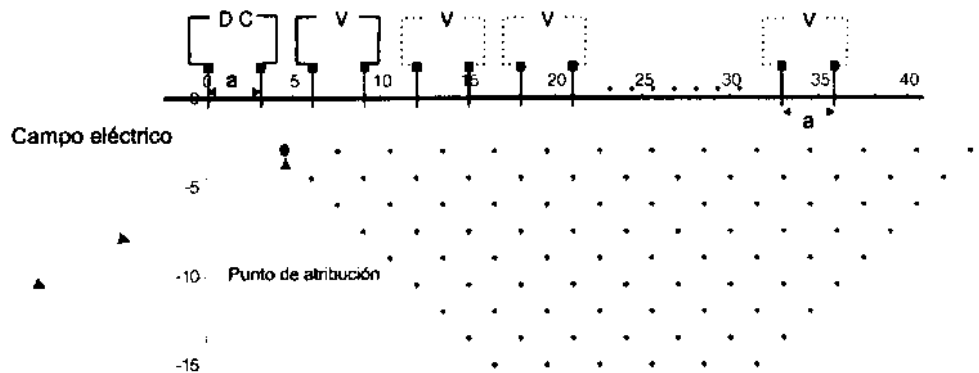


Figura 3.1: Diagrama del arreglo geométrico del método Dipolo- Dipolo.

Con los perfiles generados se obtiene una imagen eléctrica del subsuelo en términos de la resistividad. Esta técnica es la indicada cuando se requiere buena resolución lateral a poca profundidad de exploración; por ejemplo localización de grietas, pequeñas fracturas, cavemas o todo aquel rasgo del subsuelo que tenga contrastes laterales a escala de unidades de metro.

3.2. RESULTADOS

La mejor manera de presentar los valores de resistividad es en forma de perfiles ya que de este modo es posible correlacionar los resultados entre las diferentes líneas de sondeo ejecutadas e inferir una posible condición geológica a partir de la definición de unidades geo-eléctricas, estas se comportan como cualquier otro tipo de unidad estratigráfica: forman capas estratificadas, estructuras, etc. Una vez que se consigue un modelo de unidades geo-eléctricas es posible asociarlos a eventos y condiciones geológicas que ofrecen un modelo probable del subsuelo.

La clasificación Geoeléctrica se forma de acuerdo con los valores de resistividad que se obtienen en correlación con lo que se observa en campo y la información adicional que se recolecta de estudios previos en la zona de estudio.

Para este proyecto se elaboraron dos tablas de Clasificación Geo-eléctrica la primera (Tabla 3.1) corresponde a las 6 líneas de adquisición de las calles de la Colonia Plan de Ayala y la segunda (Tabla 3.2) corresponde a las 3 líneas de adquisición del Parque Fundadores.

Para la Tabla 3.1 se identifican tres unidades principales del mismo material pero de diferente grado de compacidad y tamaño granulométrico, clasificándose como se muestra a continuación dependiendo del rango de valores de resistividad.

Para la Tabla 3.2 se identificaron igualmente tres unidades geo-eléctricas con posiblemente las mismas características litológicas sin embargo, es probable que el material que las contiene tenga algún tipo de alteración como saturación de agua, que provoca las variaciones en los correspondientes valores de resistividad.

Tabla 3-1 Clasificación geoeléctrica

Clasificación Geoeléctrica		
Unidad	Intervalo Resistivo	Descripción y asociación litológica
U1		
U2		
U3	mayor a 60	Material granular arenoso con mayor grado de compacidad.

- Unidad U1, tiene un rango resistivo que va de 1 a los 7 (ohm-m) aproximadamente, se describe litológicamente como material granular arcilloso muy blando.
- Unidad U2, tiene valores de resistividad que van de los 7 a los 60 (ohm-m) aproximadamente, esta unidad está compuesta por material granular posiblemente areno-arcilloso poco consolidado.
- Unidad U3, presenta valores de resistividad mayores a los 60 (ohm-m) aproximadamente y se clasifica litológicamente como material granular posiblemente arenoso con mayor grado de compacidad.

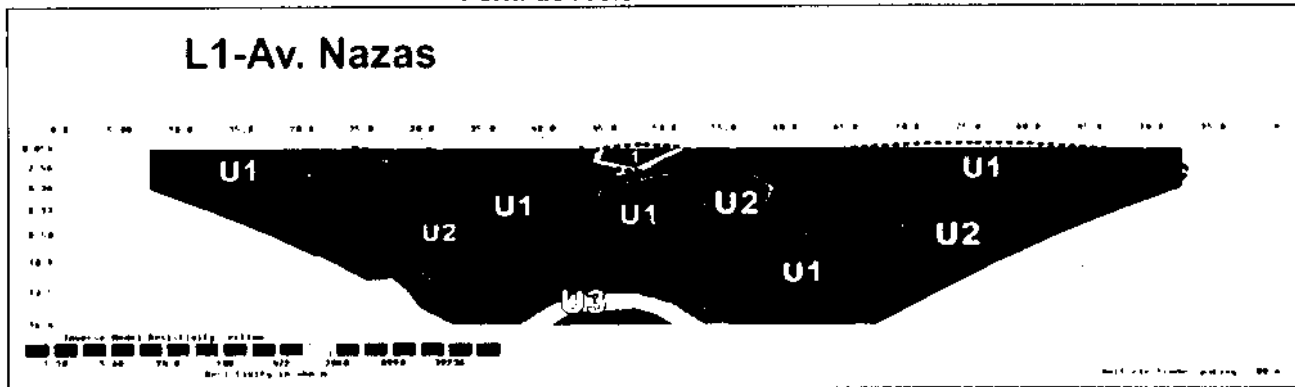
Tabla 3-2 Clasificación geoelectrica

Clasificación Geoelectrica		
Unidad	Intervalo	Descripción y asociación litológica
U1		
U2		
U3	mayor a 550	Material granular arenoso con mayor grado de compacidad.

La diferencia de esta tabla 3-2 radica en las variaciones en los valores de resistividad debido posiblemente a ciertos niveles de saturación del material granular de la zona ya que en general el material arenoso predomina en la misma.

Colonia Plan de Ayala

Perfil de resistividad 3.1



PERFIL L1: En este perfil es posible identificar las tres unidades geo-eléctricas principales siendo la U1 señalada como zonas de material granular de tipo arcilloso muy blando que pudieran corresponder a los sitios donde ocurrieron las oquedades en superficie. En este aspecto se señala con el número 1 al lugar donde se depositó material de relleno debido al afloramiento de un hueco y por ello los valores de resistividad son variables. Como se puede apreciar en el perfil, las zonas blandas se encuentran a profundidades máximas de alrededor de los 7m. Es posible, así mismo identificar una zona de transición como lo es la unidad geo-eléctrica U2, mientras que a la unidad geoelectrica U3 se le puede encontrar a una profundidad aproximada de los 10m en adelante.

