



1
2ej
2114/2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLÁN



COORDINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

La Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y la importancia de su aplicación en la Geotecnia de la Cuenca de México (Un caso de Estudio)

Trabajo Escrito que para Obtener el Diploma de Especialización en Geotecnia

presenta:

Luis Ricardo Jaimes Palomera

Naucalpan Edo. de México
1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera muy especial la motivación, comprensión y apoyo, que me ha brindado mi compañera, socia, colega y amiga la Ing. Xóchitl Montaña Soriano, pues sin su calidez y amor, no hubiera sido posible la realización de estos estudios. Le agradezco además, sus valiosos comentarios críticos y su ayuda en la realización de este trabajo.

Agradezco cumplidamente el valioso tiempo y apoyo que me ha brindado el Dr. José María Chavez, quien a través de su amplia visión y experiencia ha estimulado en mí el afán por seguir adelante con mis estudios de posgrado. Gracias a él, he aprendido a apreciar más el valor mi profesión.

De igual forma agradezco el apoyo de mi amigo Zayi Montaña, a quien se deben la mayor parte de las figuras de este trabajo y parte del trabajo de campo.

Agradezco ampliamente el apoyo y comprensión de mi socio y amigo el Ing. Miguel Alarcón, quien también colaboró con su apoyo incondicional, así como con algunas de las figuras de este trabajo.

Quiero hacer patente mi agradecimiento a los Maestros en Ingeniería: Alberto Ramírez Piedrabuena, Manuel Zárate Aquino, Julio Haro y Miguel Angel Rubalcaba por su tiempo y valiosas sugerencias. Por último, agradezco a la empresa Ingeniería Geológica Computarizada S.A. de C.V. el permitirme utilizar su infraestructura y los datos de su archivo técnico para la realización de este trabajo.

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

I. INTRODUCCIÓN	3
I.1 ANTECEDENTES	3
I.2 OBJETIVOS	3
I.3 GEOLOGÍA DE LA CUENCA DE MÉXICO.....	4
I.3.1 Marco Físico.....	4
I.3.2 Evolución Tectónica e Historia Geológica.....	5
I.3.3 Estratigrafía de la Cuenca de México.....	6
I.3.4 Geología del subsuelo de la Cuenca de México.....	7
I.4 LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA Y SU RELACIÓN CON LA GEOLOGÍA DE LA ZONA I, O DE LOMAS.....	8
II. CASO DE ESTUDIO EN LA PORCIÓN OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO.....	10
II.1 INTRODUCCIÓN	10
II.2 GEOLOGÍA DE LA SIERRA DE LAS CRUCES Y SU RELACIÓN CON LA GEOTECNIA.....	10
II.2.1 Estratigrafía de la Sierra de Las Cruces.....	10
II.2.2 Geología Estructural de la Sierra de las Cruces.....	11
II.2.3 Hidrología del Río Hondo.....	11
II.3 GEOTECNIA DEL CASO DE ESTUDIO	12
II.3.1 Antecedentes.....	12
II.3.2 Objetivos del caso de estudio.....	12
II.3.3 Alcances del caso de estudio.....	13
II.3.4 Marco geológico del caso de estudio.....	13
II.3.5 Trabajos de Campo.....	15
II.3.6 Estratigrafía del caso de estudio.....	16
II.3.6.1 Estratigrafía de la Margen Derecha.....	16
II.3.6.2 Estratigrafía de la Margen Izquierda.....	17
II.3.7 Discontinuidades y minas.....	18
II.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL CASO DE ESTUDIO	20
II.4.1 Conclusiones	20
II.4.2 Recomendaciones	20
III. CONCLUSIONES GENERALES.....	22
BIBLIOGRAFIA.....	23
ANEXO 1 ENSAYES DE LABORATORIO	
ANEXO 2 MEMORIA FOTOGRÁFICA	

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Geología aplicada a la Ingeniería Civil, en nuestro país, es empleada principalmente para obras de gran envergadura como carreteras, presas y túneles, en las que la geología se considera parte de los estudios básicos necesarios para su realización. Sin embargo, la geología aplicada rara vez es empleada en estudios geotécnicos en la Cuenca de México, a menos que como se mencionó antes, se trate de grandes obras. A pesar de que las normas técnicas complementarias al Reglamento de Construcción, indican que se realicen reconocimientos en la denominada zona I, son escasos los estudios en los que esto es realizado por un ingeniero geólogo.

No obstante el contar con abundantes datos acerca de la geología de la Cuenca de México, -sobre todo a raíz de los sismos de 1985, de donde se derivaron numerosos estudios, tendientes todos ellos a la modificación del reglamento de construcciones y a la vez para conocer mejor el subsuelo de la parte sur de la Cuenca de México-, los resultados de dichos estudios, en particular los geológicos, fueron empleados muy someramente para modificar la Zonificación Geotécnica. A pesar de lo anterior, el realizar levantamientos geológicos enfocados a la geotecnia, considerando lo que ahora se conoce sobre la geología de la Cuenca de México, puede tener una mayor aplicación y utilidad para fines prácticos de lo que hasta ahora se ha hecho, por lo que en este trabajo, mediante un caso particular, se pretende demostrar este argumento.

1.2 Objetivos

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Demostrar la importancia de la Geología Aplicada en estudios geotécnicos en la Cuenca de México.
- Dar un ejemplo práctico en la zona de Lomas de la Ciudad de México, de cómo puede ser aprovechada la cartografía geotécnica para mejorar los estudios geotécnicos y facilitar el trabajo.

-Establecer cómo pueden ser empleados los datos de un mapa geotécnico en los estudios de Mecánica de Suelos o de Mecánica de Rocas, en zonas urbanas, y qué información práctica puede obtenerse de los mismos.

1.3 Geología de la Cuenca de México

Como antecedente del presente trabajo, es conveniente introducir al lector al conocimiento actual de la Geología de la Cuenca de México, considerando los datos generados principalmente a fines de los años ochenta, en donde numerosas instituciones realizaron estudios que aportaron información fundamental para hacer una profunda revisión de la estratigrafía de la misma. Estos cambios aparentemente muy especializados y generales, tienen trascendencia incluso al nivel de afloramiento, pues la interpretación geológica de los suelos y rocas de la Ciudad de México, es bastante distinta de la que tradicionalmente se ha venido manejando. Posteriormente nos enfocaremos a la porción occidental de la Cuenca que es donde se encuentra el caso de estudio.

I.3.1 Marco Físico

La Cuenca de México, cuenca lacustre de tipo endorreico, formada como tal debido al cierre hidrológico de su límite sur por vulcanismo basáltico de tipo fisural de edad cuaternaria, presenta rocas que son la consecuencia de los eventos tectónicos que han afectado a México desde el Mesozoico y que siguen vigentes aún hoy en día dando a esta región su carácter de alto riesgo sísmico y volcánico, aunado al riesgo mismo de su carácter hidrológico, con el que se ha luchado tenazmente desde el siglo XVII, costándonos a los mexicanos, millones de pesos anuales por concepto de construcción de nuevos sistemas de drenaje profundo, adecuación de los ya existentes al hundimiento generalizado del "Valle de México", y dando mantenimiento a la intrincada red primaria de drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

La Cuenca de México, se encuentra ubicada dentro de las coordenadas geográficas delimitadas por los paralelos 19°01'18" y 20°09'12" de latitud norte y entre los meridianos 98°31'58" y 99°30'52" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Esta cuenca tiene una superficie de 9 560 Km², comprendiendo parte de los estados de México, Hidalgo, Distrito Federal, Tlaxcala y Puebla (Bassols, 1966). Sin embargo la Ciudad de México se

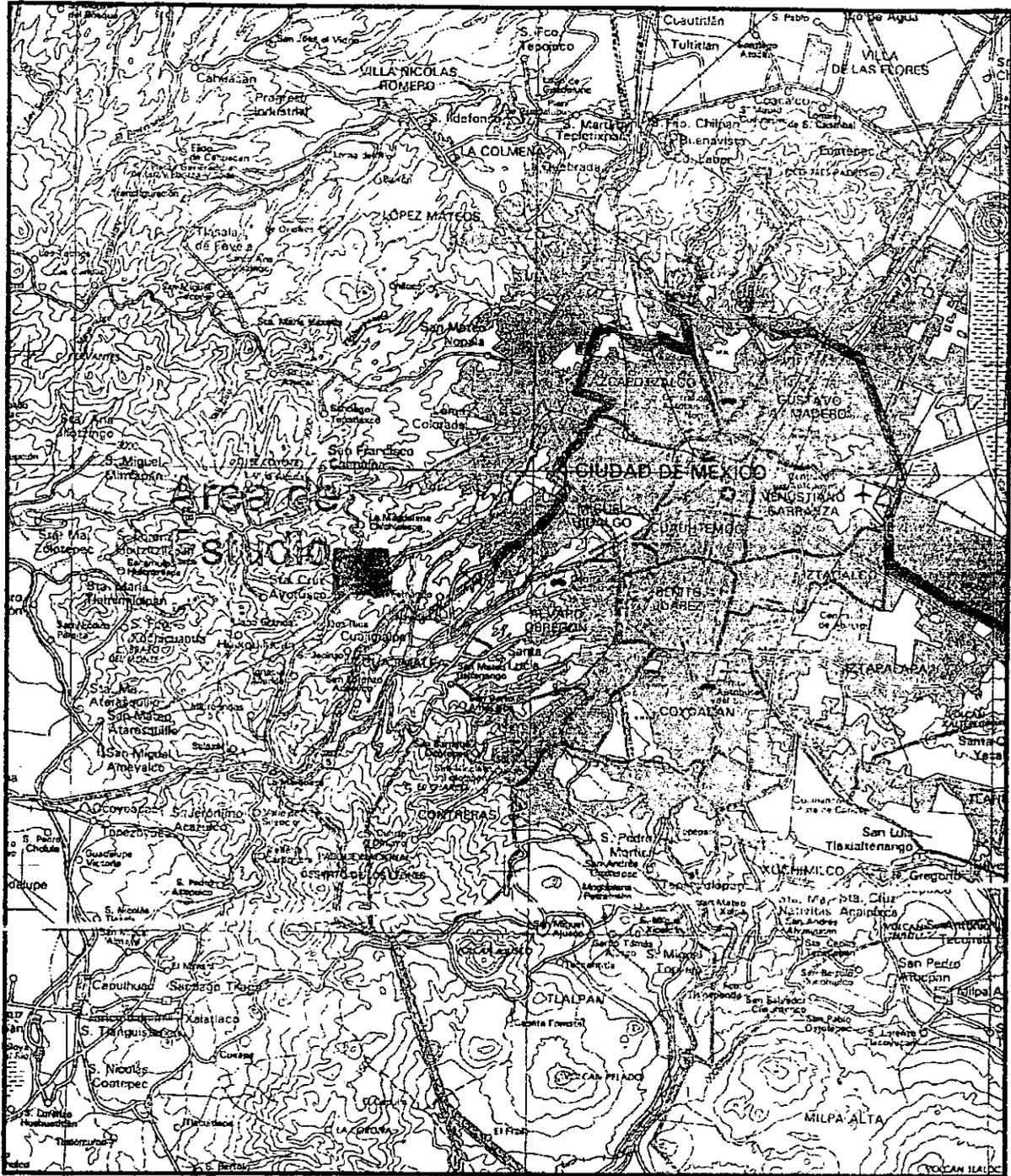


Figura 1 Localización del área de estudio

encuentra ocupando solo el 30% del área en la parte suroriental de dicha cuenca. (Figura No. 1)

Orográficamente, la cuenca se encuentra rodeada por sierras de origen volcánico, la mayor parte de ellas, con edad de fines del Terciario y principios del Cuaternario, al norte está limitada por la sierra de Pachuca, Tezontlalpan y Tepetzotlán o de la Muerta, mientras que al sur, se encuentra limitada por la Sierra del Chichinautzin y del Ajusco, que en realidad forman una misma serranía. Al suroriente se localiza La Sierra Nevada, formada por el alineamiento de dos estratovolcanes activos: el Popocatepetl, que es la segunda elevación del país con 5452 msnm, y el Iztaccihuatl, con 5286 msnm, que se alinean con el Tláloc y el Telapón, que son también estratovolcanes. Al nordeste, el parteaguas de la cuenca sigue las mayores elevaciones del campo volcánico de Tlaxcala.

Según Jáuregui (1988), el clima de la parte sur de la Cuenca de México es tropical de Montaña, es decir, aunque la temperatura es menguada por la altitud, otros rasgos de ese tipo de clima como la regularidad e intensidad de los aguaceros, son típicos de los trópicos. Considera además que el clima de la Ciudad de México cuenta con dos estaciones climáticas bien definidas: el semestre de seca centrado en el invierno (noviembre-abril), y la estación lluviosa, de mayo a octubre.

I.3.2 Evolución Tectónica e Historia Geológica.

La Cuenca de México, se encuentra ubicada en la porción central de la Faja Volcánica Transmexicana, arco volcánico asociado a la subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa de Norteamérica, aunque dicha subducción no es paralela al arco asociado, aspecto que se ha tratado de explicar por medio de varias teorías (Urrutia y del Castillo, 1977; Damon, et. al., 1981; Demant, 1978), no obstante, todo parece indicar que dada la magnitud del citado arco y la naturaleza de sus productos, este sí se encuentra asociado a esta interacción entre placas tectónicas.

En la Cuenca de México, existen evidencias de la mayor parte de los eventos tectónicos que han afectado al país desde el Cretácico, por ser la edad de las rocas más antiguas que se han encontrado en el subsuelo (a 3000 m de profundidad).

Estos eventos son los siguientes:

Durante el Cretácico, del Aptiano al Turoniano Tardío, prevaleció la sedimentación calcárea en ambiente marino (Formaciones Xochicalco, Morelos y Cuautla), la cual cambió gradualmente a tipo flysch (Formación Mexcala) en el intervalo de tiempo comprendido entre el Coniaciano y el Campaniano, como consecuencia de los esfuerzos tectónicos precursores del inicio de la fase orogénica. Las rocas calcáreas existentes, fueron afectadas por esfuerzos compresivos correspondientes a la Orogenia Laramide del Maestrichtiano al Eoceno Temprano. Posiblemente por causa del relajamiento de esfuerzos compresivos de la orogenia, se inició una fase distensiva que originó fallas normales y con desplazamiento lateral (fallas de Jojutla y Cañón de Lobos), durante el período de tiempo Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano, al mismo tiempo que ocurría una sedimentación clástica continental tipo molasa (Grupo Balsas) y el emplazamiento de efusiones basálticas alcalinas.

Rocas volcánicas calci-alcalinas de composición variable de andesítica a riolítica, cubren discordantemente a las antes descritas, pertenecen al Terciario y están comprendidas dentro del período Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano (Tomv), a su vez son contemporáneas a la segunda etapa del vulcanismo de la Sierra Madre Occidental y se relacionan con el denominado Arco Magmático del Terciario Medio. Se considera que todas las rocas volcánicas posteriores a este evento se deben al cambio de régimen tectónico y se relacionan con la Faja Volcánica Transmexicana y con fallas normales del Plioceno-Cuaternario orientadas preferentemente este-oeste. Las unidades que se asocian a este arco magmático son las siguientes:

Andesitas basálticas, andesitas y dacitas calci-alcalinas del Mioceno Medio-Tardío, Mioceno Temprano, Plioceno Tardío y Pleistoceno; basaltos alcalinos y calci-alcalinos del Plioceno al Cuaternario y por basaltos, andesitas basálticas y andesitas calci-alcalinas del Cuaternario (Vázquez y Jaimes, 1989).

1.3.3 Estratigrafía de la Cuenca de México

La estratigrafía de la Cuenca de México ha sido desarrollada por numerosos autores en distintos tiempos, sin embargo para los fines de este trabajo se considera adecuada la de Vázquez y Jaimes (1989), pues se encuentran en ella las unidades ya definidas por otros autores, haciendo una revisión de las mismas y en las que fue necesario renombrar unidades, considerando lo establecido en el Código de Nomenclatura

Estratigráfica de Norteamérica, además de que en dicha estratigrafía, se integran los resultados de todos los estudios realizados después de los sismos de 1985.

La distribución de las unidades litoestratigráficas, se muestra en la figura 2, mientras que su distribución en el subsuelo, se indica en la figura 3.

La descripción de las unidades es la que se indica en la figura 2.

I.3.4 Geología del subsuelo de la Cuenca de México

Para interpretar el subsuelo de la Cuenca de México, se cuenta con distintos criterios, sobre todo cuando se trata de los depósitos superficiales, pues son estos los que se consideran de importancia en Mecánica de Suelos, pero sería conveniente que para realizar modelos de comportamiento sísmico de la cuenca, sean consideradas todas las unidades estratigráficas y estructuras que han sido encontradas en el subsuelo, mediante los estudios de exploración profunda como los realizados por PEMEX (sísmica de reflexión, 4 pozos profundos), CFE (sísmica de refracción, sondeos eléctricos verticales, estudios de Cross-Hole) y otras instituciones (gravimetría, pozos para extracción de agua, piezómetros, etc.). En la figura 3 se muestra una interpretación de la estratigrafía del subsuelo que integra estos estudios recientes. Es decir, en esta figura se está mostrando la estructura de la Cuenca de México a gran escala.

En cuanto a la geología del subsuelo a poca profundidad, es conveniente asociar los estratos encontrados en los sondeos de exploración geotécnica, con la estratigrafía geológica, pues en ocasiones esto puede facilitar enormemente la integración de las secciones e interpretación de las mismas, ya que todos los depósitos pertenecen a algún evento geológico, aspecto que ha sido tratado por algunos autores recientemente (Mooser, 1990; Santoyo y Gutierrez, 1990), sin embargo no existe, a pesar de los numerosos sondeos llevados a cabo en la Ciudad de México, una estratigrafía del subsuelo detallada, que indique en planta y en secciones una reconstrucción de la disposición de los depósitos lacustres y las capas de que se encuentran formados, así como las variaciones encontradas tanto en sus propiedades mecánicas como geológicas, y esto se debe en gran parte a que los registros de las exploraciones geotécnicas, son interpretados por técnicos laboratoristas en Mecánica de Suelos, o en el mejor de los casos por un ingeniero con experiencia en perforación.