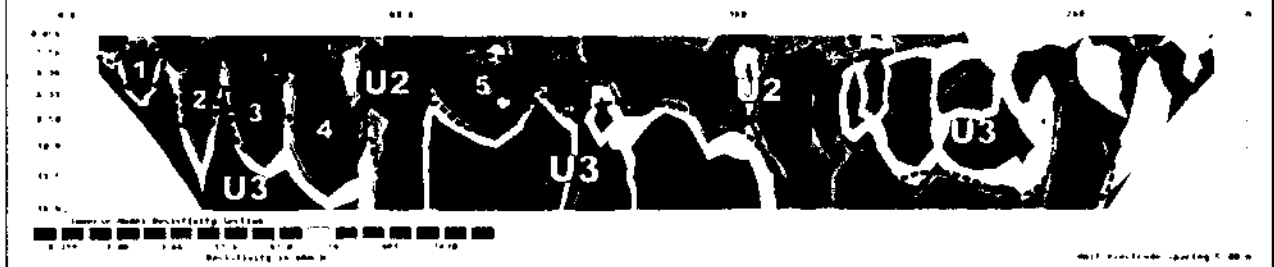
L2-Lázaro Cárdenas



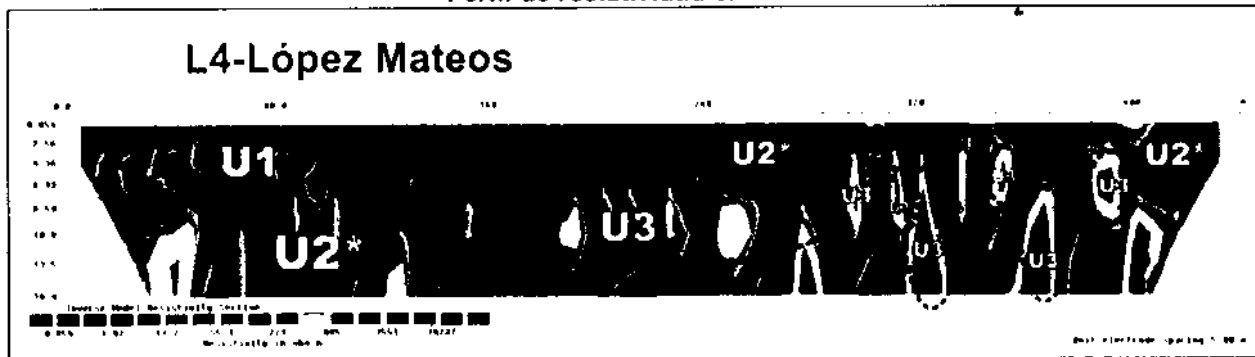
PERFIL L2: En este perfil se identifican las tres unidades geoelectricas, la U1 se señala como lentes aislados con numeración del 1 al 4 a una profundidad aproximada de 5m y para el 1 aflorando en superficie que corresponde con una de las abras identificadas previamente. Todos los anteriores se encuentran contenidos dentro de la unidad geoelectrica U2. Posteriormente a una profundidad aproximada de entre 8 y 10m se identifica la unidad geoelectrica U3 con variaciones y/o intercalaciones de la unidad U2 debido posiblemente tanto al contenido de material granular como del grado de compacidad que presentan dichos materiales.

Perfil de resistividad 3.3

L3-Progreso

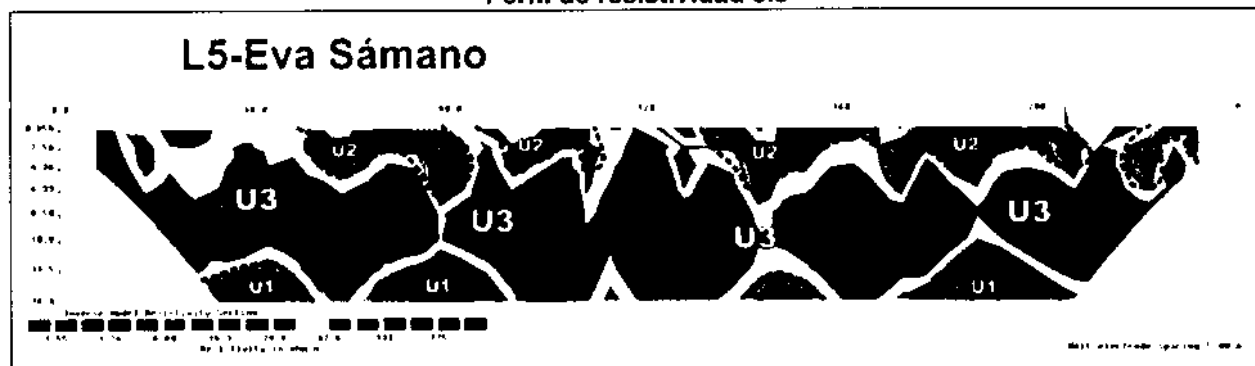


PERFIL L3: En este perfil se pueden identificar las tres unidades geoelectricas, y es posible apreciar los diferentes niveles de compacidad y consolidación del material granular que se ubica en esta calle. La unidad U1 se identifica con 5 lentes aislados contenidos en la unidad geoelectrica U2 a diferentes profundidades estando el más somero a 2.5m aproximadamente. Por su parte la unidad geoelectrica U3 se identifica como tres grandes bloques siendo el más somero el que se ubicó al Este del perfil pero donde su grado de compacidad en comparación con los otros dos bloques es menor.

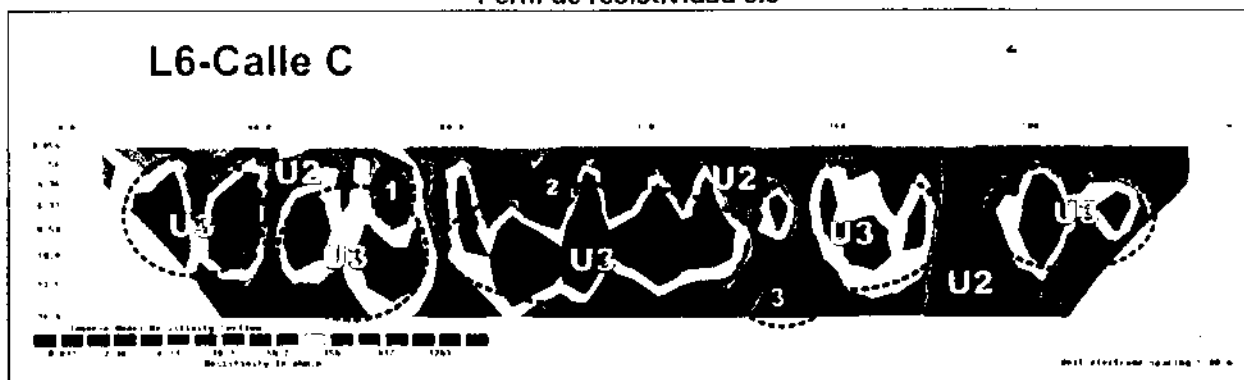


PERFIL L4: En él se identifican las tres unidades geoelectricas y se puede apreciar que las variaciones de las resistividades pudiera deberse a los diferentes niveles de compacidad del material granular y al tamaño de de los sedimentos que se ubica en esta calle. Se presentan en forma de lentes la unidad U3 a diferentes profundidades y de diferentes espesores contenidos en la unidad geoelectrica U2. Mientras que la unidad geoelectrica U1 se identificó como un lente a una profundidad de 4m aproximadamente cerca del cadenamamiento 320 y como una unidad de mayor dimensión al Oeste del perfil y posiblemente aflorando.

Perfil de resistividad 3.5



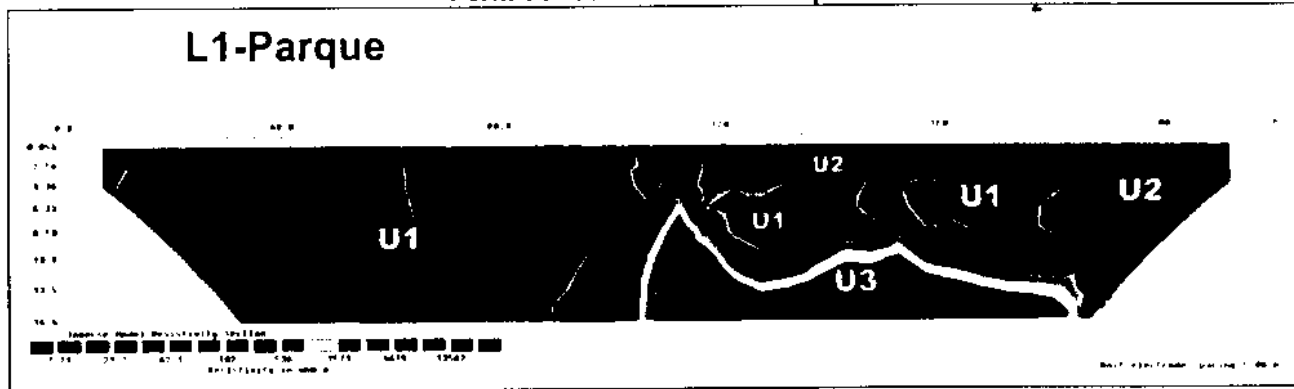
PERFIL L5: En esta sección se identifican las tres unidades geo-eléctricas, a diferencia de las secciones anteriores la unidad U3 se registra como una capa que se observa continua a lo largo de todo el perfil, mientras que la unidad U2 se presenta como pequeños bloques superficiales y aislados, finalmente la unidad U1 se registra a profundidad de igual forma como bloques aislados en la base del perfil. La disposición de las tres unidades posiblemente se debe a las diferencias de compacidad y/o tamaño de los sedimentos. Para esta sección no se aprecian zonas que pudieran correlacionarse con abras existentes, sin embargo, esto no indica que no pueda existir la presencia de abras a futuro.