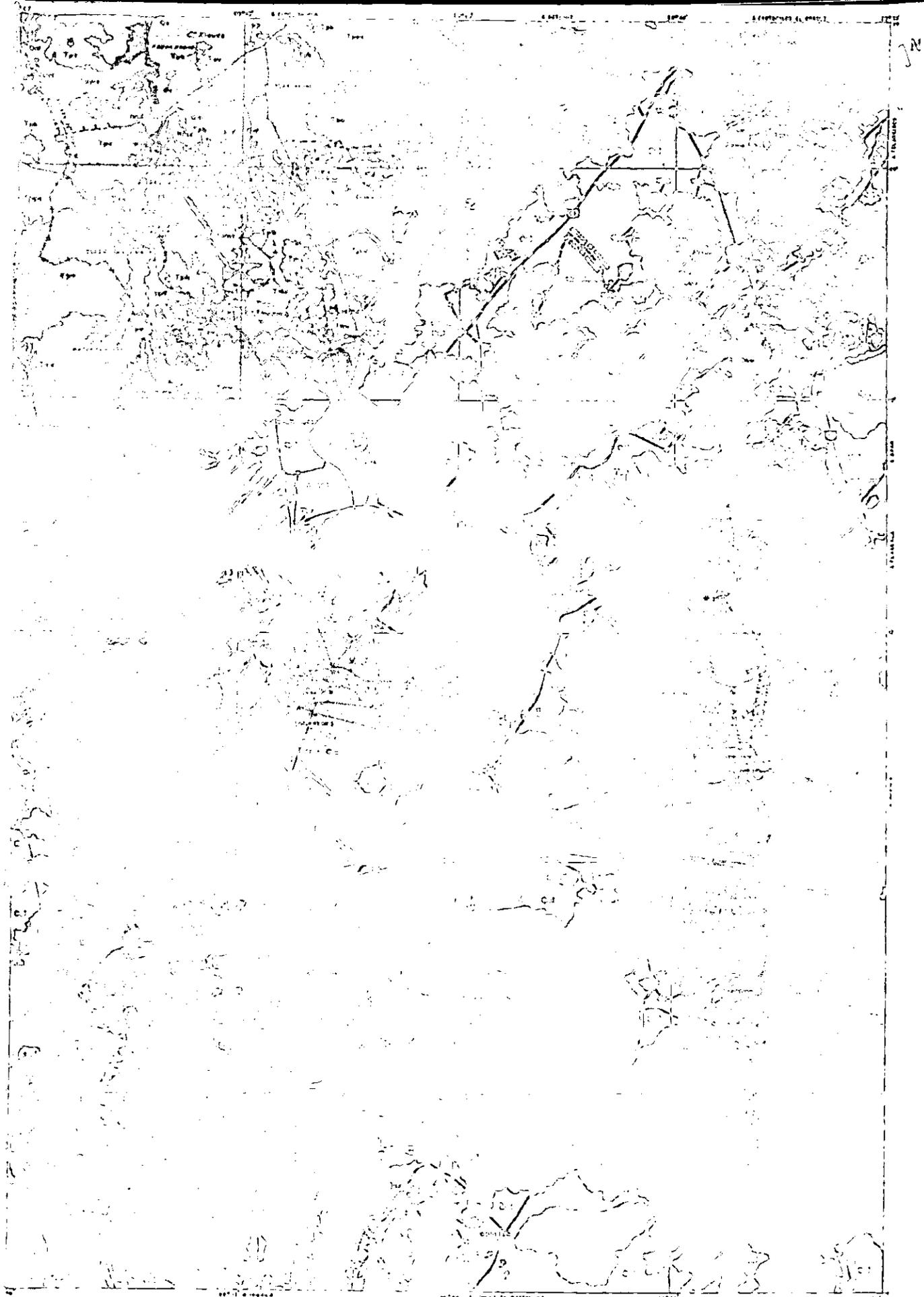


Fig. 2 Geología de la Cuernavaca de México (Vázquez y Jaimos, 1989)

EXPLICACIÓN

Unidades Litoestratigráficas

Rocas Volcánicas y sedimentarias

CUATERNARIO

Qla- Depósitos Lacustres; arcillas limos y arenas, con lentes locales de piroclásticos, interdigitados con Qc y con la parte superior del Qal.

Qal- Aluvión con lentes locales de piroclásticos, travertino, yeso y caliza lacustre, interestratificado con formaciones del Cuaternario.

Qp- Formación Popocatepetl; piroclásticos, brechas de avalancha cubiertas por una alternancia de lavas con pómez pliniana, flijos de ceniza, piroclásticos de caída libre y de "surges". La composición varía de andesítico-basáltica a dacítica.

Qi- Formación Iztaccihuatl; sucesiones volcánicas principalmente efusivas, con lavas y domos de composición que varía de andesítica a dacítica.

Qt- Formación Tláloc; sucesiones volcánicas de composición principalmente andesítica formada por lavas depósitos piroclásticos y domos.

Qpp- Formación El Pino; secuencias volcánicas de composición basáltica, andesítica y traquítica, constituida por derrames lávicos con intercalaciones de ceniza, lapilli y escoria.

Qllg- Formación Llano Grande; Intercalaciones de pómez de caída libre, "surges", flujos de ceniza y brechas de flujo, sobreyacidas por derrames lávicos y dómicos. La composición varía de andesítica a dacítica.

TERCIARIO

Tppc- Depósitos piroclásticos y clásticos fluviales del Plioceno, con lentes locales de tierra diatomácea, margas, y arcillas lacustres.

Tpb- Derrames lávicos con brechas tobáceas y cenizas asociadas, la composición es basáltica y andesítica.

Tpn- Riolita Navajas; lava y flujos piroclásticos uintercalados de composición riolítica.

Tpz- Formación Zempoala; depósitos piroclásticos y clásticos en la parte inferior, y en la parte superior brechas de avalancha, lavas y domos, la composición es principalmente andesítica.

Tpc- Formación Las Cruces; sucesiones de composición andesítica y dacítica, formadas por pómez de caída libre, "surges", flujos de ceniza, de pómez, de bloques, cubiertos e intercalados con lavas, lahares y/o aluvión, coronados por domos en algunas partes.

Tpo- Formación Otomí; sucesión de "surges", flujos de ceniza en ocasiones con bloques, cubiertos o interestratificados con lavas y brechas, coronados por

domos localmente. La composición es andesítica y dacítica.

Tpv- Rocas volcánicas del Plioceno Temprano; secuencias de tobas, brechas volcánicas, derrames lávicos y domos, la composición es principalmente andesítica y dacítica. Incluye la toba Don Guinyó del cerro Xicuco y la Andesita Jalpan del norte de la Cuenca.

Tmv- Rocas extrusivas del Mioceno Medio y Tardío; secuencias de tobas y brechas volcánicas, interestratificadas en la parte superior con derrames lávicos, la composición es principalmente andesítica y dacítica, incluye la Formación Tepoztlán de la sierra del mismo nombre.

Tomv- Rocas volcánicas del Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano; sucesiones de brechas volcánicas, tobas y aglomerados, cubiertos o intercalados con derrames lávicos, cuya composición varía preferentemente de andesítica a riolítica. Incluye la Riolita Tilzapotla.

Tomp- Grupo Pachuca; rocas volcánicas de composición variable de andesítica a riolítica, localmente con intercalaciones de limos, arenas y caliza lacustre. Equivale en edad con Tomv, Tmv y Tpv.

Teob- Grupo Balsas; conglomerado calizo, limos, arcillas y arenas, conteniendo caliza y yeso lacustres lenticulares e intercalaciones de lavas y piroclásticos de composición basáltica.

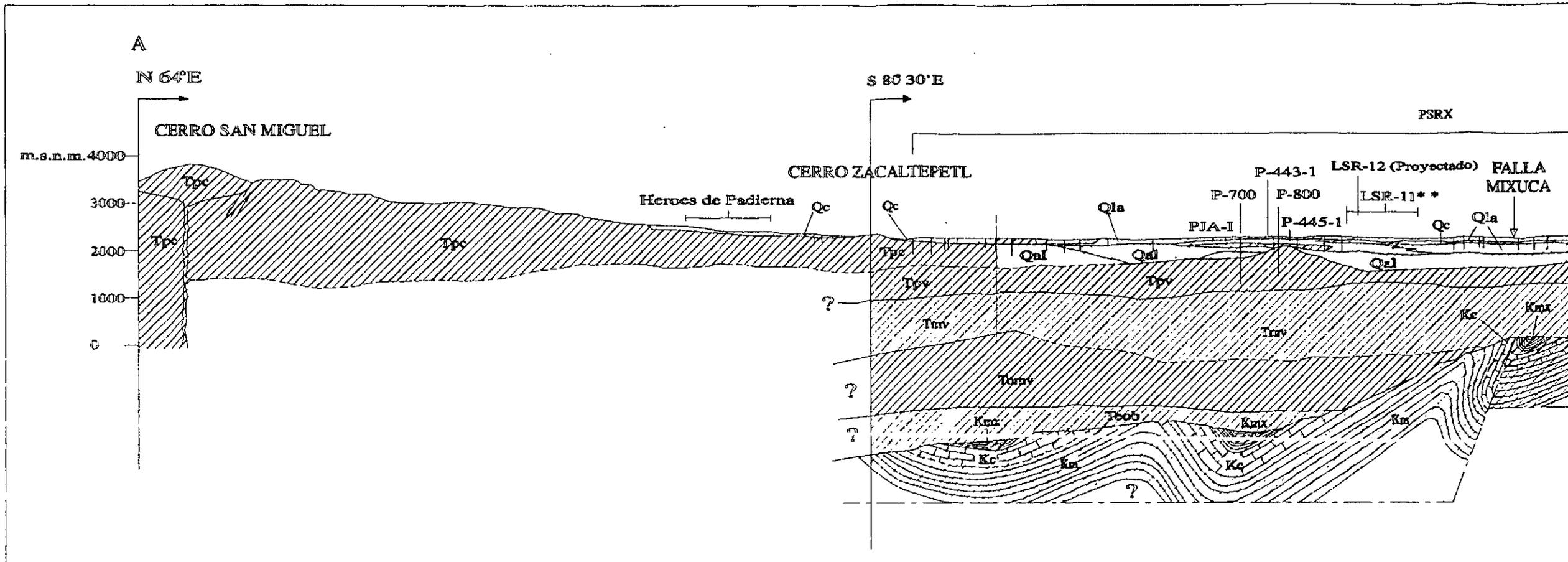
CRETÁCICO

Kmx- Formación Mexcala; areniscas lutitas y limolitas interestratificadas de forma secuencial.

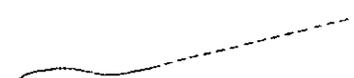
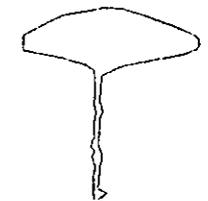
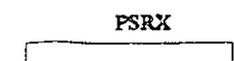
Kc- Formación Cuautla; calizas fosilíferas de estratificación gruesa en facies de banco marino, en capas medianas a delgadas en facies de cuenca con intercalaciones de lutitas y limolitas.

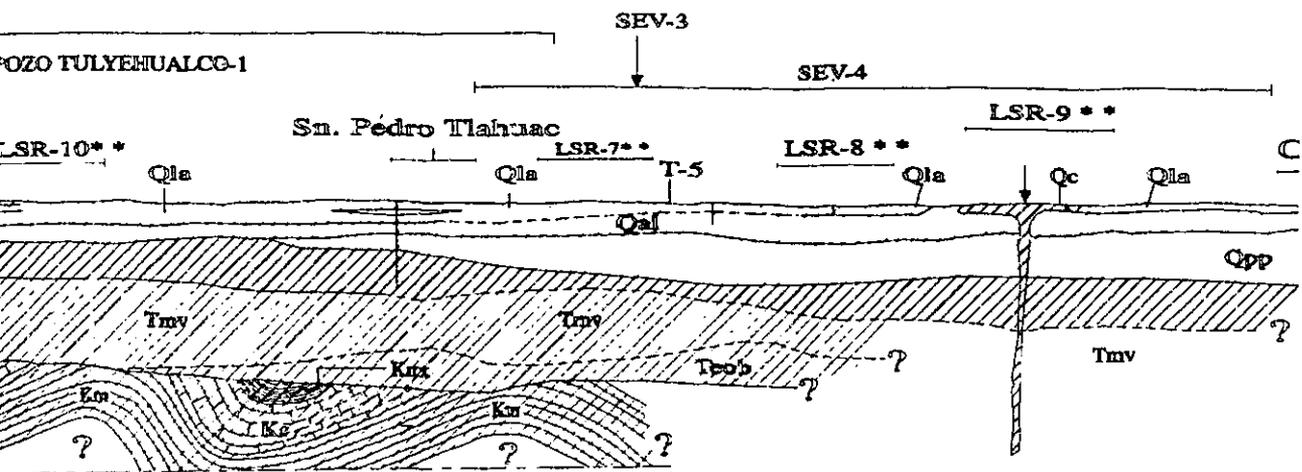
Km- Formación Morelos; calizas y dolomias interestratificadas, sobreyacentes a anhidritas laminares.

Kx- Formación Xochicalco; calizas en capas delgadas con lentes y nódulos de pedernal, con capas de lutita interestratificada cerca de la base.



SIMBOLOGIA

-  CONTACTO GEOLOGICO, PUNTEADO CUANDO ESTA INFERIDO
-  APARATO VOLCANICO
-  POZO DE REFRACCION
-  LINEA SIMICA DE REFRACCION
-  LINEA SIMICA DE REFLEXION



EXPLICACION
ROCAS VOLCANICAS Y SEDIMENTARIAS

	Qla	
Qla -	DEPOSITOS LACUSTRES	Qllg
	Qal	
Qal -	DEPOSITOS ALUVIALES	Tpc -
	Qc	
Qc -	FORMACION IZTACCIHUATL	Tpv -
	Qpp	
Qpp -	FORMACION EL PINO	Tmv

Figura 3 Seccion A-A' a traves de la Cuenca de Mexico (Moc

Aspecto que causa que la interpretación de los mismos, para fines prácticos, se limite a identificar las propiedades mecánicas particulares del sitio, sin relacionarlas con su entorno geológico, ni con su correlación estratigráfica. Con esto no se pretende decir que sean substituidos los sondeos por cartografía detallada, sino por el contrario, enriquecer el conocimiento del subsuelo de la Ciudad de México en cuanto a su geometría, aspecto que permitirá enfocar las exploraciones geotécnicas con más precisión.

Lo anterior vislumbra la necesidad de contar con una integración geológica de la información disponible sobre el subsuelo, que también se aplica para la zona I, o de Lomas (figura 4), en donde se presentan problemas asociados a los distintos tipos de rocas que ahí afloran. Los principales problemas geotécnicos en dicha zona, son las áreas minadas, las cavidades en basaltos, los rellenos y la erraticidad de las propiedades mecánicas de los materiales. Sin embargo, como se verá mas adelante en el caso particular, la distribución de las unidades estratigráficas de los depósitos que en ella afloran y que se han considerado hasta ahora como una sola formación, en realidad pertenecen a distintas unidades, aspecto que influye directamente en la solución de los problemas geotécnicos, pues al enfocar la estratigrafía desde el punto de vista que aquí se propone, la solución de los problemas puede ser encontrada de manera sistemática empleando en conjunto técnicas de levantamiento geológico con técnicas de geotecnia.

1.4 La zonificación Geotécnica y su relación con la Geología de la Zona I, o de Lomas.

El 26 de Noviembre de 1987, fueron publicadas las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, de igual forma un año después la Secretaría General de Obras del DDF, publicó el Manual de Exploración Geotécnica, en ambas publicaciones se menciona la zonificación Geotécnica que ha estado vigente en los últimos años, aunque en esta última publicación, se considera una más detallada, pero con el mismo criterio establecido originalmente por Marsal y Mazari, en 1959. Esta zonificación, es de mucha utilidad para preparar el programa de exploración geotécnica y en términos generales cubre su objetivo, sin embargo, si se contara con una cartografía geológica detallada para fines geotécnicos, no sólo se ahorrarían metros de perforación, sino que se podría atacar cada problema de manera óptima, sobre todo en la zona de Lomas, en la que la distribución de las unidades geológicas no es tan simple, como la indicada en la zonificación. Este levantamiento

detallado permitiría identificar ciertos efectos desfavorables de manera más precisa.

En la figura 4, se presenta la zonificación geotécnica vigente, sobrepuesta con la distribución de las principales unidades litoestratigráficas identificadas en la misma región. Como puede observarse en la figura, existen más unidades y estructuras geológicas que podrían ser de importancia geotécnica y que un ingeniero geotecnista podría considerar para sus estudios. Sin embargo, en los esfuerzos que se han hecho para determinar con precisión algunas de estas estructuras, no ha existido un consenso entre geotecnistas y geólogos, quedando la interpretación geológica de esta zona, aislada, como un buen antecedente histórico e interesante sobre el origen de las rocas y suelos existentes, en ocasiones complejo y que considera algunas cosas irrelevantes desde el punto de vista geotécnico.

No obstante lo anterior, un estudio o levantamiento de geología aplicada, llena el vacío existente en la comunicación del geólogo con el ingeniero civil o geotecnista, pues aporta datos que son importantes para fines geotécnicos, representando en los mapas los datos que son de interés para un proyecto de ingeniería civil, cualquiera que éste sea.