PERFIL L6: en este perfil se identifican las tres unidades geoelectricas destacando la unidad U3 que se registra como bloques contenidos dentro de la unidad U2. Por su parte la unidad geoelectrica U1 se registra como lentes contenidos dentro de la misma unidad U2, y se registraron identificados con números del 1 al 3, presentándose los dos primeros a una profundidad de 2m aproximadamente, mientras que el tercero a una profundidad de 13m aproximadamente. Los bloques de la unidad geoelectrica U3 presentan un espesor aproximado de 8m.

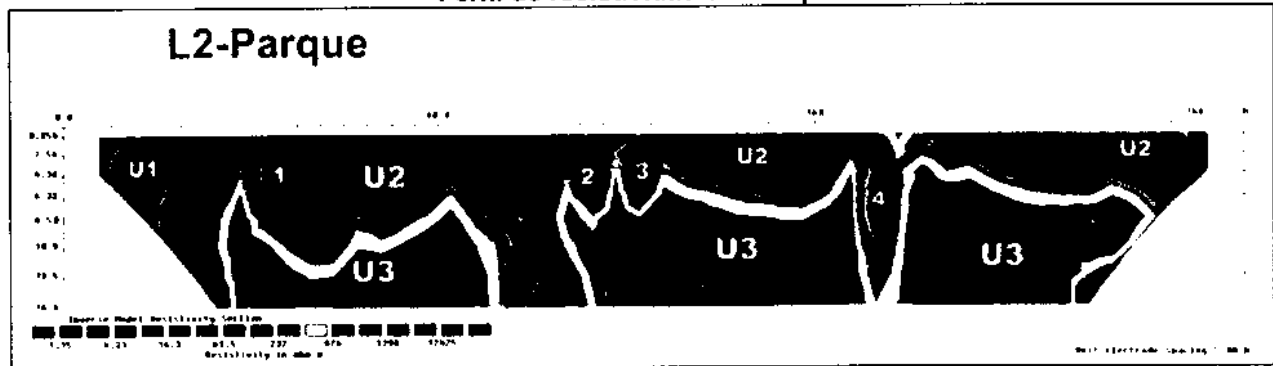
Nota: Las clasificaciones de las secciones anteriores corresponden a las líneas adquiridas en la Colonia Plan de Ayala y que pertenecen a la clasificación geo-eléctrica presentada en la Tabla 2.

Perfil de resistividad 3.1 Parque

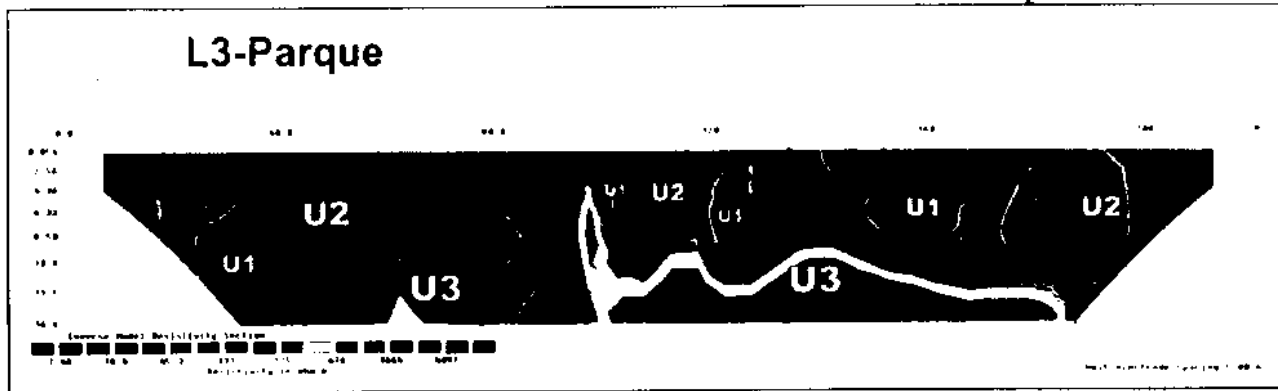


PERFIL L1-PARQUE: En este perfil es posible identificar las tres unidades geo-eléctricas detallándose con mayor extensión la unidad geo-eléctrica U1 hacia el inicio de la sección y donde los valores de resistividad pudieron verse alterados por una posible saturación de agua. Por otro lado se presenta la unidad geo-eléctrica U3 como un bloque aproximada de 80m de extensión lateral, se localiza a una profundidad aproximada de 8m. Hacia al final del perfil se pudo registrar en superficie la presencia de la unidad geo-eléctrica U2.

Perfil de resistividad 3.2 Parque



PERFIL L2 Parque: En este perfil se identificaron las tres unidades geoelectricas la unidad U3 se presenta en tres grandes bloques aislados abarca la mayor extensión en el perfil. La unidad geo-eléctrica U1 se observa en lentes aislados, numerándolos del 1 al 4, y contenidos dentro de la unidad geoelectrica U2 que en general se registra en todo el perfil. Las zonas correspondientes a la unidad U1 corresponden a materiales no consolidados localizados a poca profundidad.



PERFIL L3 Parque: En este perfil la unidad U3 se presenta en dos grandes bloques. A su vez la unidad geo-eléctrica U1 se delimitó como lentes aislados contenidos dentro de la unidad geo-eléctrica U2 que en general se registra en todo el perfil. Las zonas registradas como parte de la unidad U1 pudieran corresponder a zonas blandas registrándose a poca profundidad. La disposición de las unidades en este perfil posiblemente responde a la compacidad, consolidación y niveles de saturación que pudiera presentar el material granular en esta zona.

Nota: Las clasificaciones de las tres últimas secciones correspondientes a las líneas adquiridas dentro del Parque Fundadores y corresponden a la clasificación geo-eléctrica presentada en la Tabla 3.

4. KRIGEADO ORDINARIO

En esta sección se comenta la metodología utilizada para generar los planos de resistividad. En la primer parte se explica método de krigeado, en los siguientes incisos se detalla el análisis geoestadístico; pasando por el análisis exploratorio, estructura, estimación. El capítulo concluye en los comentarios del plano de resistividad.

El krigeado ordinario (KO) supone constante el valor de la deriva, sin embargo, se desconoce su valor por lo que es requerido que los pesos de krigeado sumen uno. Es decir, hay que imponer que el estimador sea lineal, insesgado y con varianza mínima. Matemáticamente se indica que el estimador sea lineal se describe de la siguiente manera:

$$Z^* = \sum_{k=1}^n \lambda_k Z(x_k), \quad (4.1)$$

que sea insesgado

$$E(Z^*) = E(Z), \quad \text{lo que equivale a} \quad \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1, \quad (4.2)$$

y de mínima varianza

$$E\{(Z^* - Z)^2\} \text{ es mínimo.} \quad (4.3)$$

El resultado del estimador lineal planteado es:

$$Z_{KO}^* = \sum_{k=1}^n \lambda_k^{KO} Z(x_k), \quad (4.4)$$

y el sistema de ecuaciones de krigeado es:

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta}^{KO} \gamma(x_k - x_{\beta}) + \mu_k^{ko} = \gamma(x_0 - x_k), \quad k = 1, \dots, n \quad (4.5)$$

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta}^{ko} = 1,$$

De forma matricial, este sistema tiene la siguiente expresión:

$$\begin{bmatrix} 0 & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \Lambda & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & 0 & \gamma_{23} & \Lambda & \gamma_{2n} & 1 \\ \text{M} & \text{M} & \text{M} & & \text{M} & \text{M} \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \gamma_{n3} & \Lambda & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \Lambda & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_{k1}^{ko} \\ \lambda_{k2}^{ko} \\ \text{M} \\ \lambda_{kn}^{ko} \\ \mu_{kn}^{ko} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{k1} \\ \gamma_{k2} \\ \text{M} \\ \gamma_{kn} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

Dónde:

$$\gamma_{mn} = \gamma(x_n - x_m) \quad \gamma_{kn} = \gamma(x_n - x_0) \quad (4.7)$$

Si $-\gamma(h)$ es condicionalmente definida positiva, la matriz del sistema es siempre regular y siempre tiene solución.