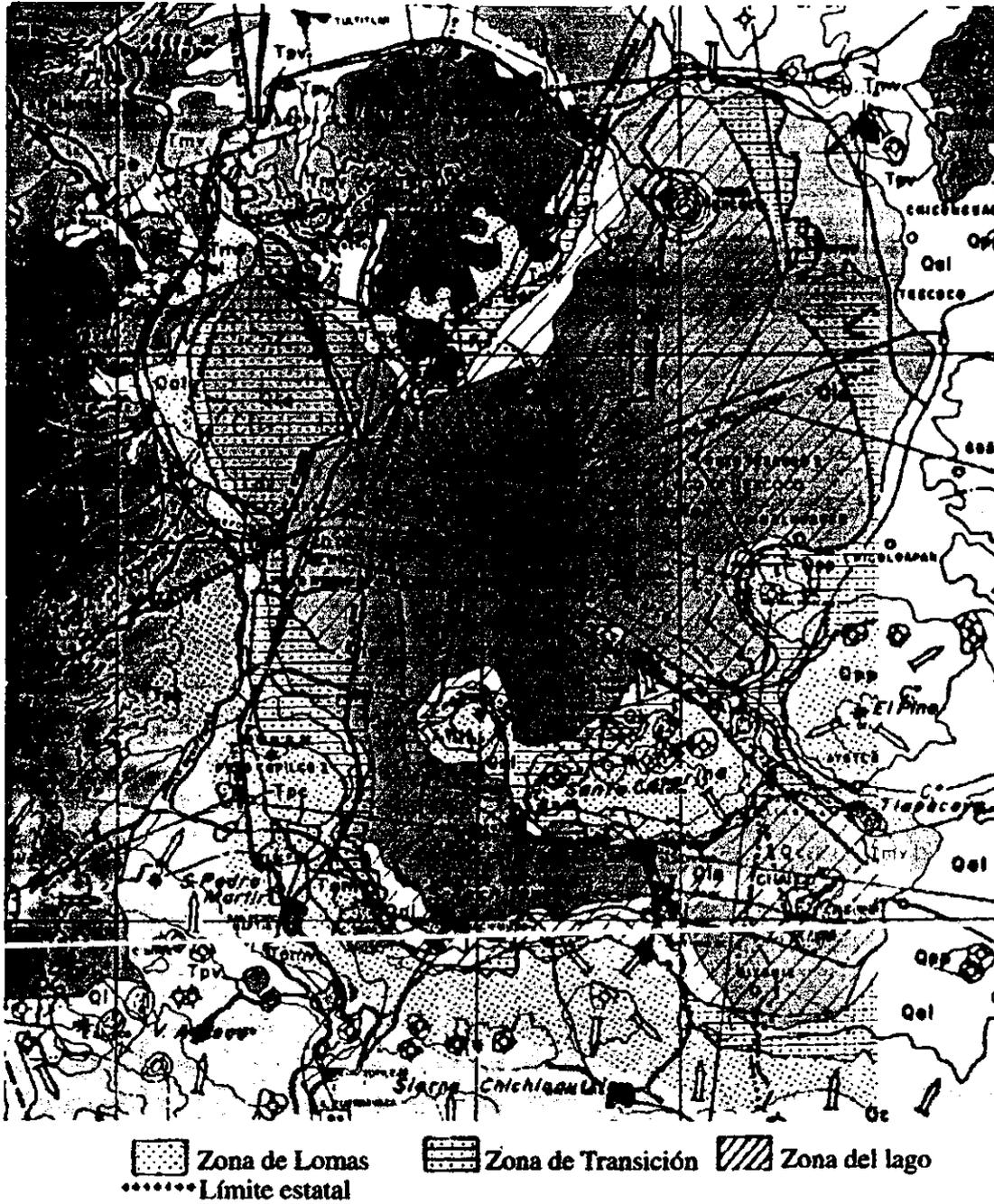


Figura No. 4 Zonificación Geotécnica de la Ciudad de México y su relación con la Geología

II. CASO DE ESTUDIO EN LA PORCIÓN OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

II.1 Introducción

Para comprobar las ideas antes expuestas, es conveniente aproximarnos con mayor detalle a la geología de la porción occidental de la Cuenca de México a la que pertenece el caso de estudio, por ello a continuación se presenta un resumen de la geología más reciente de la Sierra de las Cruces cuyas laderas forman la denominada Zona de Lomas, así como de la hidrografía del río Hondo, en cuyo cauce se encuentra el caso de estudio. Posteriormente, en el caso de estudio, se describirá la estratigrafía a detalle de dicho trabajo.

II.2 Geología de la Sierra de las Cruces y su relación con la Geotecnia

La Sierra de las Cruces es un alineamiento de 4 estratovolcanes del Plioceno Tardío al Pleistoceno, cuyas edades varían de lo más antiguo a lo más reciente de norte a sur, como lo demuestran los fechamientos isotópicos que han sido efectuados (Mora et. al. 1991).

II.2.1 Estratigrafía de la Sierra de Las Cruces

En el área cartografiada en la figura 5, se han definido 8 unidades litoestratigráficas relacionadas con las rocas volcánicas de la Sierra. Dichas unidades son de la más antigua a la más reciente: rocas exclusivas de posible edad miocénica (Tmv), que están compuestas por secuencias volcánicas antiguas (lavas, brechas volcánicas y tobas principalmente), estas secuencias afloran poco en la Zona de Lomas, pero en general son sitios en los que su principal riesgo es la presencia de movimientos de masas y derrumbes, como ocurre en ocasiones en el Cerro del Judío; rocas volcánicas del Plioceno Temprano (Tpv), los sitios en que aflora esta unidad, son muy estables, aunque se trata de macizos rocosos, sobre estas se apoya la presa Madín en el Edo. de México, están formadas por tobas y lavas interestratificadas; la Formación Otomí del Plioceno Tardío (Tpo), que está compuesta por las secuencias eruptivas del volcán más antiguo de la Sierra (lavas andesíticas, depósitos piroclásticos, brechas volcánicas, tobas y conglomerados), estas unidades se distribuyen hacia las laderas de la Sierra principalmente en forma de tobas y constituyen las secuencias que

se encuentran al norte de la Ciudad en las zonas de Cuautitlán, Atizapán y Naucalpan, presentan numerosas zonas minadas; la Formación Las Cruces (Tpc) del Plioceno Tardío al Pleistoceno, que agrupa las rocas formadas por la erupción de los otros tres volcanes, consiste en secuencias de depósitos piroclásticos, brechas volcánicas y lavas; las rocas volcánicas andesíticas del Ajusco (Qpa) del Pleistoceno, están formadas por lavas, domos y piroclastos; el Grupo Chichinautzin (Qc) del Pleistoceno al Holoceno, está compuesto principalmente por basaltos cavernosos y fracturados con intercalaciones de tefra; el material aluvial (Qal), está formado por arenas y gravas mal clasificadas; y los depósitos lacustres, que están constituidos por sedimentos finos (arcillas y limos), cenizas volcánicas alteradas y suelos diatomáceos (figura 6).

II.2.2 Geología Estructural de la Sierra de las Cruces

Desde el punto de vista estructural, la Sierra de las Cruces es el conjunto de dos alineamientos tectónicos que siguen la misma dirección (N40°W), pero que se encuentran separados entre sí por una distancia de 5 Km hacia el SW. Estos alineamientos, se manifiestan también en las fallas normales más notorias que se presentan en la sierra. Adicionalmente a lo anterior, el análisis estadístico de los polos de todos los lineamientos fotointerpretados apoya la información anterior (figura 7).

II.2.3 Hidrología del Río Hondo

El Río Hondo, tiene su origen en las partes altas de la Sierra de las Cruces, en una zona cuya topografía es abrupta y con vegetación tipo bosque de coníferas. Dicha región presenta profundos circos de erosión, formados preferencialmente sobre fracturas que cortan las secuencias de lavas andesíticas y brechas volcánicas o tobas, causando que se formen numerosos manantiales perennes, los cuales, forman pequeñas corrientes que se van uniendo hasta formar los afluentes entre los que se destacan: el Arroyo Agua Blanca, El Arroyo Huixquilucan y el Río Borracho; su dirección tiende a ser al NE, siendo el cauce del Río Borracho, el que al recibir agua de las otras corrientes, forma el Río Hondo.

En cuanto a las implicaciones ambientales de este río, se encuentra el hecho de que por esta corriente, en sus orígenes en las partes altas de la

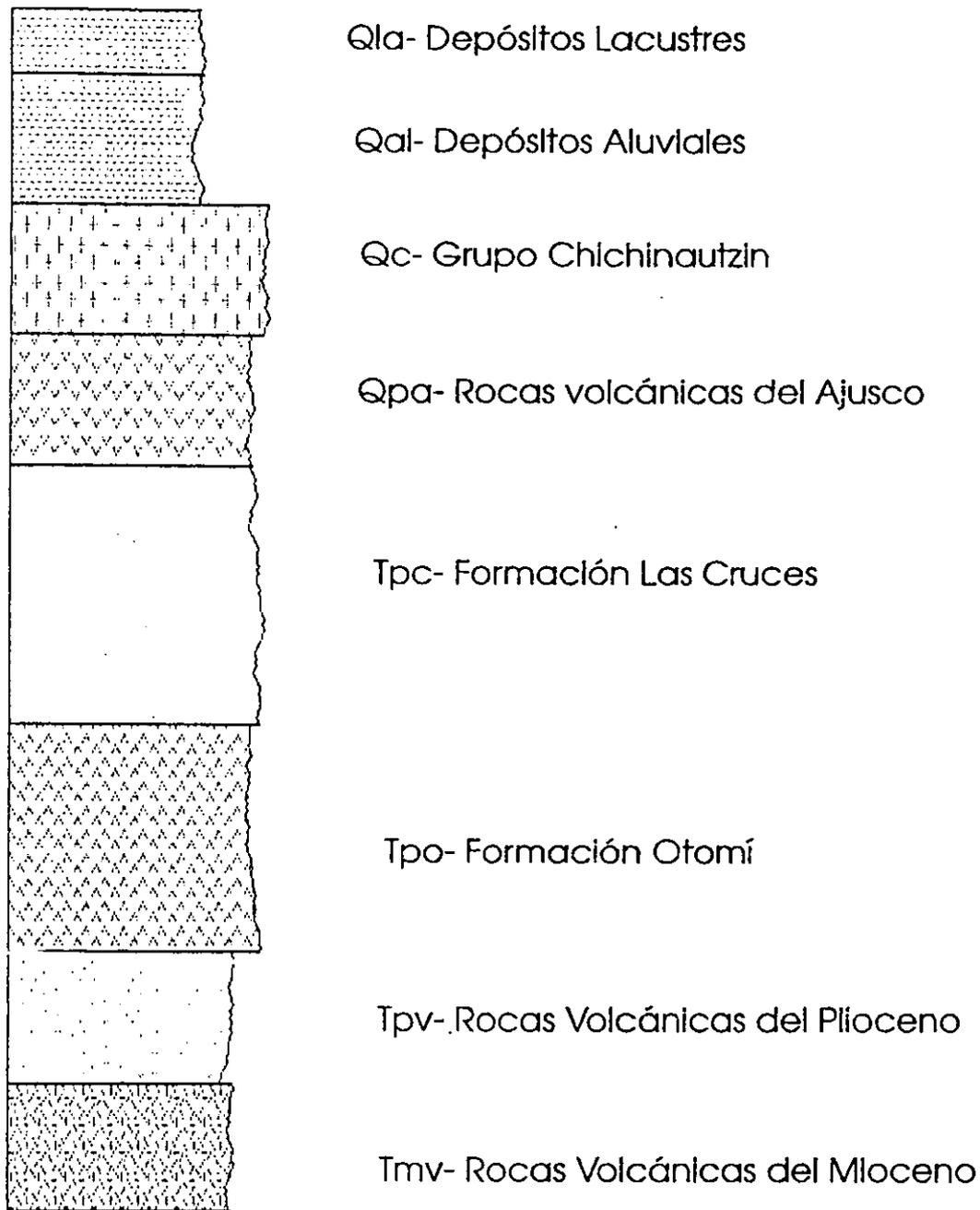


Figura 6 Columna estratigráfica de la Sierra de las Cruces

TODAS LAS UNIDADES

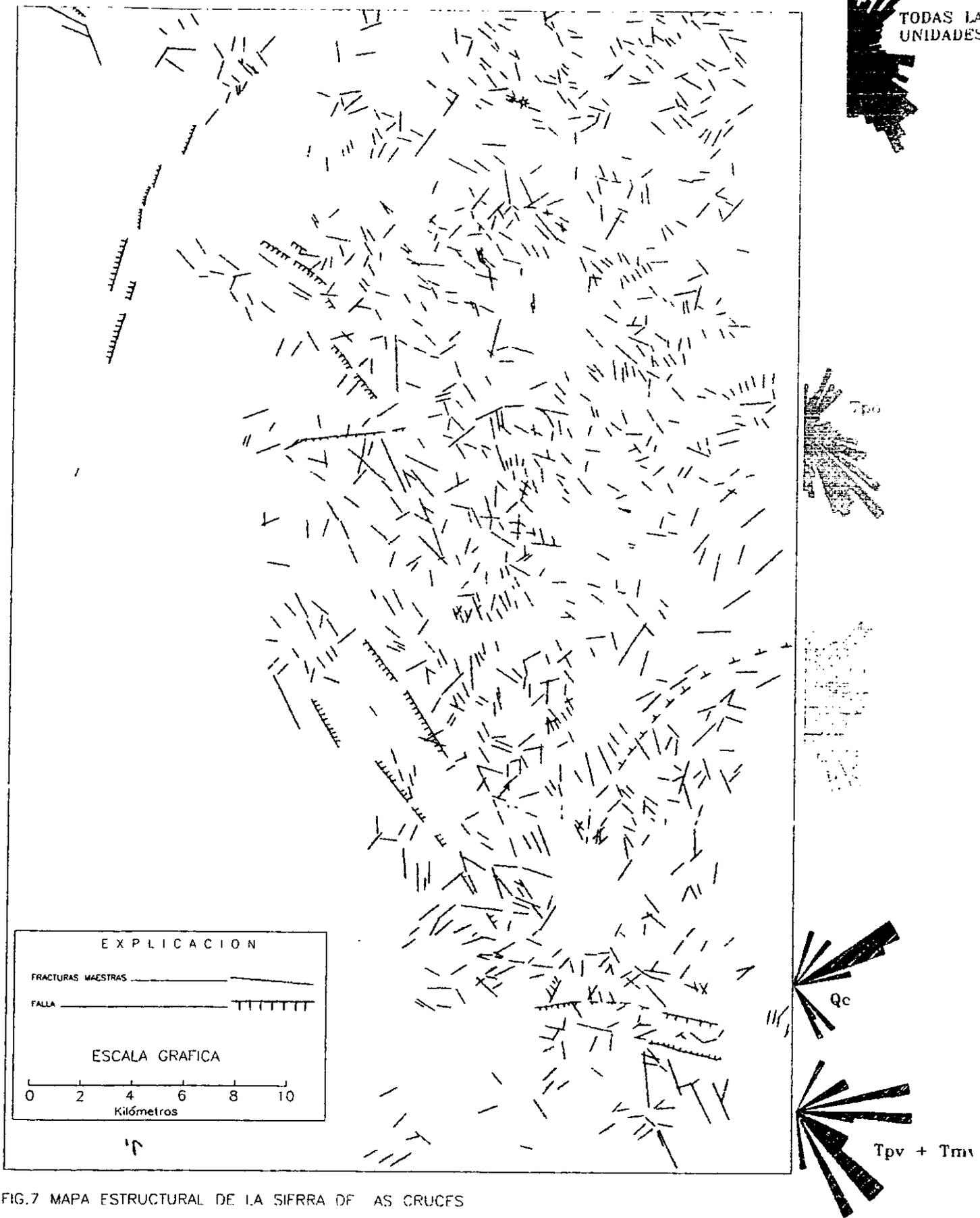


FIG.7 MAPA ESTRUCTURAL DE LA SIERRA DE LAS CRUCES

sierra, escurre agua de buena calidad, sin embargo, la calidad del agua es degradada, por la descarga indiscriminada de aguas negras de todos los asentamientos que quedan dentro del área de captación de la subcuenca, y por otra parte, se encuentra la gran cantidad de sólidos en suspensión que son arrastrados por esta corriente en época de lluvias. Sin embargo, si se realizaran obras de drenaje hasta una altitud en donde el caudal de la corriente ya es considerable, podría rescatarse gran parte del agua y emplearse como fuente de suministro de agua potable, evitando con esto seguir haciendo obras de importación de agua de cuencas vecinas.

II.3 Geotecnia del caso de estudio

II.3.1 Antecedentes

Se presentan en este trabajo los resultados obtenidos de un reconocimiento geológico de campo y los lineamientos geotécnicos para la construcción de la vialidad de acceso a un predio como parte de la etapa inicial de urbanización del fraccionamiento Lomas del Río en la zona poniente de la Ciudad de México.

La zona de estudio es una porción del valle joven del río "Hondo", y la exploración geotécnica se hizo sobre sus laderas, ambas con pendiente pronunciada. Arriba, sobre la margen izquierda, pasa la vía de ferrocarril que va de la Ciudad de México a Toluca.

Entre las características físicas más sobresalientes de las paredes de las laderas, se observan calas que fueron ejecutadas en otro tiempo y oquedades naturales causadas por la erosión.

II.3.2 Objetivos del caso de estudio

Los objetivos del caso de estudio son los siguientes:

- Definir la estratigrafía del terreno
- Analizar la estabilidad de los cortes
- Evaluar la capacidad de uso del material excavado

II.3.3 Alcances del caso de estudio

Los alcances de este caso de estudio son los siguientes:

-Definir la estratigrafía del terreno, particularmente en la zona donde se iniciará la construcción de la vialidad a fin de recomendar las acciones a realizar para efectuar los cortes necesarios, construir los terraplenes y recomendar las obras hidráulicas asociadas a los mismos.

-Realizar un análisis de la estabilidad de los cortes y efectuar el muestreo de suelos a lo largo de dicha vialidad, considerando la identificación y mapeo de las minas de arena que se presenten en el predio, especialmente en las cercanías de la vialidad.

-Elaborar un mapa geológico-geotécnico del trazo de la vialidad y sus colindancias, efectuando una verificación directa y muestreo superficial por medio de zanjas en las que se obtendrán muestras alteradas o cúbicas inalteradas. En dicho mapa se indicarán los estratos aflorantes, sus características, discontinuidades que se presenten y que pudieran causar inestabilidades en los taludes.

-Evaluar la capacidad de uso del material excavado para formar terraplenes y, en su caso, las recomendaciones para compactarlo.

II.3.4 Marco geológico del caso de estudio

Las rocas y suelos presentes en el área de estudio, pertenecen al alineamiento de volcanes que conforman la Sierra de las Cruces, que limita la Ciudad de México al Poniente. Esta Sierra, cuya edad ha sido asignada al Plioceno Tardío- Pleistoceno (de hace 1.7 a 0.7 ma), está formada por volcanes del tipo estratovolcán, mismos que producen secuencias de rocas en cada evento eruptivo, formando al depositarse y soldarse: tobas, brechas volcánicas, aglomerados y rocas andesíticas.

Desde el punto de vista de la Zonificación Geotécnica del Valle de México, el predio en estudio, se encuentra localizado dentro de la "Zona I" o Zona de Lomas, cuyas dificultades frecuentes suelen ser minas de arena u oquedades en las rocas basálticas. En este caso, se identificaron algunas cavidades que en principio se creía correspondían a minas de arena, sin embargo, de las visitas de campo se pudo observar que su origen es natural.

Los suelos sobre los que se encuentra el sitio son de origen volcánico y aluvial, siendo los primeros los más importantes. Tradicionalmente, estos materiales se han conocido como Formación Tarango: Sin embargo, estudios recientes (Vázquez y Jaimes, 1989), han demostrado que estos depósitos son productos volcánicos de tipo piroclástico pertenecientes a la Formación Las Cruces.

Formación volcánica Tarango

La Formación Tarango fue definida por Bryan en 1948, para referirse a las rocas que afloran en una localidad "...al sur-poniente de Mixcoac donde la formación está bien expuesta en las minas de arena) consistente en 300 a 400 mts. de toba, aglomerado, grava volcánica de origen fluvial y capas delgadas de pómez. Esto parece marcar el fin del gran volcanismo en la región. Al sur y poniente de la Ciudad de México se cortaron en esta formación valles anchos y luego fue elevada con la formación de cañones encajonados; la elevación varió de punto a punto, es decir fue "diferencial".