La varianza del krigeado, se obtiene de:

$$\text{Var}(Z^* - Z) = \sum_{k=1}^n \lambda_k^{ko} \gamma(x_k - x_0) + \mu_k^{ko} \quad (4.8)$$

4.1. Análisis exploratorio.

Los datos de resistividad aparente, con los que se trabaja en esta sección, corresponden al valor reportado en las capas de resistividad aparente, generadas en las secciones geoelectricas. En el capítulo 3 se explican los métodos empleados para obtener la resistividad aparente en las capas.

La Figura 4.1 ejemplifica la distribución espacial de la resistividad, en el perfil ubicado en el Boulevard Río Nazas; véase el anexo perfiles.

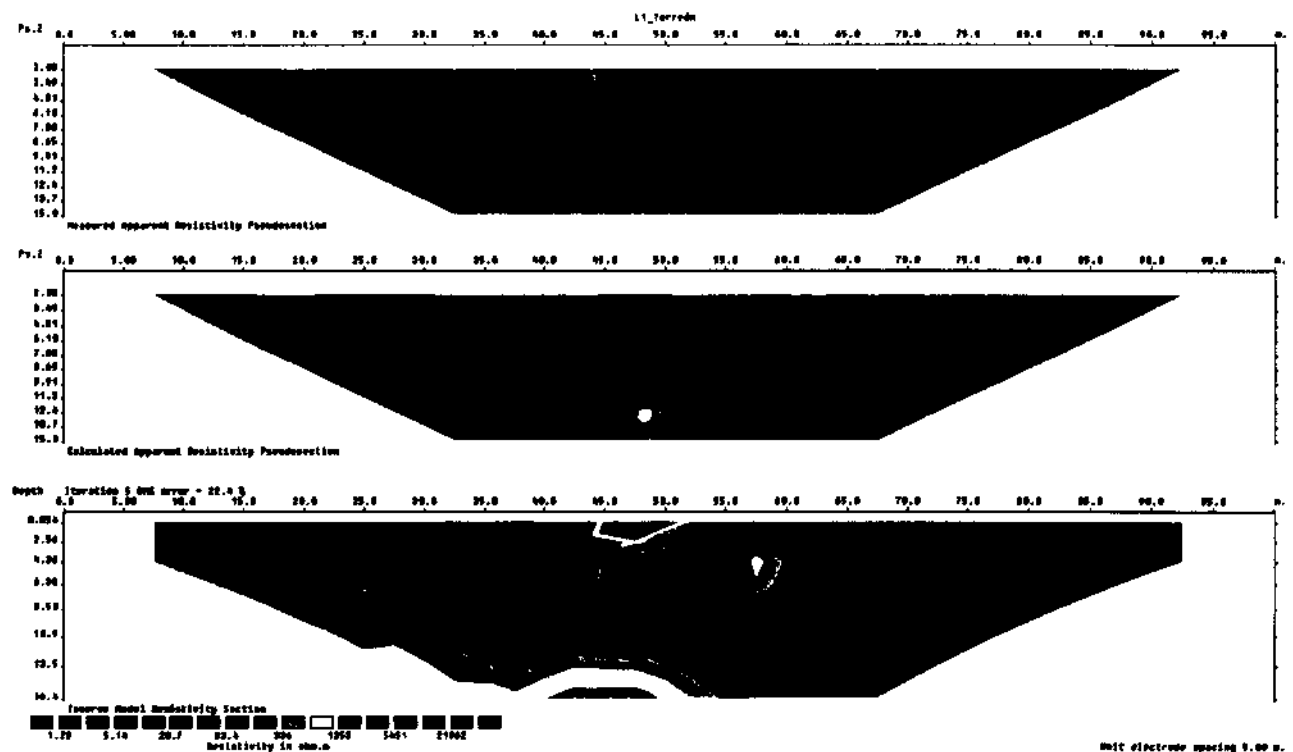


Figura 4.1 Datos resistividad aparente; Boulevard Río Nazas. a) Pseudosección resistividad medida, b) Pseudosección, resistividad estimada, c) Modelo de resistividad.

4.2. Análisis estructural

En esta sección se obtienen los semivariogramas y modelos que caracterizan a la variable aleatoria; resistividad aparente. Para ello, el análisis estructural se enfoca en la determinación del semivariograma muestral y el semivariograma teórico.

Como primer paso, se calcula el semivariograma muestral. El semivariograma omnidireccional se muestra en la figura 4.3.

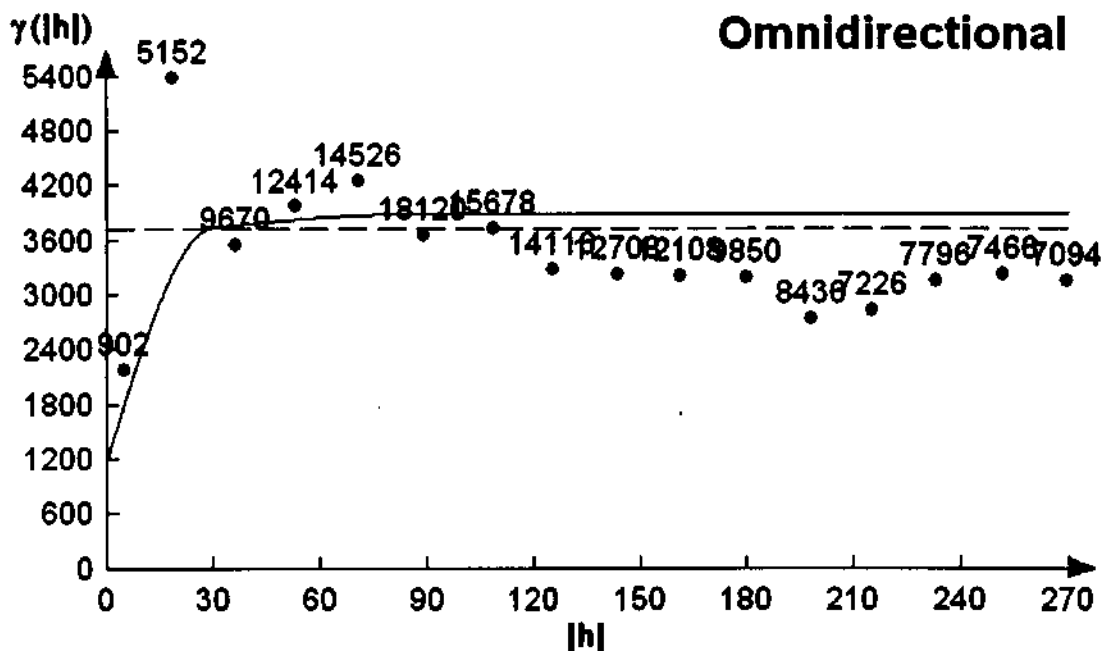


Figura 4.3 Semivariograma muestral y teórico

Los parámetros que caracterizan el modelo se muestra en la Tabla 4-1

Tabla 4-1 Modelo

pepita	sima	modelo	alcance
1200	2400	esférico	30
	300	esférico	90

Observe, en la tabla, que los parámetros del modelo denotan dos estructuras, una con un alcance de 30 m y la segunda con un alcance de 90 m.

Definido el modelo, que caracteriza a la variable, se procede a calcular el valor estimado en cada celda utilizando el programa S-GeMS, que permite realizar estimaciones en un sistema coordenado 3 D (Remy, 2004).