Sin embargo, dado que el estudio de Bryan era esencialmente edafológico, subdivide estratos pertenecientes a eventos eruptivos comagmáticos en formación Tarango y pedálfero Tacubaya, clasificación esta última correspondiente a un tipo de suelo.

Sin embargo el abandono de la denominación Formación Tarango, resulta conveniente dado que años después Segerstrom (1961), extendió la Tarango a todos los depósitos piroclásticos y aluviones antiguos del norte de la Cuenca de México y posteriormente Mooser 1975, extiende esta formación a los piroclásticos provenientes del Iztaaccihuatl antiguo, a los del Telapón y del Tláloc en el oriente de la Cuenca de México.

La gran variedad de tipos litológicos y el intervalo de tiempo que abarcan todas las rocas agrupadas dentro de esta unidad, hacen necesaria la redefinición o el abandono de esta unidad litoestratigráfica, pues en todo caso sería un miembro de la Formación las Cruces y quedaría restringida a ciertos tipos litológicos, aumentando la confusión ya existente.

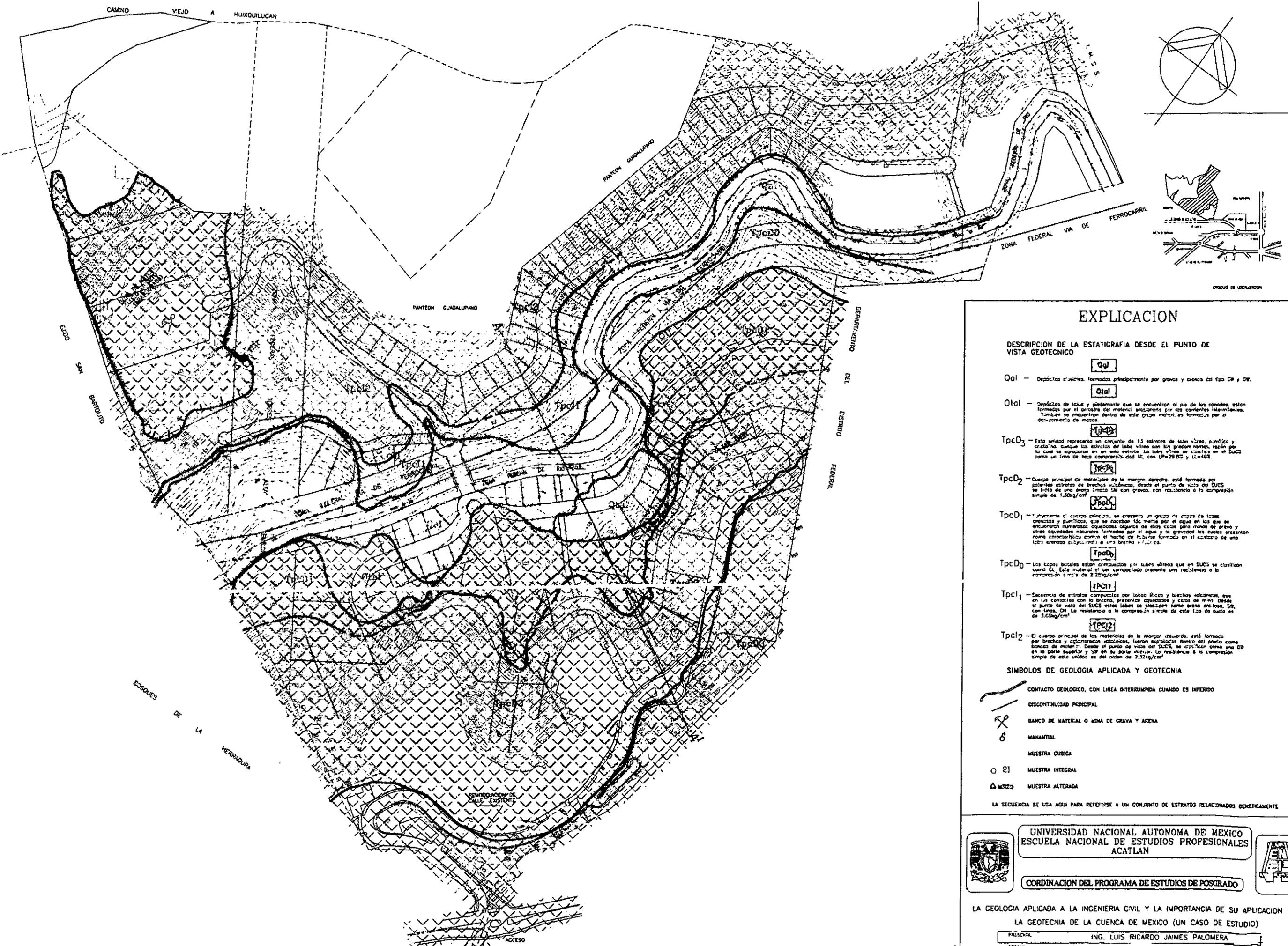
El predio de interés se encuentra en ambas márgenes del Río Hondo, el cual nace en los manantiales de los valles intermontanos del Parque Nacional Miguel Hidalgo ubicado en las partes altas de la Sierra. Esta corriente natural divide dos unidades estratigráficas dentro de una misma formación geológica. Considerando la presencia de este contacto geológico,

es que se explican las diferencias en los materiales que afloran en una margen con respecto a los que afloran en la otra (figura 8).

II.3.5 Trabajos de Campo

Los trabajos de campo realizados, son los siguientes:

1. Inicialmente se procedió a realizar recorridos geológicos-geotécnicos en ambas márgenes del río con base en lo interpretado en las fotografías aéreas verticales a escala 1:10,000 del predio.
2. En segundo lugar, se estableció la estratigrafía de cada margen considerando los aspectos de interés geotécnico.
3. Se exploraron todas las cavidades presentes en el predio a fin de definir su geometría y ubicación dentro de la estratigrafía del sitio.
4. Se definieron los sitios de muestreo para muestras cúbicas inalteradas y para muestras integrales a fin de cubrir los sitios por donde pasará la vialidad y considerar los materiales que puedan ser empleados para formar terraplenes.
5. Se excavaron zanjas y se labraron muestras para realizarles ensayos de Mecánica de Suelos.



EXPLICACION

DESCRIPCION DE LA ESTADISTRAFIA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTECNICO

- Qol** - Depósitos cuaternarios, formados principalmente por gravas y arena del tipo S1 y S2.
- Qtal** - Depósitos de lodo y pedregales que se encuentran al pie de las canchales, están formados por el material erosionado por los corrientes intermitentes. También se encuentran dentro de este grupo muchos formados por el desmoronamiento de masas.
- TpcD3** - Esta unidad representa un conjunto de 13 estratos de lodo fino, purpura y cristalino, aunque los estratos de lodo fino son los que predominan, razón por la cual se comparan en un solo estrato. Los lodos finos se clasifican en el SUCS como un tipo de lodo con consistencia LL con $U=29.82$ y $LI=46.8$.
- TpcD2** - El cuerpo principal de material de la margen derecha, está formado por patentes estratos de brechas volcánicas, desde el punto de vista del SUCS se trata de una arena (tipo S1) con gravas, con resistencia a la compresión simple de 1.30 kg/cm^2 .
- TpcD1** - La base del cuerpo principal, se presenta un grupo de lodos purpura y cristalinos, que se encuentran lógicamente por el agua en los que se encuentran numerosas agudades algunas de ellas colas para muros de arena y otras agudades naturales formadas por el agua y la gravedad las cuales presentan rasgos característicos como el hecho de haberse formado en el contacto de una loda arenosa purpura o cristalina.
- TpcD0** - Los topes basales están compuestos por lodos finos que en SUCS se clasifican como CL. Este material al ser compactado presenta una resistencia a la compresión simple de 2.25 kg/cm^2 .
- Tpc11** - Secuencia de estratos compuestos por lodos finos y brechas volcánicas, que en sus contactos con la brecha, presentan agudades y colas de lodo. Desde el punto de vista del SUCS estos lodos se clasifican como arena arcillosa, S1, con fines, CL. La resistencia a la compresión simple de este tipo de lodo es de 3.65 kg/cm^2 .
- Tpc12** - El cuerpo principal de los materiales de la margen izquierda, está formado por brechas y agudades volcánicas, fueron expuestas dentro del pedregal como bancas de material. Desde el punto de vista del SUCS, se clasifican como una G2 en la parte superior y S1 en su parte inferior. La resistencia a la compresión simple de esta unidad es del orden de 2.32 kg/cm^2 .

SIMBOLOS DE GEOLOGIA APLICADA Y GEOTECNIA

- CONTACTO GEOLOGICO, CON LINEA INTERRUMPIDA CUANDO ES INFERIDO
- DISCONTINUIDAD PRINCIPAL
- BANCO DE MATERIAL O MINA DE GRAVA Y ARENA
- MANANTIAL
- MUESTRA CUBICA
- MUESTRA INTEGRAL
- MUESTRA ALTERADA

LA SECUENCIA SE USA AQUÍ PARA REFERIRSE A UN CONJUNTO DE ESTRATOS RELACIONADOS GENETICAMENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN

CORDINACION DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

LA GEOLOGIA APLICADA A LA INGENIERIA CIVIL Y LA IMPORTANCIA DE SU APLICACION EN LA GEOTECNIA DE LA CUENCA DE MEXICO (UN CASO DE ESTUDIO)

PRESENTA ING. LUIS RICARDO JAIMES PALOMERA

II.3.6 Estratigrafía del caso de estudio

La estratigrafía del predio de interés, se describirá para cada margen por separado considerando que se trata de dos unidades estratigráficas distintas.

En este caso, tomando en cuenta la fuerte pendiente en ambas márgenes y dada la pseudo-estratificación de las capas de suelo, la verificación superficial del terreno permite obtener el perfil de suelos, que en otro caso debería obtenerse por medio de perforaciones.

II.3.6.1 Estratigrafía de la Margen Derecha

La descripción se realizó de la superficie hacia abajo. En la figura 11, se muestra la estratigrafía de ambas márgenes.

En la parte superior de la margen derecha se presenta suelo orgánico de tipo residual, producto de la alteración de las tobas de la capa inmediatamente inferior, este suelo corresponde con una arcilla de alta compresibilidad tipo CH con porcentaje de finos del 84.2 %, LL = 66.8%, Lp=31.5%, Ip=35.3% y presenta espesores promedio de 0.5 a 1.0 m. Si se despalma este material, la capa de alteración en las tobas es de un espesor que varía entre 0.3 a 0.5 m. Este suelo residual en las porciones en que la pendiente es más abrupta, presenta deslizamientos de masas, razón por la cual es conveniente tomar en cuenta esto para evitar derrumbes de suelo sobre la vialidad.

Infrayacente a la capa antes descrita, se presenta una secuencia de tobas que se denominan Tpcd3. Esta unidad representa un conjunto de 13 estratos de toba vítrea, pumítica y cristalina, aunque los estratos de toba vítrea son los predominantes, razón por la cual se agruparon en uno solo. La toba vítrea se clasifica en el SUCS como un limo de baja compresibilidad ML con LP = 29.8% y LL= 49%. En la carta de plasticidad de la figura 10 se ubicaron todas las muestras a las que se les practicó este tipo de ensaye. La resistencia a la compresión axial de esta toba es del orden de 1.03 kg/cm² en estado natural en el estrato más desfavorable (de toba arenosa pumítica). Sin embargo, si es remoldeado y compactado a su compactación óptima se obtiene un valor de 3.25 kg/cm².

EXPLICACION

- CTAL - DEPOSITOS DE TALUD
- QAL - DEPOSITOS ALUVIALES
- TI CD3 - SECUENCIAS SUPERIORES MARGEN DERECHA
- TI CD2 - CUERPO PRINCIPAL DE LA MARGEN DERECHA
- TI CD1 - SECUENCIA INFERIOR MARGEN DERECHA
- TI CDO - SECUENCIA BASAL MARGEN DERECHA
- TI CI2 - CUERPO PRINCIPAL MARGEN IZQUIERDA
- TI CI1 - CAPAS BASALES MARGEN IZQUIERDA

--- CONTACTO DE UNIDAD GEOTECNICA

□ EDIFICACIONES

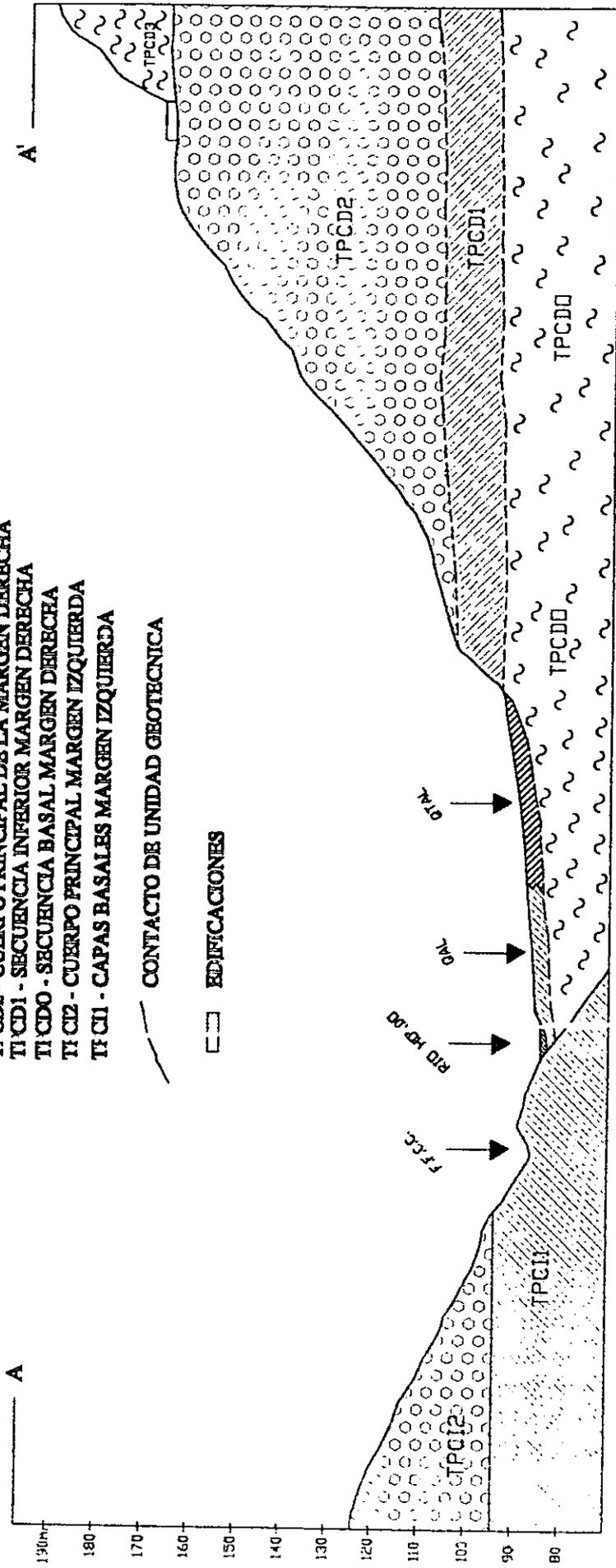


FIGURA 11. SECCION GEOLOGICA A-A'

GRANULOMETRIA DE MATERIALES

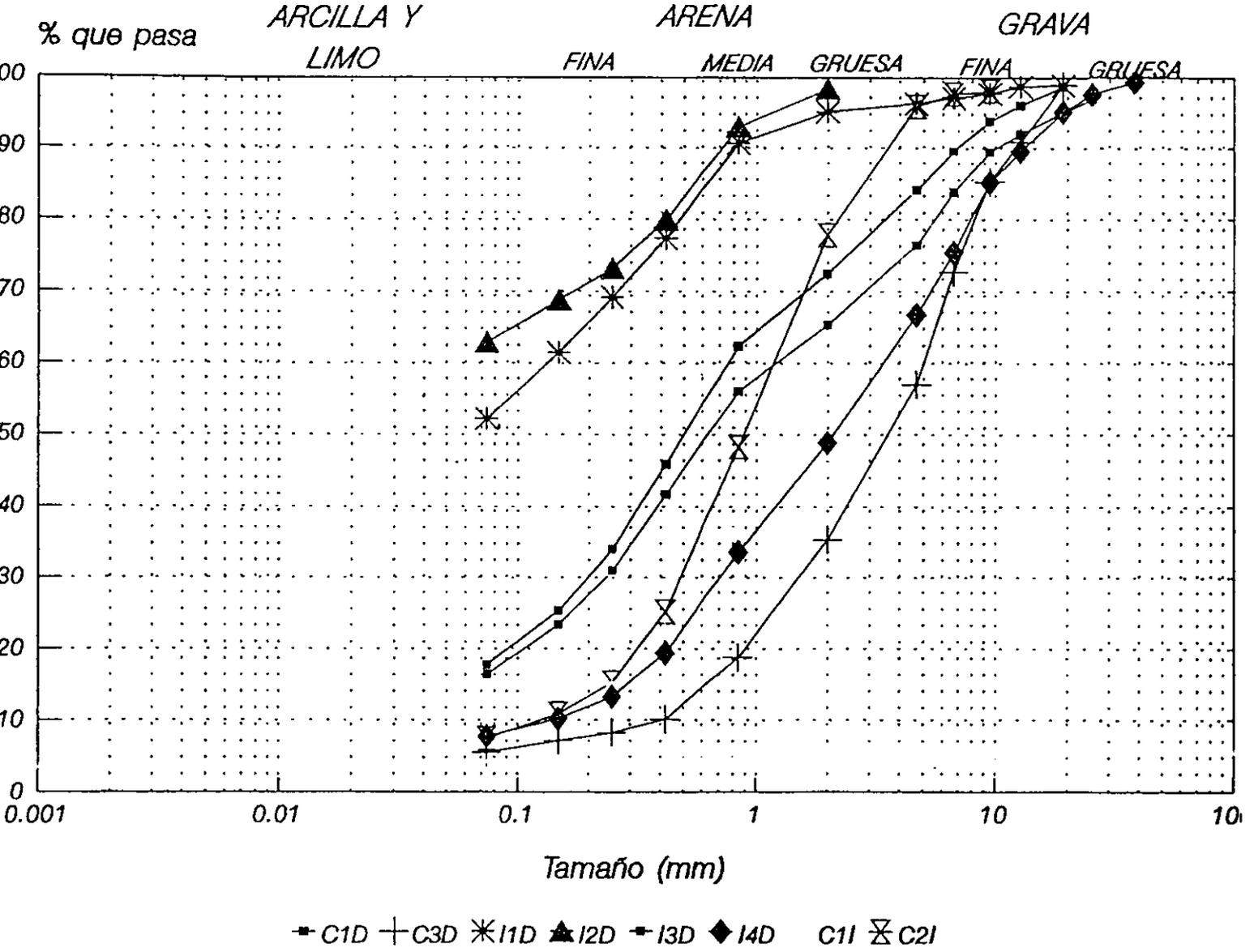
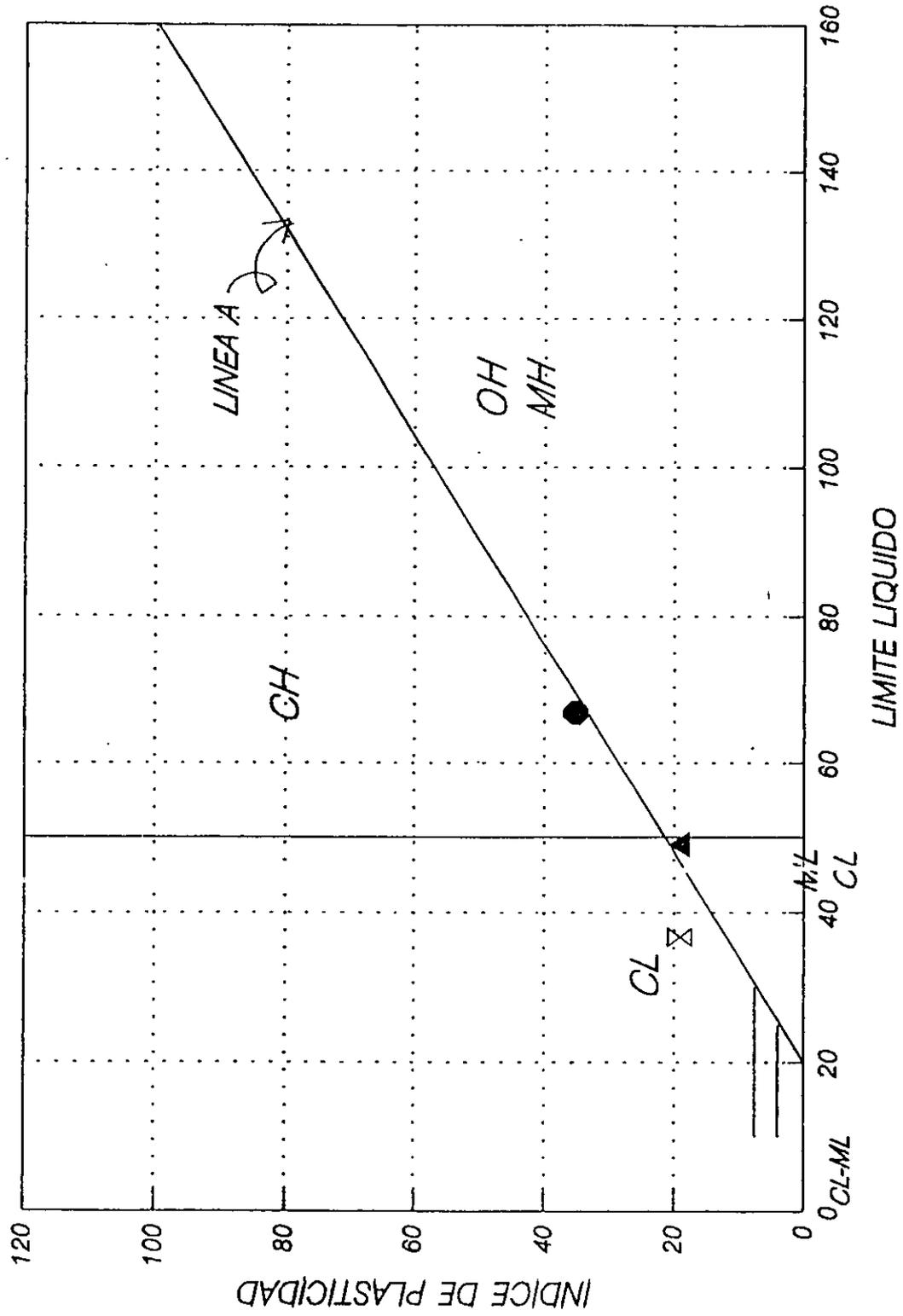


Figura No. 9

CARTA DE PLASTICIDAD



▲ I2D ● M2D

Figura 10

Debajo de este grupo de estratos, se encuentra lo que denominamos el cuerpo principal de materiales de la margen derecha, que en el mapa geotécnico (figura 8) se denominan Tpcd2, los cuales están formados por potentes estratos de brechas volcánicas, desde el punto de vista del SUCS se trata de una arena limosa SM con gravas, con resistencia a la compresión simple de 1.30 kg/cm².

Subyacente al cuerpo principal, se presenta un grupo de capas de tobas arenosas y pumíticas, que se socavan fácilmente por el agua, en las que se encuentran numerosas oquedades -algunas de ellas calas para minas de arena y otras oquedades naturales formadas por el agua y la gravedad- las cuales presentan como característica común, el hecho de haberse formado en el contacto de una toba arenosa que subyace a una brecha volcánica. Ninguna de las oquedades y calas visitadas, presenta profundidad mayor a los 3 m, con lo que se concluye que en esta zona no se localizaron minas de arena con galerías profundas.

Por último, las capas basales están compuestas por tobas vitreas que en el SUCS se clasifican como CL. Este material al ser compactado presenta una resistencia a la compresión simple de 2.28 kg/cm².

II.3.6.2 Estratigrafía de la Margen Izquierda

En esta margen el cuerpo principal de los materiales de la margen Izquierda (Tpci2), está formado por brechas y aglomerados volcánicos que fueron explotados dentro del predio como bancos de material. Desde el punto de vista del SUCS, se clasifican como una GW en la parte superior y SW en su parte inferior. La resistencia a la compresión simple de esta unidad es del orden de 2.32 kg/cm².

Subyaciendo al cuerpo principal, se encuentra una secuencia de estratos compuestos por tobas líticas y brechas volcánicas, que en los contactos con la brecha, presentan oquedades y calas de mina. Sin embargo, es conveniente aclarar que la forma de las oquedades en esta margen, es distinta debido a la naturaleza de los materiales. En ella son más alargadas que las de la margen derecha. Desde el punto de vista del SUCS estas tobas se clasifican como arena arcillosa, SW, con finos, CH. La resistencia a la compresión simple de este tipo de suelo es de 3.65 kg/cm².

La granulometría de muestras obtenidas en ambos márgenes, se indica en la figura No. 9, con la misma nomenclatura para las muestras que se emplea en el mapa geotécnico de la figura 8.

Para mostrar de manera esquemática la distribución de los materiales presentes en el predio, se construyó una sección geotécnica A-A' (figura 11), en donde se aprecia la relación de los estratos antes mencionados. En la figura 8, se muestra la distribución en planta de las unidades geotécnicas arriba descritas y la ubicación de las muestras recabadas para realizar ensayos de laboratorio.

En el anexo 1 se presentan los ensayos de laboratorio ejecutados como parte de este trabajo, mientras que en el anexo 2, se incluye una memoria fotográfica de los trabajos de campo.

II.3.7 Discontinuidades y minas

El tectonismo de la zona, ha provocado fracturas en el predio, las cuales constituyen los sitios de escurrimiento de las laderas, mismas que han sido erosionadas por las lluvias. La distribución de las más importantes se muestra en la figura 8.

Las discontinuidades encontradas en los cortes existentes, están por lo general rellenas de caliche (carbonato de calcio precipitado).

Las calas de minas y oquedades naturales existen en dos diferentes niveles de ocurrencia, debidos a la disposición de los estratos arenosos que las originan. Las calas se hicieron sobre oquedades naturales.

La inspección de cavidades indica un origen natural de poca profundidad y las calas no penetran más de 4 m. dentro del horizonte calado.

En las figuras 12 y 13 se ilustran los croquis de las oquedades más grandes presentes en el área de estudio.

En cuanto a las minas que se encuentran en la zona, posterior a la etapa de trabajo antes descrito, se realizó mediante geología aplicada, la identificación de las entradas de las minas de arena existentes hacia el noroeste del caso de estudio, empleando para ello, fotografías aéreas verticales de dos períodos distintos, de 1970 y 1980 respectivamente.

De la interpretación de fotografías aéreas y verificación en campo, fue posible correlacionar los resultados con estratos de pómez de al menos dos secuencias volcánicas y de esta manera conocer la distribución de las zonas minadas y los niveles de las minas, cuya inclinación, corresponde en la mayor parte de los casos con la inclinación de los estratos de pómez.

Esta metodología de trabajo, permitió identificar las entradas de las minas de arena existentes antes del relleno y de esta manera encaminar los esfuerzos de exploración directa, hacia las zonas que realmente tienen minas, haciendo el avance de los trabajos de rehabilitación y protección, más rápido. Esta metodología permite además, delimitar las zonas de riesgo, como se aprecia en la figura 16, en la se indican las zonas de alta densidad de laborios mineros.

Los resultados de este trabajo se ilustran en la figura No.16

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

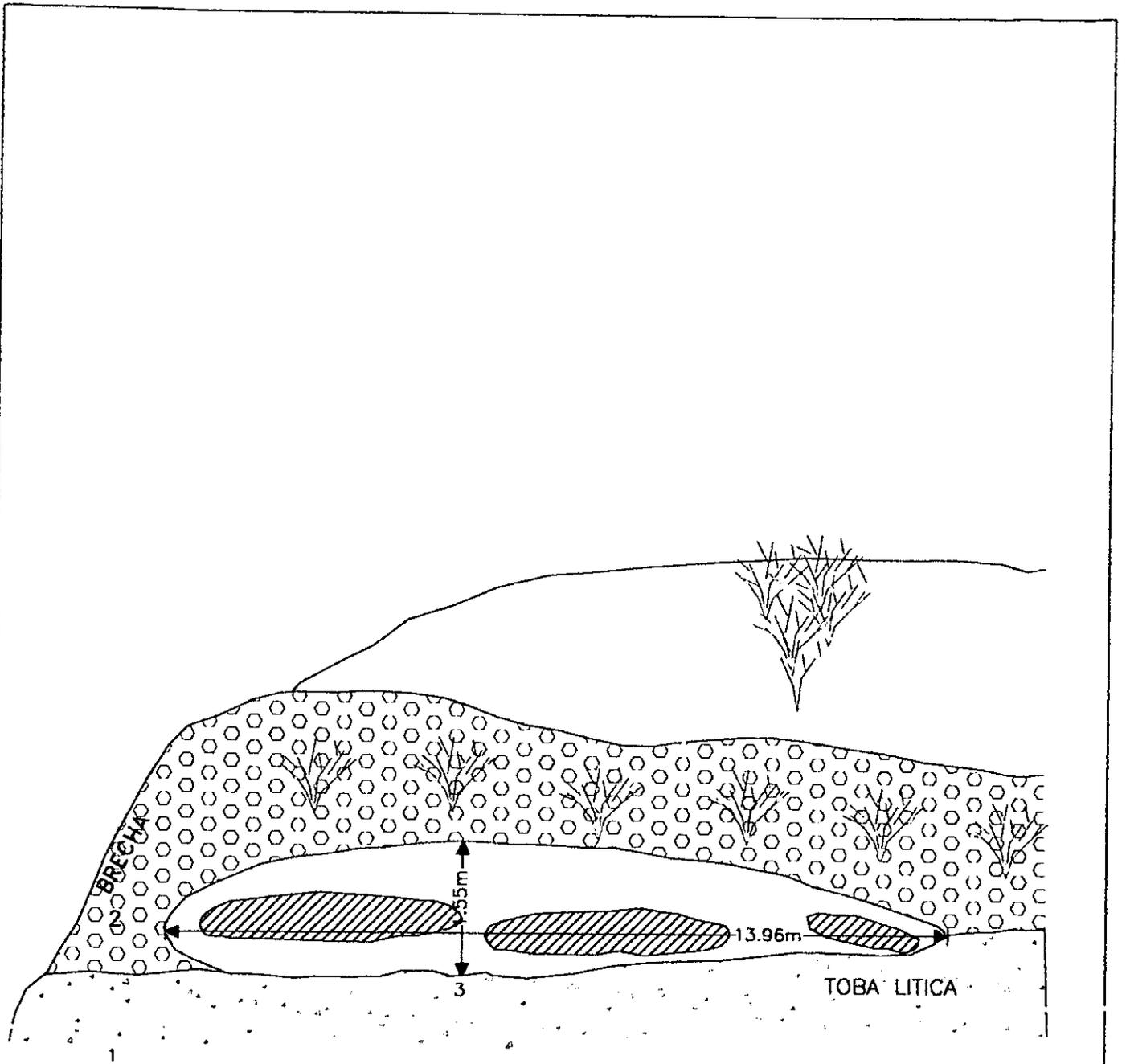


FIGURA 12 ESQUEMA DE LAS CAVERNOSIDADES Y CALAS HALLADAS EN LA MARGEN IZQUIERDA

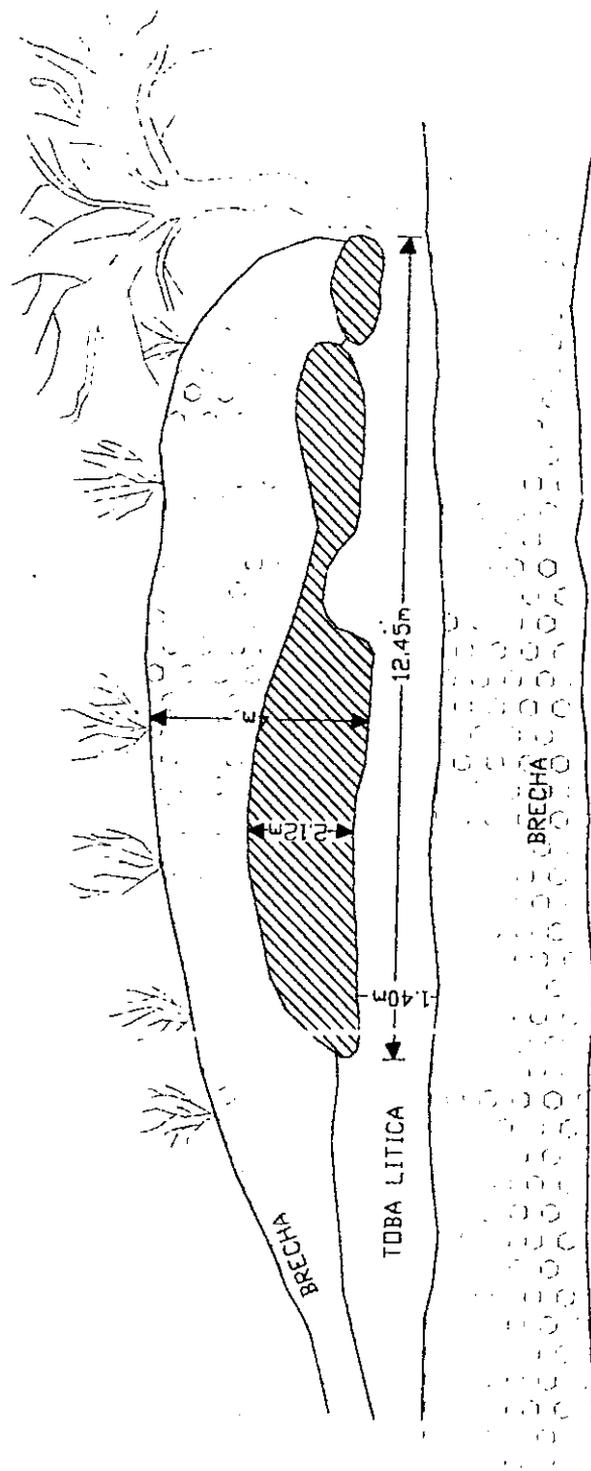


FIGURA 13 CAVERNOSIDADES DE LA MARGEN DERECHA

II.4 Conclusiones y recomendaciones del caso de estudio

II.4.1 Conclusiones

El material producto de los cortes que se ejecuten en las laderas será de dos tipos: arenas limosas con gravas en la ladera de la margen izquierda, y limos arenosos en la ladera de la margen derecha.

Los materiales producto del corte en las laderas son adecuados para formar terraplenes.

Por el origen de los materiales, se estima que sus granos son susceptibles a la rotura, por lo que no se recomiendan para su uso en la estructura de pavimentos; es preferible utilizar materiales mejores traídos de otros bancos.

II.4.2 Recomendaciones

Desarrollar el camino con base en cortes en las laderas (figura 14). No es conveniente formar terraplenes en balcón, debido a que las fuertes pendientes que existen en el predio condicionan a cimentar los terraplenes sobre un plano potencial de deslizamiento predefinido por la pendiente natural del terreno.

Como excepción, en los sitios donde el agua ha erosionado formando las barrancas, podrán utilizarse rellenos compactados bajo un estricto control de calidad soportados por muros de contención y una adaptación de alcantarillas y obras de drenaje (figura 15).

La pendiente y altura de los cortes propuesta es de 1/8:1 para cortes con altura de hasta 5 m o de 1/4:1 para cortes entre 5 y 15 m de alto con descopete en la parte alterada.

En el predio se observó que la mayor parte de la alteración es una pequeña capa de suelo residual. En este caso, el descopete de los taludes corresponderá simplemente a un despalme; si el espesor de alteración es mayor de 1 m, el descopete de taludes se hará con cortes a 1/2:1.