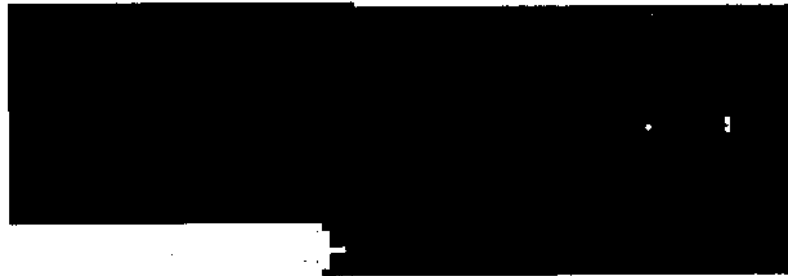


Figura 4.7 Resistividad aparente, capa 4



Figura 4.8 Resistividad aparente, capa 5

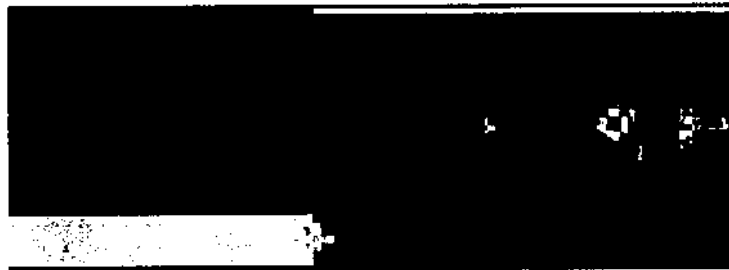
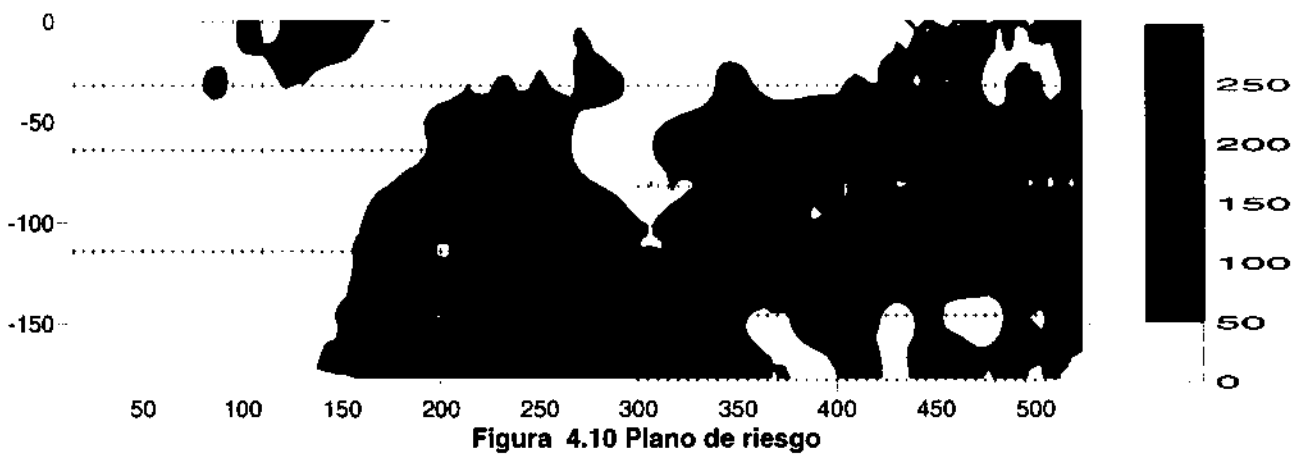


Figura 4.9 Resistividad aparente, capa 6

Observe que los valores de por arriba de 60 ohm/m, color azul claro, están presentes en las áreas afectadas por los hundimientos. Los contornos de color rojo, 120 ohm/m, ubicados al este de la zona de estudio representan las áreas con anomalías.

La Figura 4.10, muestra las áreas con un mayor riesgo, seguidas de las zonas de mediano.



Los valores de resistividad por arriba de los 50 Ohm/m están delimitados por la tonalidad en rojo, indicando las áreas que se asocian a altos resistivos. Estas zonas se consideran de riesgo alto.

Las áreas marcadas en tonalidad amarillo, se clasifican de riesgo medio, lo que indica que las casas ubicadas en estas zonas son susceptibles de ser afectadas por futuros fenómenos de hundimiento.

No existen zonas de bajo riesgo, ya que el material granular está presente en toda el área de estudio. La asociación de altos resistivos con la presencia de hundimientos, hace suponer que las capas del subsuelo están compuestas con gravas empacadas en arena media a gruesa poco consolidada, este material es inestable, ya que bajo la influencia de un flujo superficial ocasiona el acarreo de los componentes finos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los sondeos realizados se elaboraron 9 secciones electro-estratigráficas, en estas se correlacionaron las resistividades obtenidas con materiales sedimentarios con base en las observaciones geológicas superficiales y el conocimiento previo del área. Las unidades identificadas son:

Clasificación Geoeléctrica		
Unidad	Intervalo	Descripción y asociación litológica
U1	menor a 50	Material granular arenoso con mayor grado de compactación.
U2	50 a 100	Material granular arenoso con mayor grado de compactación.
U3	mayor a 550	Material granular arenoso con mayor grado de compactación.

En el área de estudio derivado del resultado del estudio geofísico, observación al interior de las abras y recorrido de campo se correlacionan dichos materiales con las resistividades obtenidas a material sedimentario del tamaño de arcillas, arenas y conglomerados empacados en arenas, todos ellos poco consolidados a no consolidados, lo que representa un riesgo de nuevas aperturas de abras.

La asociación de altos resistivos con los materiales de gravas empacadas en arena media a gruesa poco consolidada, indica que el subelo, en estas zonas, está compuesto por materiales inestables, que bajo influencia de un flujo superficial ocasiona el acarreo de los componentes finos, propiciando los hundimientos.

La orientación de los altos resistivos, sugiere que las capas asociadas a materiales de grava empacadas en arena media a gruesa poco consolidada, presenta una distribución preferencial sur-este, por lo que se interpreta que la orientación preferencial de los hundimientos mantenga este comportamiento.

RECOMENDACIONES

Para la línea L2-Lázaro Cárdenas realizar perforaciones exploratorias en los cadenamientos 380m y 465m.

Para la línea L3-Progreso realizar perforaciones en los cadenamientos 100m, 120m, 135m, 150m y 190m.

Para la línea L4-López Mateos realizar perforaciones en los cadenamientos 320m, 370m y 390m.

Para la línea L5-Eva Sámano realizar perforaciones en los cadenamientos 40m, 80m, 100m y 190m.

Para la línea L6-Calle "C" realizar perforaciones en los cadenamientos 320m, 370m y 390m.

Para la línea L1-Parque realizar perforaciones en los cadenamientos 120m, 145m y 180m.

Para la línea L2-Parque realizar perforaciones en los cadenamientos 45m, 120m y 230m.

Para la línea L3-Parque realizar perforaciones en los cadenamientos 65m, 95m y 140m.

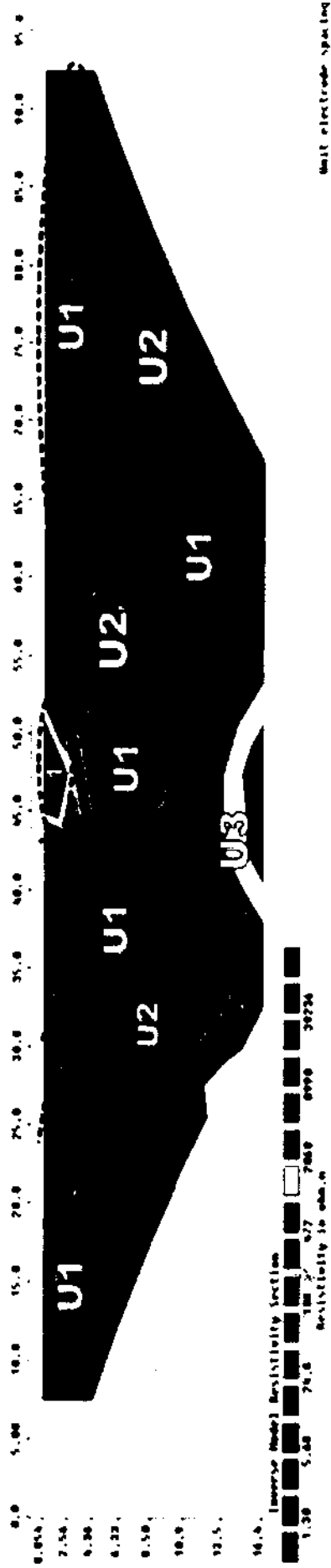
En las zonas donde se encuentra las anomalías por la posible aparición de abras se proceda a evaluar el desalojo de las viviendas ya que están emplazadas en sedimentos compuestos de gravas empacadas en arena media a gruesa poco consolidada.

Este material es inestable, y bajo influencia de un flujo subterráneo ocasiona el acarreo de los componentes finos, teniendo como consecuencia el hundimiento del terreno.

De ser posible cambiar el uso de suelo con la finalidad de evacuar los asentamientos humanos y evitar nuevas construcciones.

Particularmente en el Parque Fundadores realizar el relleno del abra existente y hacer perforaciones a una profundidad de 30 m en los puntos marcados con probabilidad de nuevas subsidencias, posterior a estas acciones evaluar la reapertura del mismo, si posterior a la realización y resultado de las acciones anteriores se toma la decisión de reabrirlo, en caso de una avenida de agua por apertura de la presa o en época de lluvias con precipitación inusual máxima cerrar el parque.