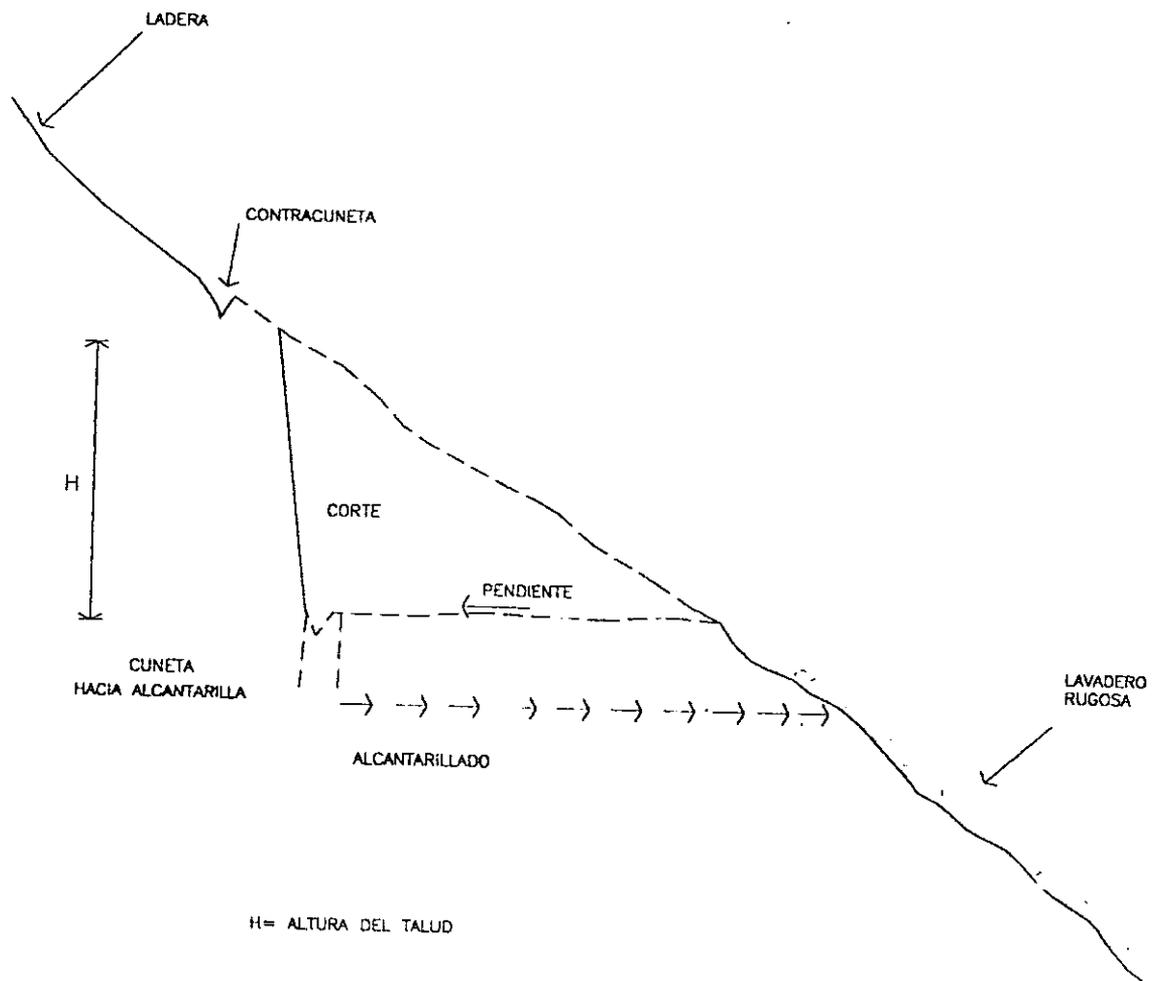
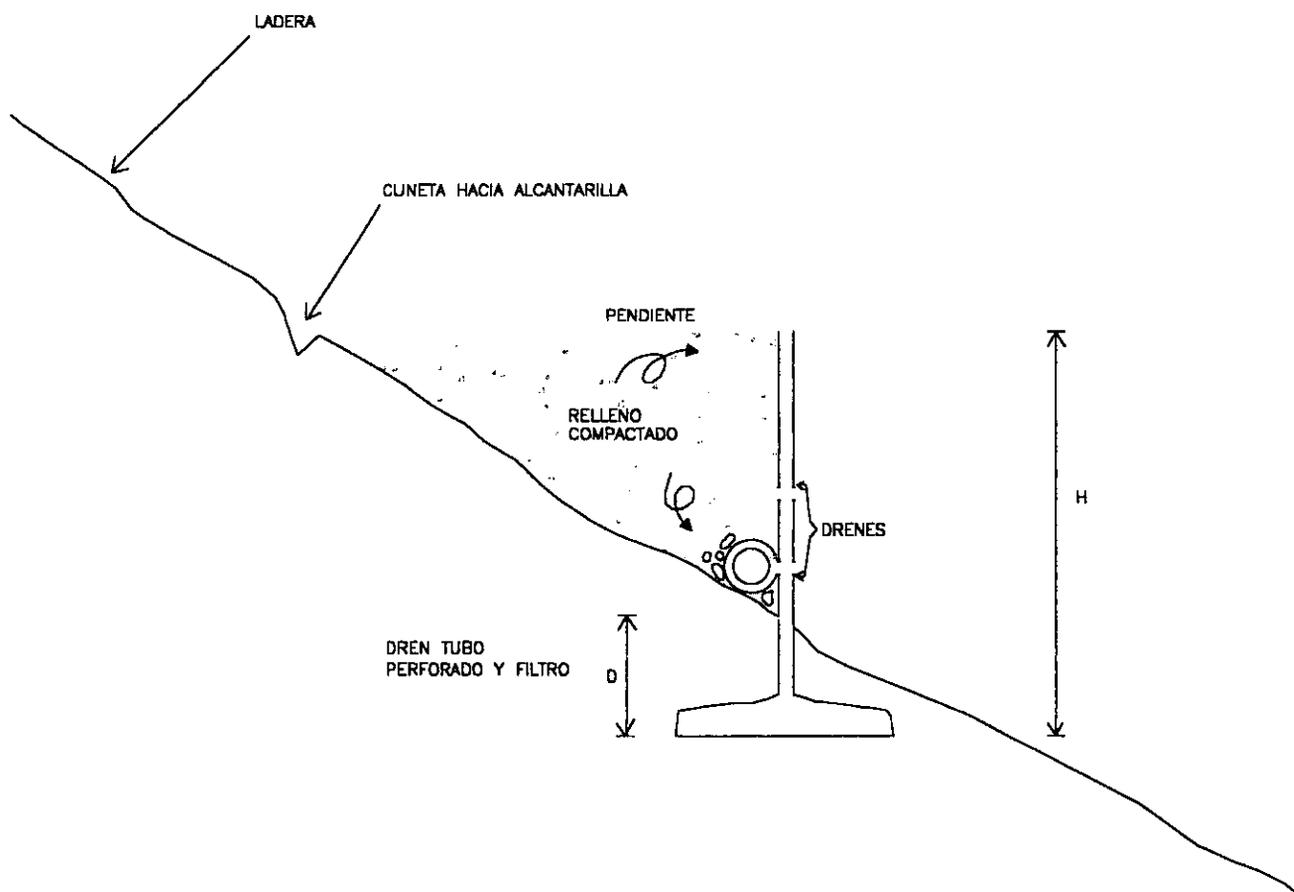


FIGURA 14. SECCION TIPO CORTE CON SISTEMA DE DRENAJE



H= ALTURA DEL MURO DE COMPACTACION (VARIABLE)

D= PROFUNDIDAD DE DESPLANTE

FIGURA. 15 SECCION TIPO RELLENO CON SISTEMAS DE DRENAJE

De preferencia deben evitarse los materiales limosos con arena para formar terrâplenes, o de lo contrario, deberán protegerse contra el lavado de finos utilizando un filtro elaborado con las arenas-limosas con grava.

Se estima que el contenido de agua óptimo de compactación fluctúe entre el 20 y 30%, por ello para el proceso constructivo, es conveniente efectuar terrâplenes de prueba con los distintos materiales y seleccionar el equipo y contenidos de agua óptimo más adecuados para obtener un grado de compactación del 95% de la prueba Proctor. Se sugiere probar un equipo Pata de Cabra Vibratorio e ir compactando por capas no mayores de 25 cm, entre 3 y 5 pasadas del equipo.

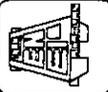
Como alternativa en la construcción de terrâplenes, los materiales encontrados son adecuados para formar tierra armada; pero tendrán que hacerse diseños especiales al respecto para verificar la estabilidad de terrâplenes de tierra armada sobre las laderas inclinadas.

En todo caso, deberá hacerse análisis y diseños especiales de: muros de contención, obras de alcantarillado y drenaje, obras de protección contra erosión de taludes, y, si es necesario, tierra armada.

Debido a que el predio se ubica en una zona sísmica, los diseños anteriores deberán incluir un análisis de estabilidad sísmica de las estructuras que se construyan.

Se recomienda levantar topográficamente las calas de minas y oquedades existentes en el terreno.

Cuando llegue la etapa de proyectar el puente para atravesar el río. será indispensable realizar sondeos exploratorios en los sitios donde se ubiquen los apoyos del puente, pues es importante determinar con precisión la profundidad del relleno aluvial.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLÁN
COORDINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DE PREGIADO

FIG. No. 16

LA GEOLÓGICA APLICADA A LA INGENIERÍA CIVIL Y LA IMPORTANCIA DE SU APLICACIÓN EN
LA GESTIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO (UN CASO DE ESTUDIO)
PRESENTA: ING. LUIS RICARDO JAIMES PALOMERA

SIMBOLOGÍA

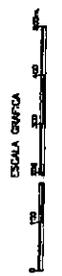


- OTRAS A LINEA O OVALADO FOTOCENTRADO
- LINEA A CIELO ABIERTO
- NOVA EXPLORAN COMO ESTILO SANCRO
- ZONA DE COLAPSO MAY ABANDONADO
- ZONA DE ACCESO DE ASISTENTE
- CONTACTO GEOLÓGICO
- DIRECCIÓN DE FLUJOS DE PRODUCTOS
- FRACURA
- BULLERO

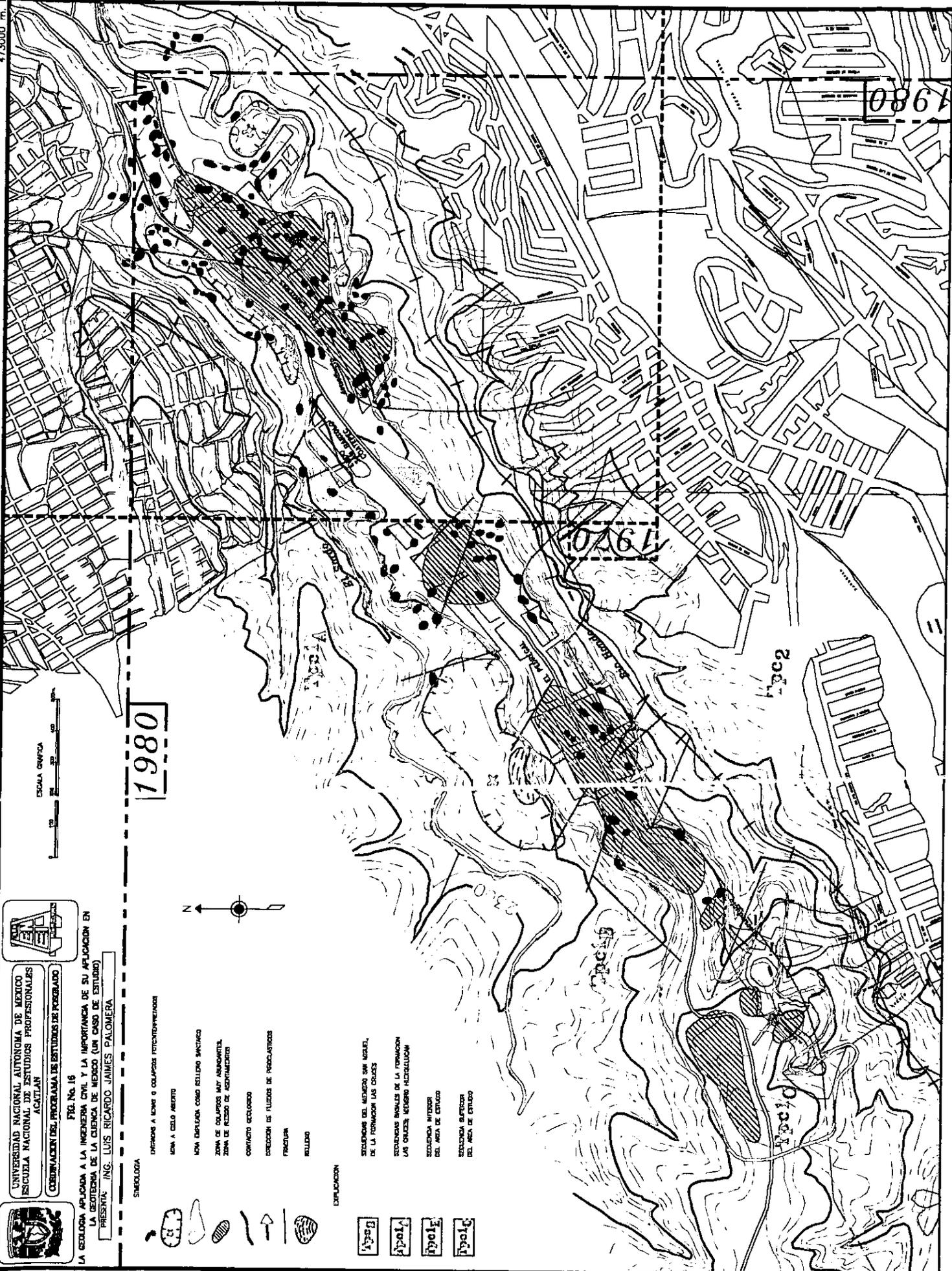
EXPLICACION



- SECCIONES DEL MODO SIN SOCIA, DE LA FORMACION LAS CRUCES
- SECCIONES MANEJAS DE LA FORMACION LAS CRUCES, SEGUN PREGIADO
- SECCION INTERIOR DEL AREA DE ESTUDIO
- SECCION SUPERIOR DEL AREA DE ESTUDIO



1980



1980

1980

1980

1980

III. CONCLUSIONES GENERALES

El conocimiento de la geología regional conduce a una mejor interpretación de los aspectos geológico-geotécnicos de un área en particular. La estratigrafía, estructuras y riesgo sísmico de una zona determinada son más fácilmente interpretadas si se cuenta con información detallada de los fenómenos que la rodean.

Es factible la utilización de cartografía geológica en estudios en la Zona de Lomas de la Cuenca de México, considerando los aspectos de la geología que son relevantes para la solución de problemas geotécnicos, permitiendo enfocar los trabajos a aspectos más críticos, logrando un considerable ahorro en exploraciones geotécnicas.

Es necesario realizar una nueva zonificación geotécnica, sobre todo en la Zona de Lomas, a fin de contar con información más precisa sobre el tipo de materiales que se van a encontrar en cada sitio.

Para la solución de problemas geotécnicos en la Zona de Lomas se recomienda que previamente se realice un levantamiento geológico detallado de los alrededores del predio, a fin de definir la estratigrafía y ubicar el sitio en su contexto geológico.

Para la localización de zonas minadas y para encaminar las obras de rehabilitación o protección de dichas zonas, se recomienda la realización de un estudio de geología aplicada, enfocado a cartografiar los estratos que fueron explotados por medio de minas, encaminando de este modo los trabajos a zonas más específicas, ahorrando con ello mucho tiempo y perforaciones de exploración.

BIBLIOGRAFIA

Attewell, P. B., and Farmer, I.W., 1976, Principles of engineering geology, New York, John Wiley & Sons, 1045 p.

Bassols, 1966, Geografía de México, México D.F.

Bryan, K., 1948, Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie de México en relación con los cambios climáticos. Bol. Soc. Geol. Mex. XIII, 1-20.

C.F.E., 1988, Estudios Geofísicos del Valle de México, Benhumea, M. y A.L. Contreras, Unidad de Estudios de Ingeniería Civil, Departamento de Estudios Geofísicos, Superintendencia de Estudios Zona Centro.

Compton, R.R., 1985, Geology in The Field, John Wiley & Sons, New York, 397p.

Damon, E.P., M. Shafigulla y F.K. Clark, 1981. Evolución de los Arcos Magmáticos en México y su relación con la Metalogénesis. Rev. Inst. Geol. UNAM, 5,2,223-238.

Demant, A. , 1978, Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. Revista del Instituto de Geología, UNAM, V.2, No. 2, p.p. 172-187.

Jauregui E., 1988, Capítulo1, Atlas de la Ciudad de México, Departamento del Distrito Federal, Colegio de México, Ed. Plaza valedes.

Marsal, R. J, Mazari, M., 1959, El subsuelo de la Ciudad de México, Instituto de Ingeniería, UNAM.

Mooser, F., 1975, Historia Geológica de la Cuenca de México. En Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. México D.F. Tomo I.

Mooser, F., 1990, Estratigrafía y estructura del Valle de México, en el subsuelo de la Cuenca del Valle de México y su relación con la ingeniería de cimentaciones a cinco años del sismo, SMMS A.C.

Mora Alvarez, G, C. Caballero Miranda, J. Urrutia Fucugauchi y Sh. Uchiumi, 1991, Southward migration of volcanic activity in the Sierra de las Cruces, Basin of Mexico A preliminary K-Ar dating and palaeomagnetic study. *Geofísica Internacional*, Vol. 30 Núm. 2 pp 66-70.

Santoyo, E. y C. Gutierrez, 1990, Estratigrafía y muestreo inalterado de los suelos lacustres del Valle de México.

Segerstrom, K., 1961, Geología del SW del Edo. de Hidalgo y NE del Edo. de México. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol*, XIII, 3 y 4.

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 1976, Cimentaciones en Zonas Minadas de la Ciudad de México, Simposio-Marzo de 1976, SMMS.

Urrutia, J. y Del Castillo, 1977, Un modelo del Eje Volcánico Mexicano. *Bol. de la Soc. Geol. Mex.*, v.38 pp 18-28.

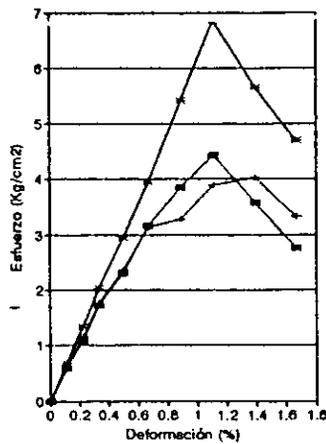
Vázquez, E. y Jaimes R., 1989, Geología de la Cuenca de México, *Geofis. Int.* Vol 28 No.2, Instituto de Geofísica de la UNAM.

COMPRESION TRIAXIAL (UU)

PROCEDENCIA: RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEX. TIPO DE MUESTRA: PCA FECHA: ABRIL, 1980
 NO. MUESTRA: CUMCA 2 PROFUNDIDAD: MARGEN IZQUIERDA
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARENA FINA, MEDIA Y GRISEA CON ALGUNAS GRAVAS FINAS Y POCOS FINOS DE LIMON GRIS VERDOSO CLARO Y OSCURO.