L1-Av. Nazas



Nota: El número 1 corresponde al material de relleno que se dispuso en el sitio donde apareció la oquedad.

Clasificación Geoelectrónica	
Unidad	Intervalo Resistivo
Descripción y asociación litológica	
U1	
U2	
U3	Material granular grueso con mayor grado de compactación.

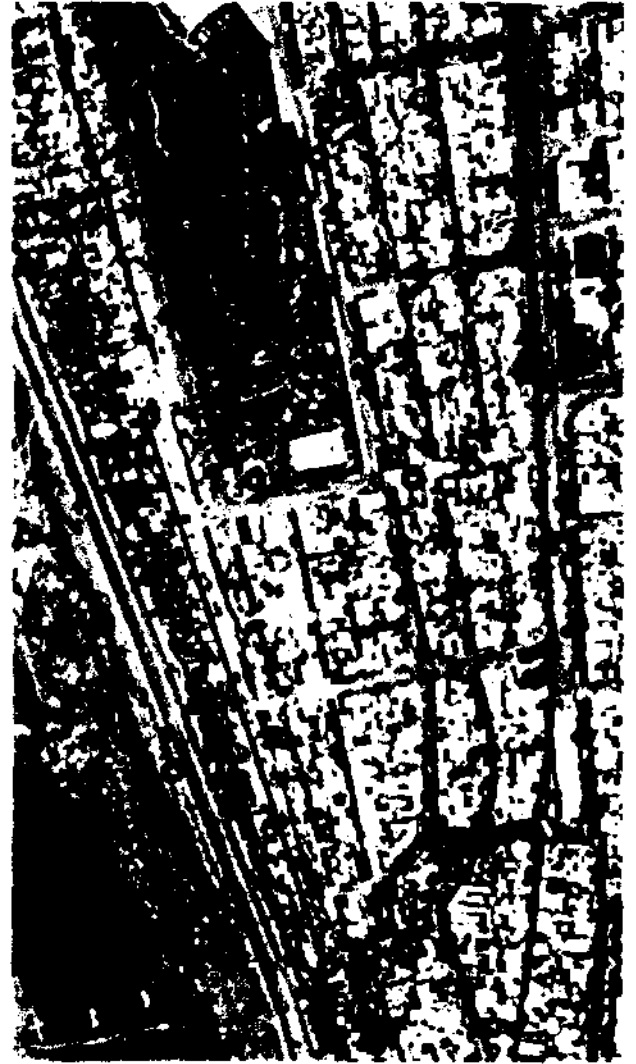
R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila
 Estudio Geofísico por el Método Dipolo-Dipolo
Perfil de Resistividad L1: Av. Nazas
 Coordenadas UTM WGS 84 Zona 13
 Elaborado por: _____
 Diciembre de _____



L2-Lázaro Cárdenas



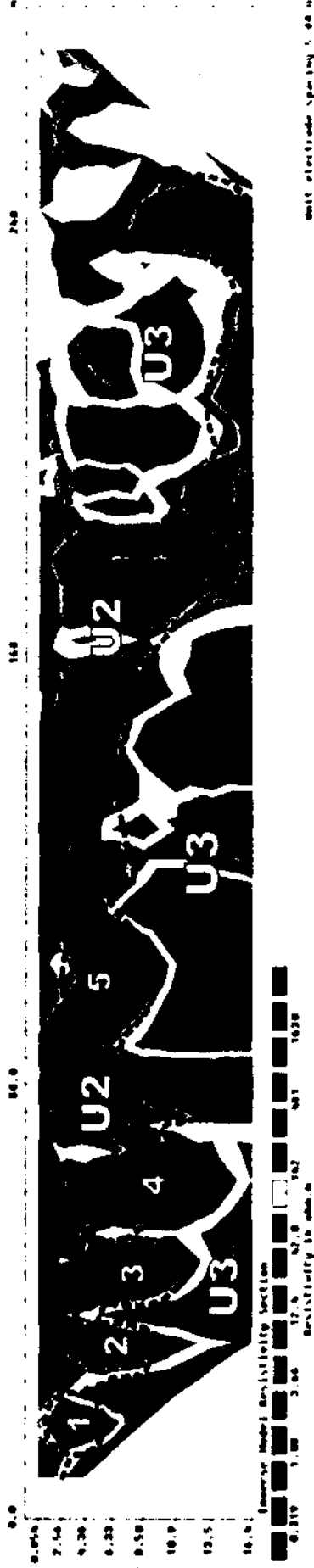
Nota: Los lentes identificados con números (del 1 al 4) son parte de la Unidad 1 y pueden ser clasificadas como zonas blandas muy poco consolidadas.



Clasificación Geoelectrónica	
Unidad	Intervalo Resistivo Descripción y asociación litológica
U1	
U2	
U3	Material granular arenoso con mayor grado de compactación.

R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila	
Estudio Geofísico por el Método Dipolo-Dipolo	
Perfil de Resistividad L2: Lázaro Cárdenas	
Coordenadas UTM WGS 84 Zona 13	
Elaborado por:	Diciembre de 2009
Consultores en Ingeniería Geofísica S.A. de C.V.	

L3-Progreso



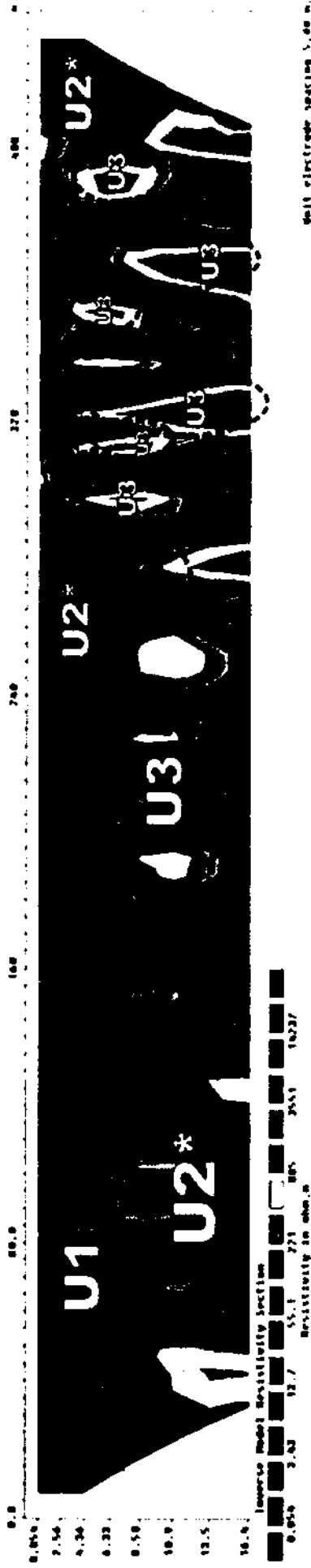
Nota: Los lentes identificados con números (del 1 al 5) son parte de la Unidad 1 y pueden ser clasificadas como zonas blandas muy poco consolidadas.



Clasificación Geoelectrica	
Unidad	Intervalo Resistivo
U1	Descripción y asociación litológica
U2	
U3	Materiales granular arenoso con mayor grado de consolidación.

R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila	
Estudio Geofísico por el Método Dipolo-Dipolo	
Perfil de Resistividad L3: Progreso	
Coordenadas UTM WGS 84 Zona 13	
Elaborado por	Diciembre de 2009
Consultores en Ingeniería Geofísica S.A. de C.V.	

L4-López Mateos



Well electrode spacing 3.00 m.

Nota: La unidad U2* presenta diferentes grados de compactación dentro del propio material granular que la constituyen de ahí las posibles variaciones en los valores de resistividad.



Clasificación Geoelectrónica	
Unidad	Descripción y asociación litológica
U1	
U2	
U3	Materiales granulares arenosos con mayor grado de compactación.

R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila	
Estudio Geofísico por el Método Dipolo-Dipolo	
Perfil de Resistividad L4: López Mateos	
Coordenadas UTM WGS 84 Zona 13	
Elaborado por:	Diciembre de 2009
Consultores en Ingeniería Geofísica S.A. de C.V.	