LECTURA MCR	LECTURA ANILLO	DEFORM. %	ESP. DES. kg/cm ²	LECTURA MCR	LECTURA ANILLO	DEFORM. %	ESP. DES. kg/cm ²	LECTURA MCR	LECTURA ANILLO	DEFORM. %	ESP. DES. kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	12.00	0.11	0.80	0.10	12.80	0.12	0.83	0.10	14.20	0.11	0.88
0.20	22.00	0.22	1.08	0.20	25.80	0.24	1.16	0.20	28.40	0.22	1.24
0.30	34.80	0.33	1.72	0.30	38.00	0.35	1.77	0.30	42.50	0.34	2.03
0.40	48.30	0.50	2.30	0.40	52.30	0.53	2.37	0.40	61.80	0.50	2.80
0.60	84.00	0.67	3.17	0.60	88.80	0.78	3.14	0.60	83.00	0.67	3.80
0.80	78.00	0.89	3.85	0.80	73.00	1.00	3.29	0.80	114.20	1.01	3.42
1.00	80.00	1.11	4.43	1.10	88.80	1.28	3.88	1.20	140.00	1.34	6.88
1.25	72.80	1.38	3.28	1.30	80.00	1.88	4.03	1.30	120.00	1.88	3.80
1.50	38.30	1.67	2.78	1.80	74.80	1.88	3.23	1.80	100.00	2.01	4.70
				1.80	61.80	2.24	2.70				

PROBETA NO. 1				PROBETA NO. 2				PROBETA NO. 3											
K anillo	0.488	DIAM.	3.25	DIAM.	3.62	K anillo	0.488	DIAM.	3.62	DIAM.	3.70	K anillo	0.488	DIAM.	3.62	DIAM.	3.70		
Wm ext.	138.08	O. prov.	2.50	Wm ext.	138.08	O. prov.	2.72	Wm ext.	141.32	O. prov.	2.63	Wm ext.	141.32	O. prov.	2.54	Wm ext.	141.32	O. prov.	2.63
Wm + T	104.88	AREA	8.954	Wm + T	103.80	AREA	10.888	Wm + T	104.82	AREA	10.948	Wm + T	104.82	AREA	10.948	Wm + T	104.82	AREA	10.948
W T	27.28	Hm	6.88	W T	27.12	Hm	6.20	W T	27.82	Hm	6.84	W T	27.82	Hm	6.84	W T	27.82	Hm	6.84
W %	2.70	VOL	88.380	W %	3.20	VOL	92.632	W %	2.80	VOL	90.221	W %	2.80	VOL	90.221	W %	2.80	VOL	90.221
P.V.H.	1.545	P.V.S.	1.200	P.V.H.	1.480	P.V.S.	1.440	P.V.H.	1.527	P.V.S.	1.480	P.V.H.	1.527	P.V.S.	1.480	P.V.H.	1.527	P.V.S.	1.480
Sh	2.817	σ	0.738	Sh	2.817	σ	0.818	Sh	2.817	σ	0.763	Sh	2.817	σ	0.763	Sh	2.817	σ	0.763
CP%	8.40			CP%	11.30			CP%	9.30			CP%	9.30			CP%	9.30		

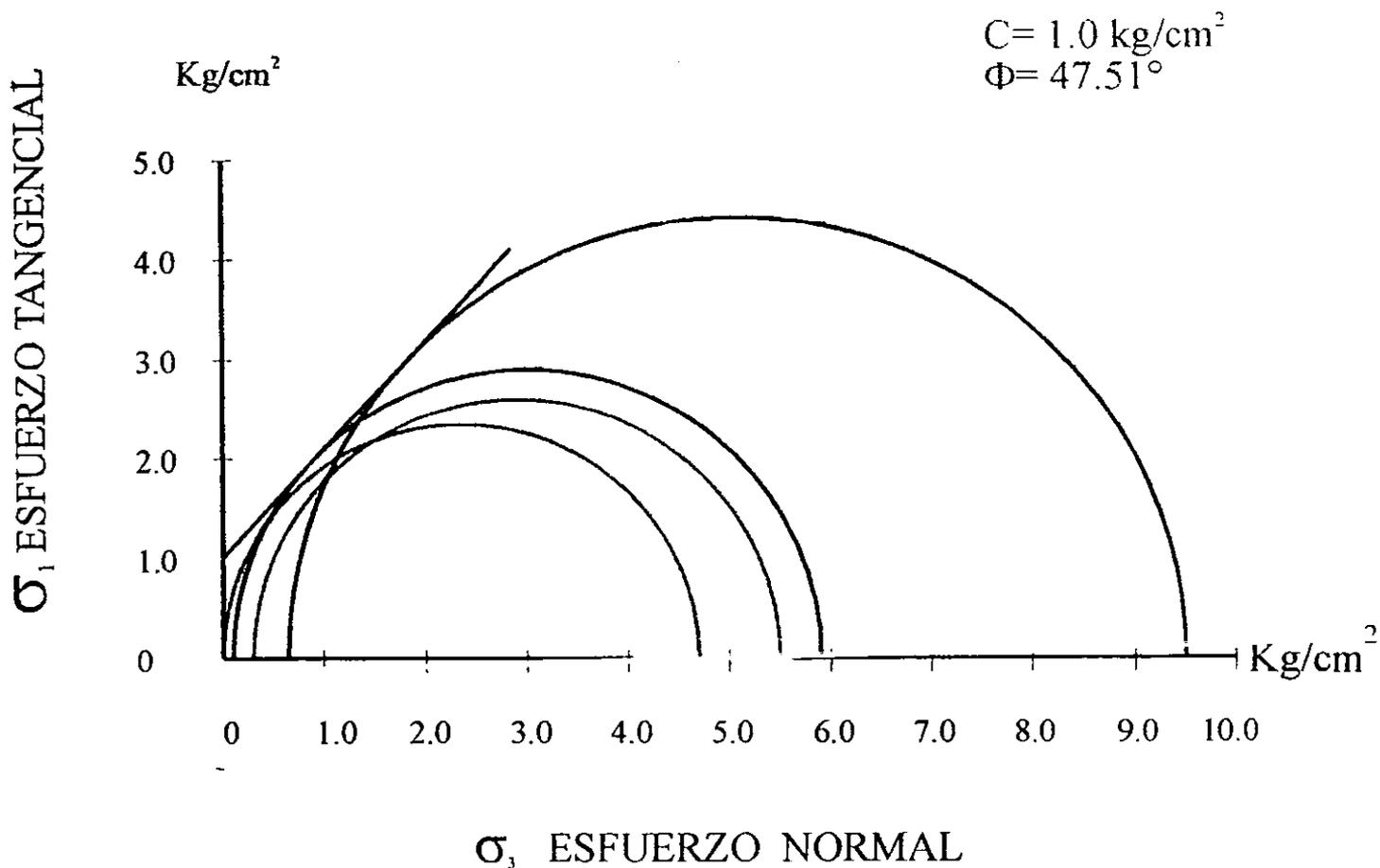


CONT. DE HUM	
Wm + T	101.19
Wd + T	98.30
W T	12.28
W %	3.40

PRUEBA	P.V.H.	P.V.S.	W _o %	σ _m	G _o %	σ' 3	ENF MAX
						Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	1.245	1.200	2.7	0.738	8.4	0.100	4.43
2	1.480	1.440	3.3	0.818	11.3	0.220	4.03
3	1.227	1.485	2.8	0.763	8.8	0.500	6.88
PROM.	1.221	1.478					
						σ _o =	2.817

PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL (uu)

PROYECTO RIO HONDO, PCA 2 MARGEN IZQUIERDO



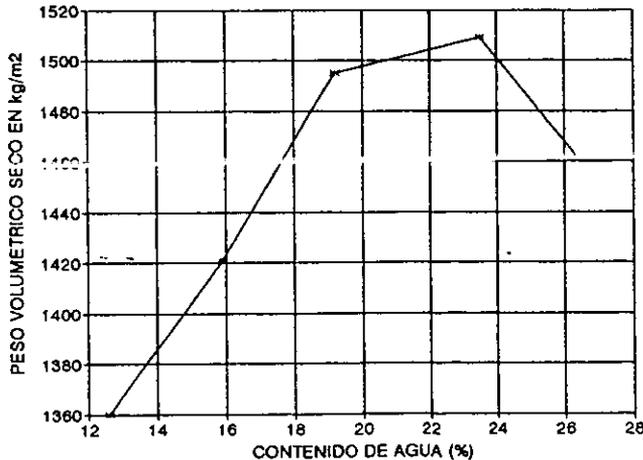
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PARA DETERMINAR: PORCENTAJE DE FINOS

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD	TARA	PESO MATERIAL SECO + TARA	PESO MATERIAL SECO DESPUES DE LAVAR + TARA.	PESO TARA	% FINOS
NO. PCA	NO. M-2	EN. m Margen Derecha	P	93.37	28.87	16.81 gr	84.2

COMPACTACION PROCTOR

PROCEDENCIA	RIO HONDO, NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO				
MUESTRA	INTEGRAL 1	POZO	PROFUNDIDAD	m	
EQUIPO USADO:	CILINDRO No.	A'	VOLUMEN V=	0.971 lts.	PESO T= 3.116 kg

PESO CILINDRO + TIERRA W=T+WH	TIERRA HUMEDA COMPACTADA WH=W-T	TARA	PESO TARA	TARA + MUESTRA HUMEDA	TARA + MUESTRA SECA	Ww PESO AGUA	Ws PESO SECO	w=100Ww/Ws CONTENIDO DE AGUA (%)	Ws2=WH/(1+(w/100)) TIERRA SECA COMPACTADA	$\gamma = Ws2/V$ PESO VOLUMETRICO SECO kg/m3
4603		647	10.6	56.68	51.54			12.6		1360
4715		580	10.85	62.32	55.27			15.9		1421
4846		575	10.59	64.02	55.4			19.2		1495
4925		491	10.63	75.47	63.13			23.5		1509
4909		494	10.49	87.13	71.12			26.4		1451



γ_{opt}	1530	kg/m3
w opt	21.5	%
θ		
G	%	

OBSERVACIONES
 ARENA CAFE OSCURO ARCILLOSA CON
 MATERIA ORGANICA.

FECHA 07/04/95

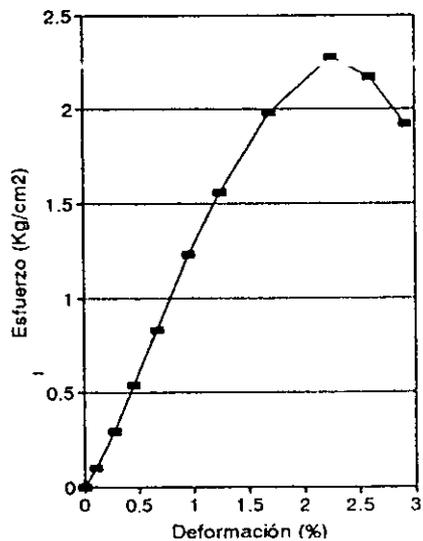
COMPRESION AXIAL (q_u)

PROCEDENCIA: RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEXICO	TIPO DE MUESTRA: PCA	FECHA: ABRIL, 1995
NO. MUESTRA: MC-1	PROFUNDIDAD:	
DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARENA CAFE OSCURO, ARCILLA CON MATERIA ORGANICA		

LECTURA MICR.	LECTURA ANILLO	DEFORM. %	ESF. DES. Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	2.00	0.11	0.10
0.25	6.00	0.26	0.29
0.40	11.30	0.45	0.54
0.60	17.50	0.67	0.83
0.95	26.00	0.96	1.23
1.10	33.10	1.24	1.56
1.60	42.50	1.69	1.96
2.00	46.90	2.25	2.26
2.30	46.70	2.59	2.17
2.80	41.60	2.92	1.92

	DIAM.	DIAM.
K anillo	0.496	3.66
		3.65
WM ant (gr)	170.92	3.62
		3.64
Wm + T	198.30	D PROM.
		3.640
Ws + T	171.07	AREA (cm ²)
		10.406
WT	27.76	Hm (cm)
		0.890
W %	19.0	VOL.
		92.511
P.V.H (gr/cm ³)	1.848	P.V.S
		(gr/cm ³)
Sa		e
G %		

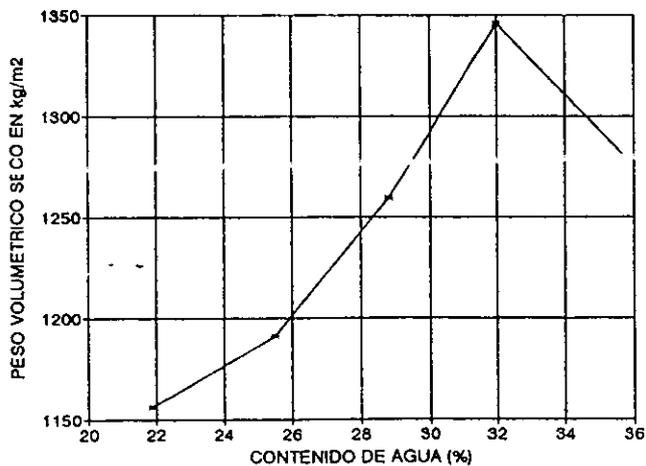
CONTENIDO DE HUMEDAD	
Wm + T	41.40
Ws + T	36.26
W + T	11.07
W %	20.4



COMPACTACION PROCTOR

PROCEDENCIA	RIO HONDO, NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO		
MUESTRA	INTEGRAL 2 POZO	PROFUNDIDAD	m
EQUIPO USADO:	CILINDRO No. A*	VOLUMEN V=	0.971 lbs. PESO T= 3.116 kg

PESO CILINDRO + TIERRA W=T+WH	TIERRA HUMEDA COMPACTADA WH=W-T	TARA	PESO TARA	TARA + MUESTRA HUMEDA	TARA + MUESTRA SECA	Ww PESO AGUA	Ws PESO SECO	w=100Ww/Ws CONTENIDO DE AGUA (%)	Ws2=WH/(1+(w/100)) TIERRA SECA COMPACTADA	$\gamma = Ws2/V$ PESO VOLUMETRICO SECO kg/m3
4434		589	10.97	61.08	52.08			21.9		1156
4567		487	10.58	56.33	47.03			25.5		1191
4691		183	7.24	68.02	52.67			28.8		1259
4841		182	7.73	59.22	46.74			32		1346
4802		181	7.58	74.82	57.1			35.8		1279



γ_{opt}	1346	kg/m3
w opt	32.5	%
B		
G		%

OBSERVACIONES
 ARCILLA CAFE CLARO ARENOSA FINA POCO LIMOSA CON MICA.

FECHA 07/04/95

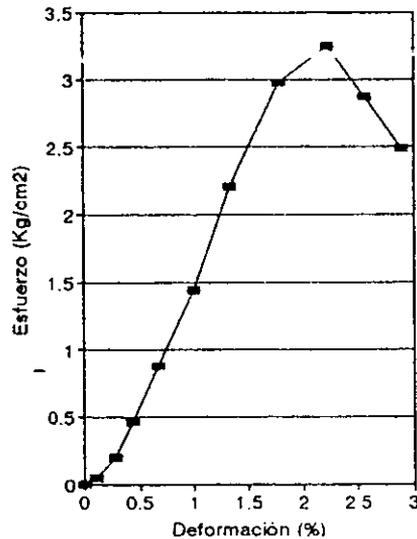
COMPRESION AXIAL (qu)

PROCEDENCIA: RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEXICO	TIPO DE MUESTRA: PCA	FECHA: ABRIL, 1995
NO. MUESTRA: MC-2	PROFUNDIDAD:	
DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA CAFE CLARO, ARENOSA FINA CON POCO LIMO Y MICAS		

LECTURA MICR.	LECTURA ANILLO	DEFORM. %	ESF. DES. Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.00	0.11	0.05
0.25	4.30	0.26	0.20
0.40	9.80	0.44	0.46
0.60	19.00	0.67	0.68
0.90	31.20	1.00	1.44
1.20	40.00	1.33	2.21
1.60	65.00	1.78	2.98
2.00	71.20	2.22	3.25
2.30	63.20	2.56	2.87
2.60	55.00	2.89	2.49

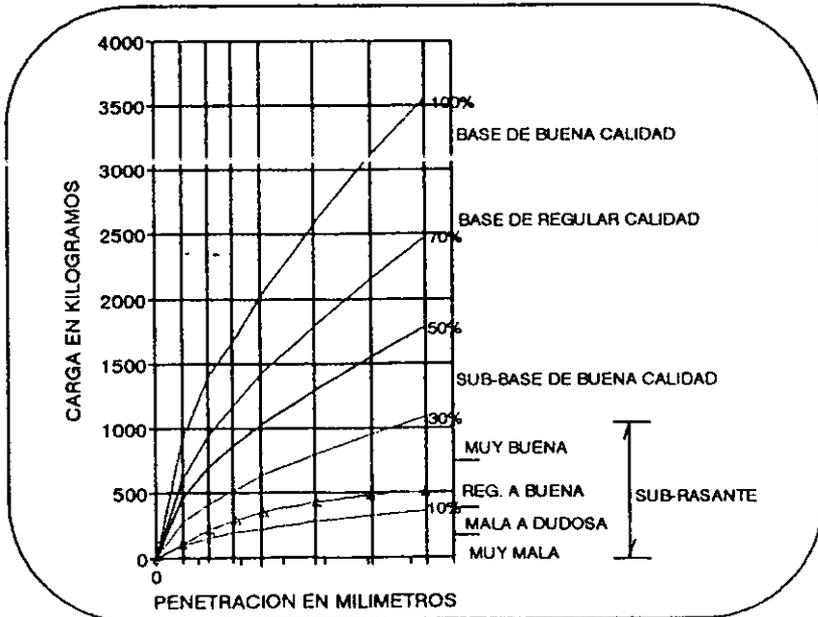
	DIAM.	DIAM.
K anillo	0.496	3.65
		3.69
WM ant (gr)	163.84	3.65
		3.64
Wm + T	190.25	D PROM.
		3.678
We + T	154.82	AREA (cm ²)
		10.627
WT	26.69	Hm (cm)
		9.00
W %	27.7	VOL
		95.639
P.V.H (gr/cm3)	1.713	P.V.S (gr/cm3)
		e
Se		
G %		

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Wm + T	45.98
We + T	40.11
W + T	10.79
W %	30.2