L5-Eva Sámano



Inverse Model Resistivity Section
 1.55 3.76 6.00 10.2 29.9 57.5 131 778
 Resistivity in ohm.m

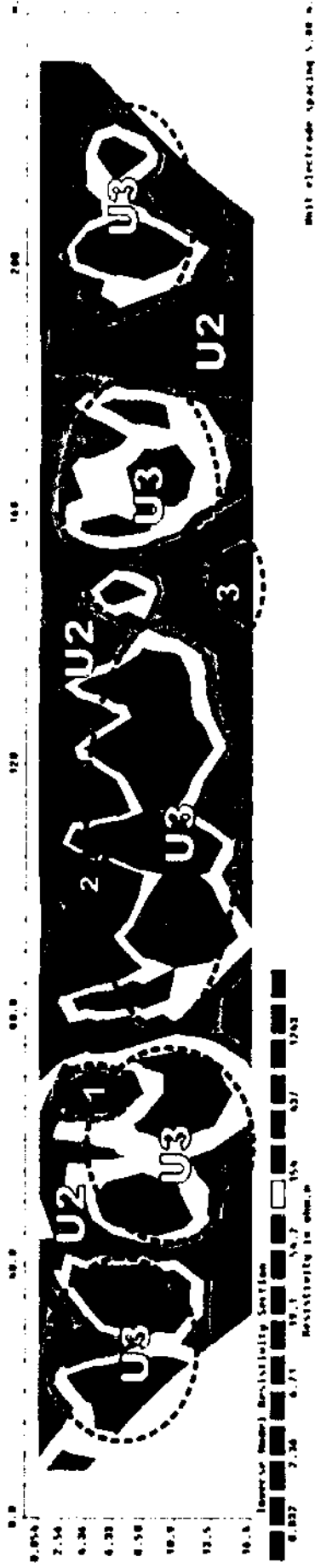
Best electrode spacing 5.00 m.



Clasificación Geoelectrica	
Unidad	Intervalo Resistivo Descripción y asociación litológica
U1	
U2	
U3	Material granular arenoso con mayor grado de compactación.

R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila	
Estudio Geofísico por el Método Dipolo-Dipolo	
Perfil de Resistividad L5: Eva Sámano	
Coordenadas UTM WGS 84 Zona 13	
Elaborado por:	Diciembre de 2009
Consultores en Ingeniería Geofísica S.A. de C.V.	

L6-Calle C



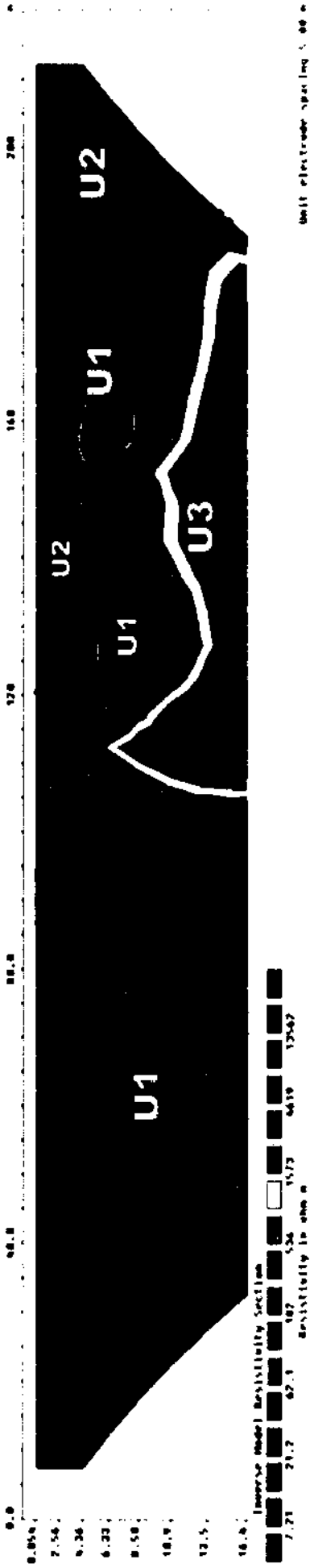
Nota: Los lentes identificados con números (del 1 al 3) son parte de la Unidad 1 y pueden ser clasificadas como zonas blandas muy poco consolidadas.



Clasificación Geoelectrica	
Unidad	Descripción y asociación litológica
U1	
U2	
U3	Material granular arenoso con mayor grado de consolidación

R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila	
Estudio Geofísico por el Método Dipolo-Dipolo	
Perfil de Resistividad L6: Calle C	
Coordenadas UTM WGS 84 Zona 13	
Elaborado por:	Diciembre de 2009
Consultores en Ingeniería Geofísica S.A. de C.V.	

L1-Parque



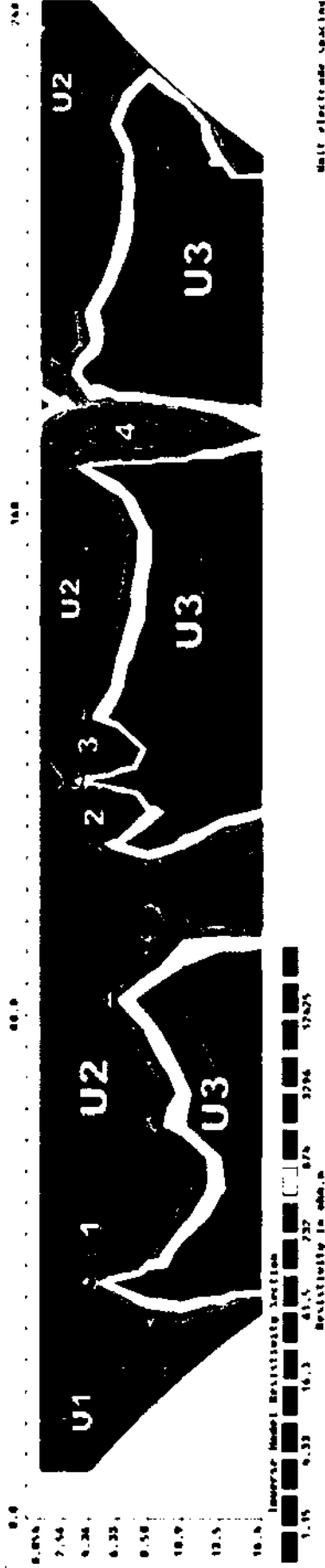
Scale: 100.0

Clasificación Geoelectrica	
Unidad	Intervalo Descripción y Asociación litológica
U1	
U2	
U3	Material granular arenoso con mayor grado de compactación.

R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila	
Estudio Geofísico por el Método Dipolo-Dipolo	
Perfil de Resistividad L1: Parque Fundadores	
Coordenadas UTM WGS 84 Zona 13	
Elaborado por:	Diciembre de 2009
Consultores en Ingeniería Geofísica S.A. de C.V.	



L2-Parque



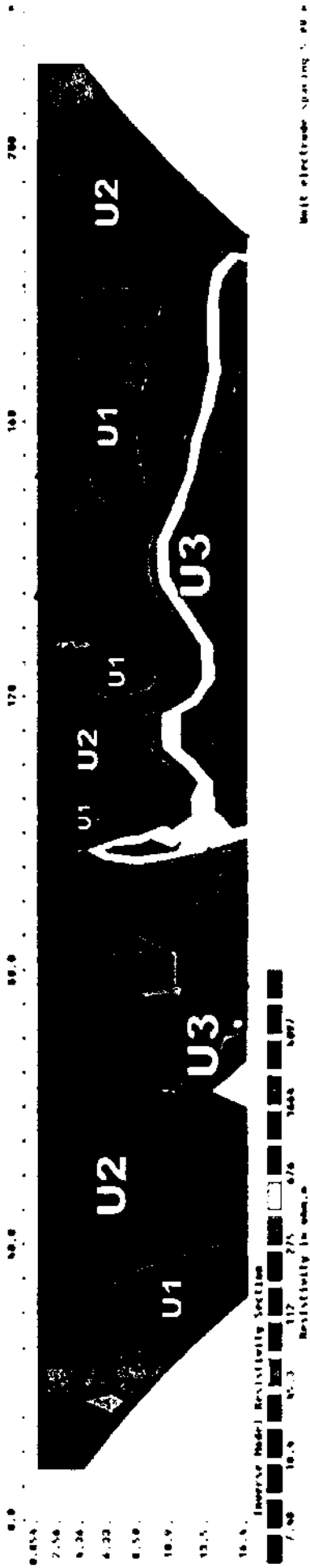
Nota: Los lentes identificados con números (del 1 al 4) son parte de la Unidad 1 y pueden ser clasificadas como zonas blandas muy poco consolidadas y posiblemente saturadas.



Clasificación Geoelectrica	
Unidad	Intervalo Descripción y asociación litológica
U1	
U2	
U3	Materiales granulares gruesos con mayor grado de compactación.

R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila	
Estudio Geofísico por el Método Dipolo-Dipolo	
Perfil de Resistividad L2: Parque Fundadores	
Coordenadas UTM WGS 84 Zona 13	
Elaborado por:	Diciembre de 2009
Consultores en Ingeniería Geofísica S.A. de C.V.	

L3-Parque



Scale: 0.05, 0.5, 10.0, 100, 1000



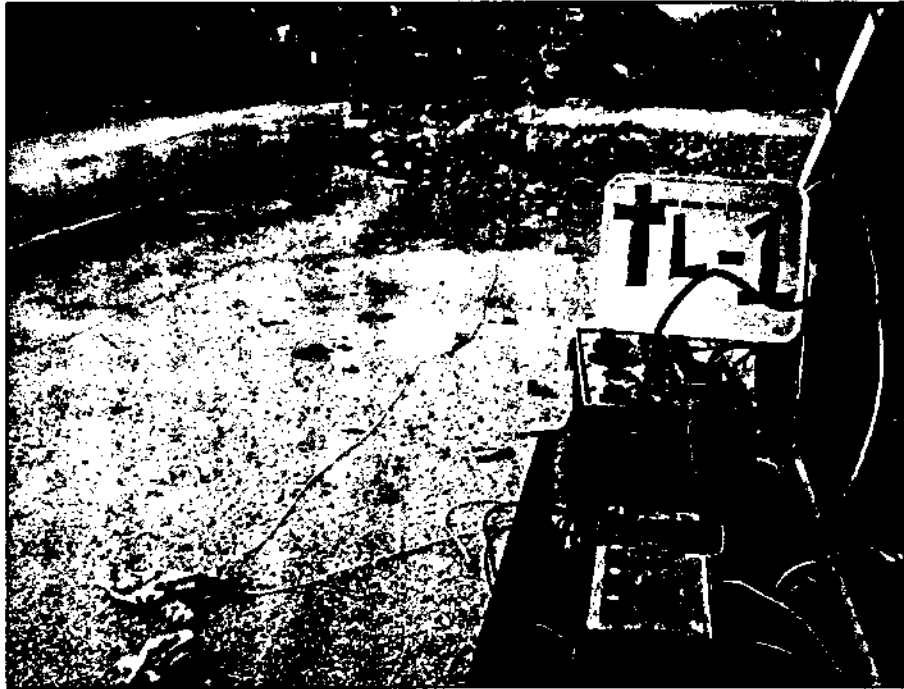
Clasificación Geoelectrica	
Unidad	Intervalo
U1	Mayor a 500
U2	Entre 100 y 500
U3	Menor a 100

Material granular arenoso con mayor grado de compactación.

R. Ayuntamiento de Torreón, Coahuila	
Estudio Geofísico por el Método Dipolo-Dipolo	
Perfil de Resistividad L3: Parque Fundadores	
Coordenadas UTM WGS 84 Zona 13	
Elaborado por:	Diciembre de 2009
Consultores en Ingeniería Geofísica S.A. de C.V.	

6. FOTOGRAFÍAS

Colonia Plan de Ayala



Fotografía 1. L1: Av. Nazas



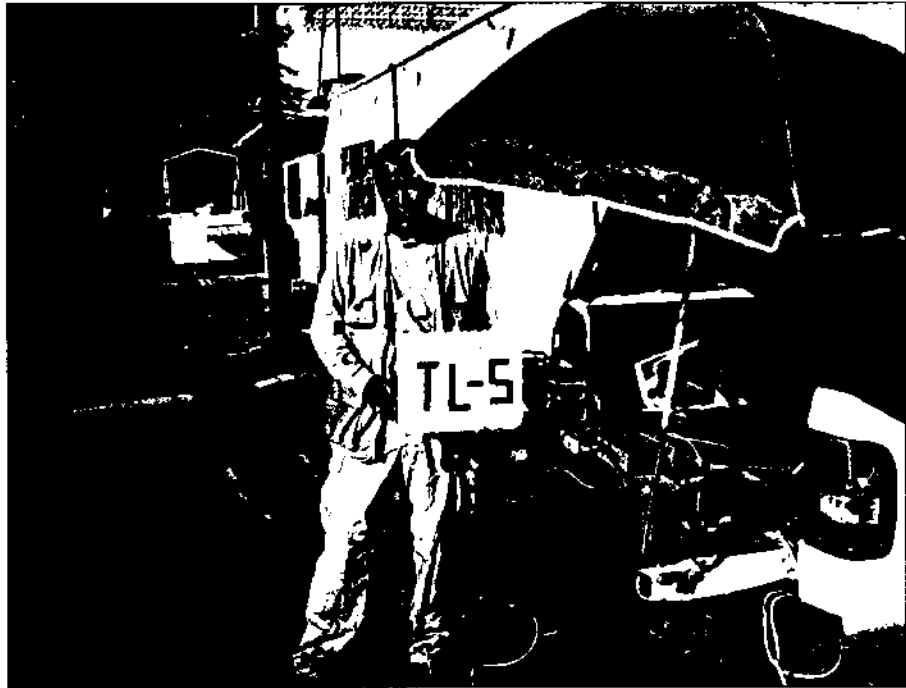
Fotografía 2. L2: Lázaro Cárdenas



Fotografía 3. L3: Progreso



Fotografía 4. L4: López Mateos



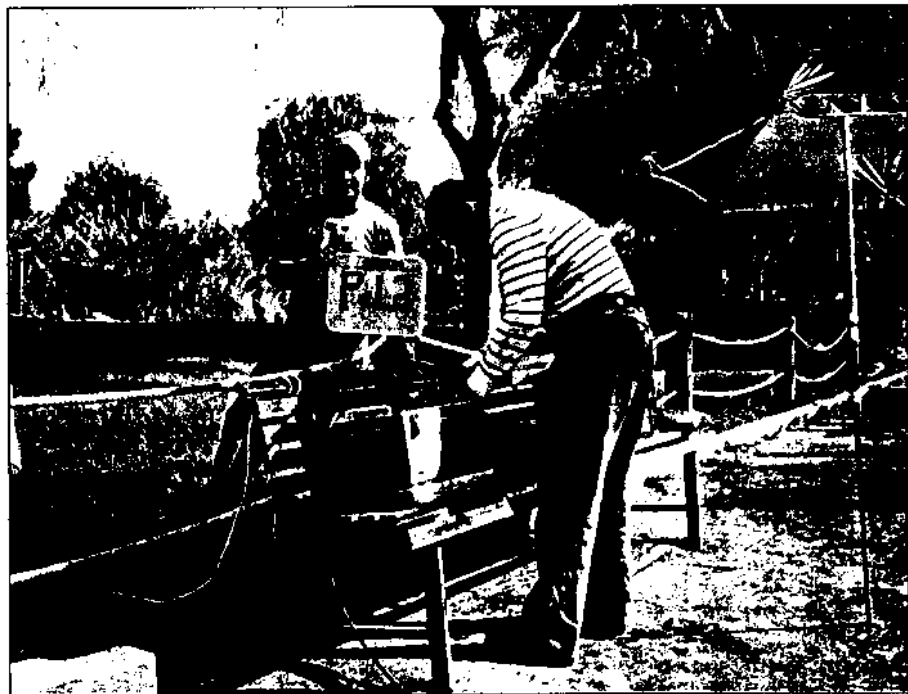
Fotografía 5. L5: Eva Sámano



Fotografía 6. L6: Calle C



Fotografía 7. Lp1



Fotografía 8. Lp2



Fotografía 9. Lp3

7. REFERENCIAS

- CNA, Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. LIBRO V.3.2.1. Prospección Geoeléctrica y Registros Geofísicos de Pozos. 1993.
- Orellana Ernesto, Prospección Eléctrica en Corriente Continua, Paraninfo, Segunda Edición, 1982, Madrid.
- Cantos Figuerola J., Tratado de Geofísica Aplicada, 1974, Madrid.
- George V. Keller, Frank C. Frischknecht, Electrical Methods in Geophysical Prospecting, Pergamon Press, 1966, Great Britain.