VALOR RELATIVO DE SOPORTE

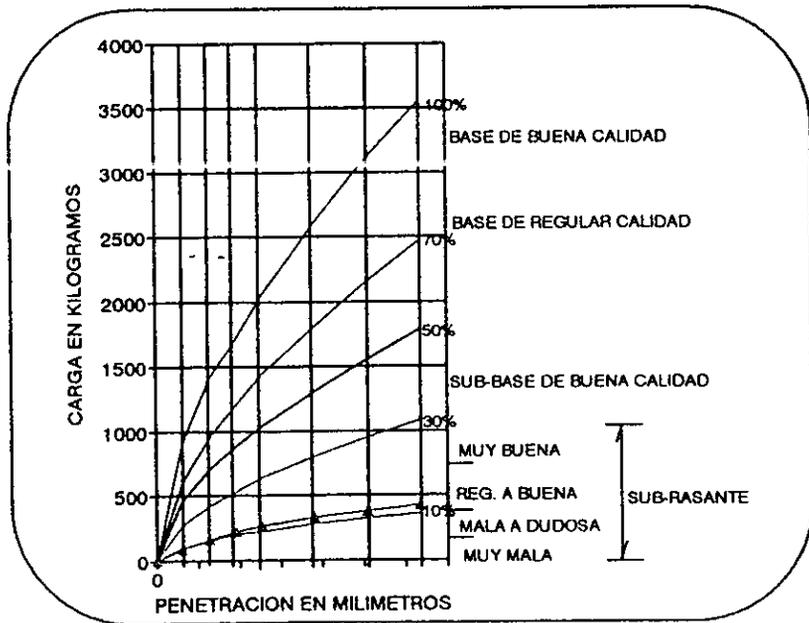
PROCEDENCIA	RIO HONDO, NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO		
SONDEO No.	POZO No.	PROFUNDIDAD	m
CLASIFICACION	ARENA CAFE OSCURO ARCILLOSA CON MATERIA ORGANICA Y ALGUNAS GRAVAS.		
OBSERVACIONES	MUESTRA INTEGRAL 1		
		FECHA	07/ABRIL/1995



PORTER SATURADA		
Peso seco		
Peso húmedo		
Agua agregada		
Altura molde		
Altura faltante		
Altura del material		12.67 cm
Area 182		
Volumen		
P.V.H.		
P.V.S.		
H.O.		22.3 %
% Exp.		+0.22%
% V.R.S.		15.7 %
1.27	27	103
2.54	56	214
3.81	76	290
5.08	92	352
7.62	113	432
10.16	127	485
12.7	132	505
Molde No.	9	
Extensión No.		
Lec. Inicial		1.008
Lec. Final		0.98
K=		3.822

VALOR RELATIVO DE SOPORTE

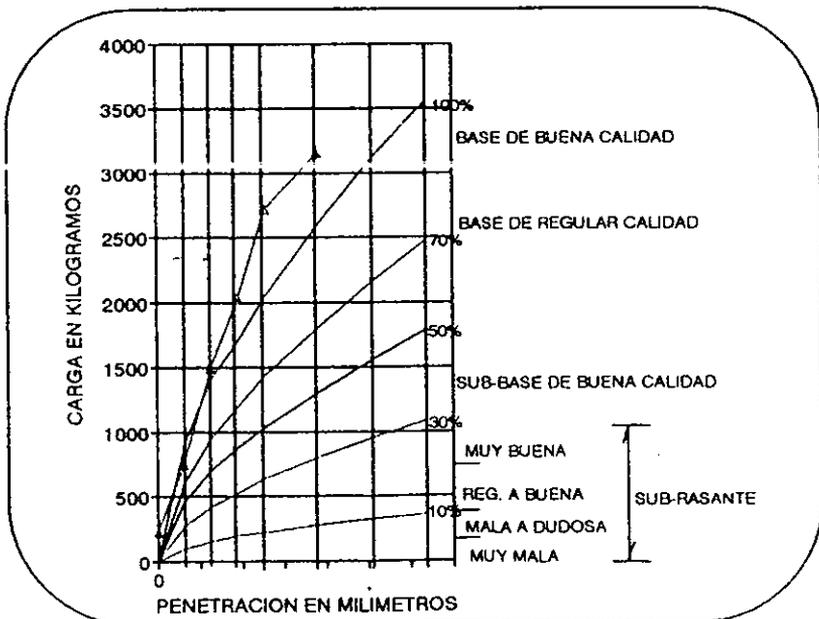
PROCEDENCIA	RIO HONDO, NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO		
SONDEO No.	POZO No.	PROFUNDIDAD	m
CLASIFICACION	ARCILLA CAFE CLARO ARENOSA FINA POCO LIMOSA CON MICA.		
OBSERVACIONES	MUESTRA INTEGRAL 2		
		FECHA	07/ABRIL/1995



PORTER SATURADA		
Peso seco		
Peso húmedo		
Agua agregada		
Altura molde		
Altura faltante		
Altura del material		12.65 cm
Area 182		
Volumen		
P.V.H.		
P.V.S.		
H.O.		33.8 %
% Exp.		+0.51 %
% V.R.S.		15.7 %
1.27	22	84
2.54	42	160
3.81	57	218
5.08	69	264
7.62	86	329
10.16	99	378
12.7	112	428
Molde No.	5	
Extensión No.		
Lec. Inicial		1.955
Lec. Final		1.890
K=		3.822

VALOR RELATIVO DE SOPORTE

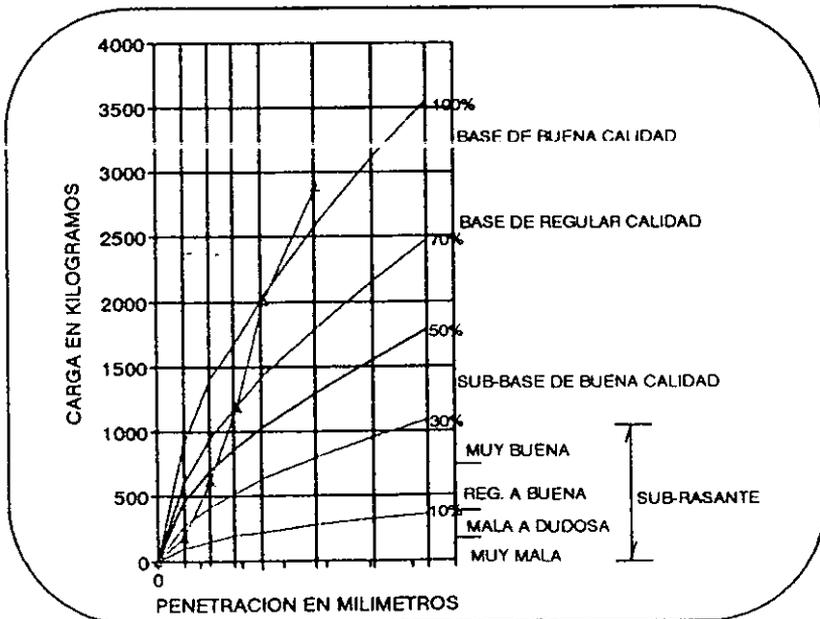
PROCEDENCIA	RIO HONDO, NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO		
SONDEO No.	POZO No.	PROFUNDIDAD	m
CLASIFICACION	ARENA CAFE GRISACEO CON GRAVAS Y POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO.		
OBSERVACIONES:	MUESTRA INTEGRAL 3		
		FECHA	07/ABRIL/1995



PORTER SATURADA		
Peso seco	9078 gr	
Peso húmedo	3952 gr	
Agua agregada		
Altura molde	12.68 cm	
Altura faltante	1.55 cm	
Altura del material	11.13 cm	
Area 182	195.075 cm ²	
volumen	2171 cm ³	
P.V.H.	1.820 gr/cm ³	
P.V.S.	1.591 gr/cm ³	
H.O.	14.4 %	
% Exp.	+0.13%	
% V.R.S.	80.1 %	
1.27	59	225
2.54	196	749
3.81	390	1491
5.08	530	2026
7.62	711	2717
10.16	825	3153
12.7		
Molde No.	7	
Extensión No.		
Lec. Inicial		2.805
Lec. Final		2.790
K=		3.822

VALOR RELATIVO DE SOPORTE

PROCEDENCIA	RIO HONDO, NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO		
SONDEO No.	POZO No.	PROFUNDIDAD	m
CLASIFICACION	ARENA CAFE GRISACEO CON GRAVAS, MICAS Y POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO.		
OBSERVACIONES:			
MUESTRA INTEGRAL 4			
		FECHA	07/ABRIL/1995



PORTER SATURADA		
Peso seco	10458 gr	
Peso húmedo	4961 gr	
Agua agregada		
Altura molde	12.66 cm	
Altura faltante	0.57 cm	
Altura del material	12.09 cm	
Area 182	195.323 cm ²	
Volumen	2361 cm ³	
P.V.H.	2.101 gr/cm ³	
P.V.S.	1.693 gr/cm ³	
H.O.	11.0 %	
% Exp.	-0.10%	
% V.R.S.	68.4 %	
1.27	47	180
2.54	163	623
3.81	310	1185
5.08	525	2007
7.62	755	2886
10.16		
12.7		
Molde No.	8	
Extensión No.		
Lec. Inicial		1.018
Lec. Final		1.030
K=		3.822

LIMITES DE CONSISTENCIA

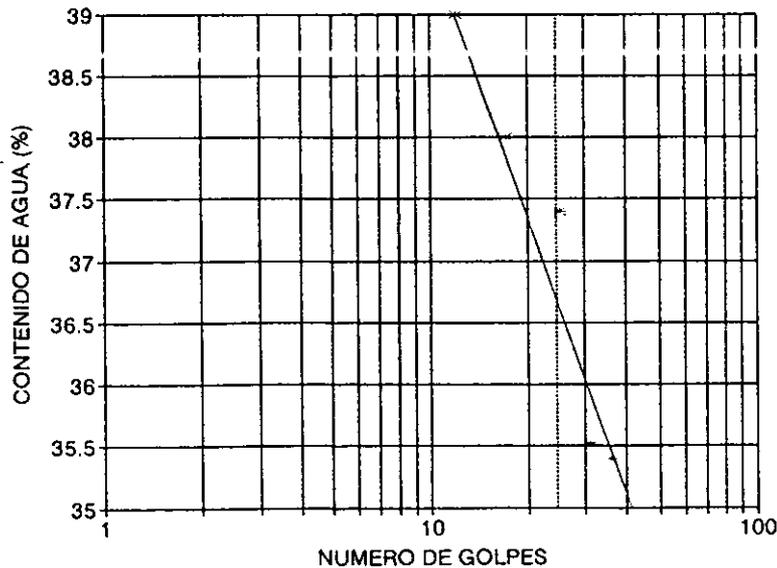
PROCEDENCIA RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEX.		TIPO MUESTRA	MUESTRA INTEGRAL (COSTAL 1)
NO. MUESTRA	M-1	PROFUNDIDAD DE:	A
DESCRIPCION DEL MATERIAL		ARENA FINA CAFE OSCURO ARCILLOSA CON MATERIA ORGANICA.	

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	TARA No.	Wm+T gr	Wd+T gr	TARA gr	Ww gr	Ws gr	w %
36	149	19.68	17.03	9.54			35.4
25	151	22.03	18.74	9.95			37.4
17	185	22.13	18.71	9.7			38
12	102	21.53	18.16	9.52			39

LIMITE PLASTICO

	85	15.88	14.94	9.3			16.7
	180	16.18	15.22	9.99			18.4



CONTRACCION LINEAL	
BARRA No.	2
LEC. INI.	10.03
LEC. FIN.	9.3
C.L.(%)	7.3

RESULTADOS	
LL (%)	36.7
LP (%)	17.6
IP (%)	19.1
SUCS	CL

LIMITES DE CONSISTENCIA

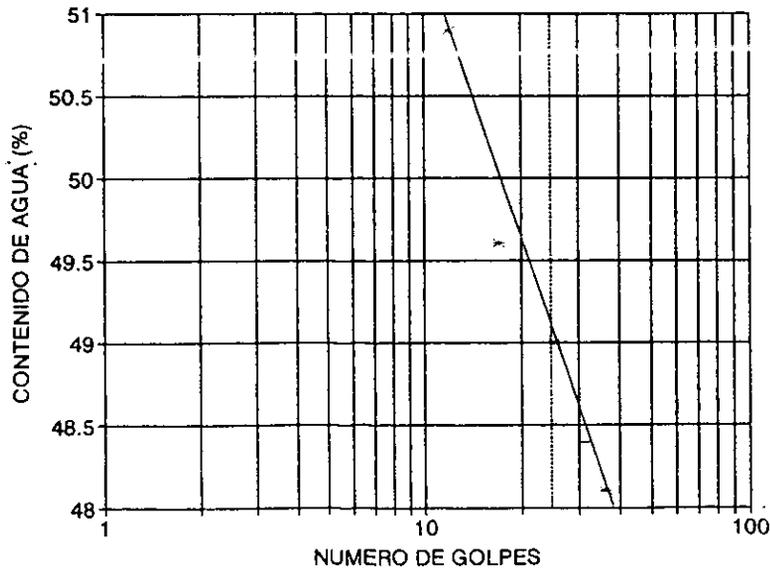
PROCEDENCIA RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEX.		TIPO MUESTRA	MUESTRA INTEGRAL (COSTAL 2)
NO. MUESTRA	M-2	PROFUNDIDAD DE:	A
DESCRIPCION DEL MATERIAL		ARCILLA CAFE CLARO POCO LIMOSA CON POCA ARENA FINA Y MICA.	

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	TARA No.	Wm+T gr	Wd+T gr	TARA gr	Ww gr	Ws gr	w %
36	77	20.57	16.9	9.27			48.1
25	33	20.73	17.5	9.54			49
17	175	20.57	17.02	9.86			49.6
12	128	20.87	17.07	9.61			50.9

LIMITE PLASTICO

	73	15.92	14.48	9.66			29.9
	34	15.88	14.44	9.6			29.8



CONTRACCION LINEAL	
BARRA No.	3
LEC. INI	9.98
LEC. FIN.	9.2
C.L. (%)	7.8

RESULTADOS	
LL (%)	49
LP (%)	29.8
IP (%)	19.2
SUCS	ML

LIMITES DE CONSISTENCIA

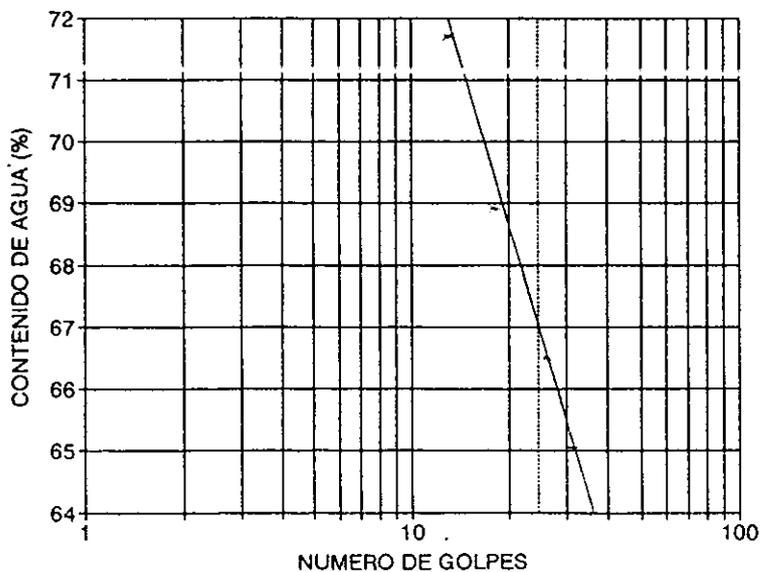
PROCEDENCIA RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEX.		TIPO MUESTRA	PCA MARGEN DERECHA
NO. MUESTRA	M-2	PROFUNDIDAD DE:	A
DESCRIPCION DEL MATERIAL		ARCILLA CAFE OSCURO CON MATERIA ORGANICA Y POCA ARENA FINA.	

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES		TARA No.	Wm+T gr	Wd+T gr	TARA gr	Ww gr	Ws gr	w %
36		46	19.5	15.4	8.99			64
26		111	17.92	14.73	9.93			66.5
18		107	18.63	14.87	9.41			68.9
13		1	21.88	16.68	9.13			71.7

LIMITE PLASTICO

		49	15.48	14.07	9.51			30.9
		44	16.22	14.71	10			32.1



CONTRACCION LINEAL

BARRA No.	
LEC. INI.	
LEC. FIN.	
C.L.(%)	

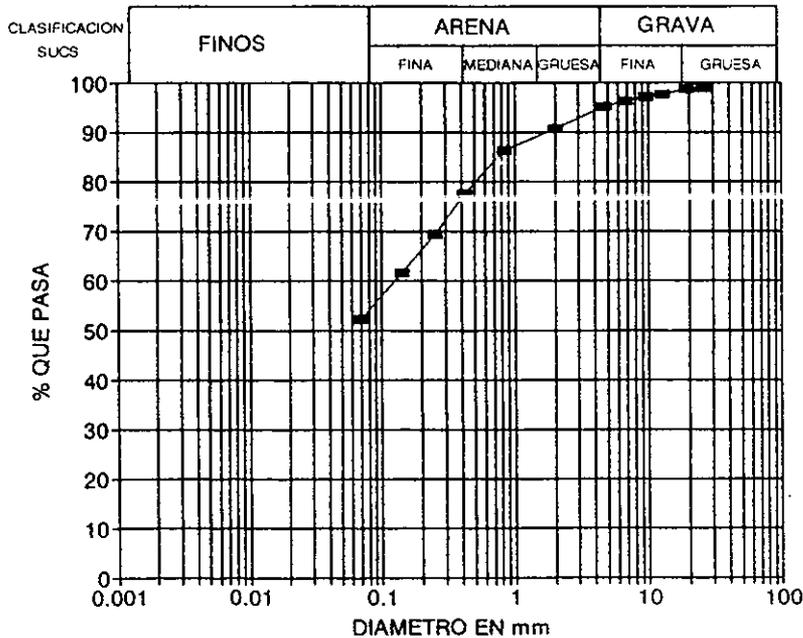
RESULTADOS

LL (%)	66.8
LP (%)	31.5
IP (%)	35.3
SUCS	CH

ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA RIO HONDO	FECHA ABRIL, 1995
LOCALIZACION NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO	LABORATORISTA IGC, S.A. DE C.V.
TIPO DE MUESTRA: MUESTRA INTEGRAL (COSTAL 1)	CLAVE DE LA MUESTRA: M-1
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: ARENA FINA CAFE OSCURO ARCILLOSO CON MATERIA ORGANICA	PESO DEL MATERIAL 7356 gr

MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %	MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %
3"	76.2								
2"	50.8				10	2.00	5.33	4.4	90.7
1 1/2"	38.1				20	0.84	5.2	4.4	86.3
1"	25.4	83	1.1	98.9	40	0.42	10.74	8.9	77.4
3/4"	19.1	12	0.2	96.7	60	0.25	9.87	8.2	69.2
1/2"	12.7	70	1	97.7	100	0.14	9.28	7.7	61.5
3/8"	9.5	42	0.6	97.1	200	0.07	11.19	9.3	52.2
1/4"	6.7	61	0.8	96.3					
No.4	4.7	85	1.2	95.1					
PASA No 4		7003	95.2		PASA 200				
GRAVA	4.9	%	ARENA	42.9	%	FINOS	52.2	%	
TESTIGO DE HUMEDAD									
PESO HUMEDO+TARA		gr	TARA No.		gr				
PESO SECO+TARA		gr	PESO TARA		gr	Wd	115.02	gr	

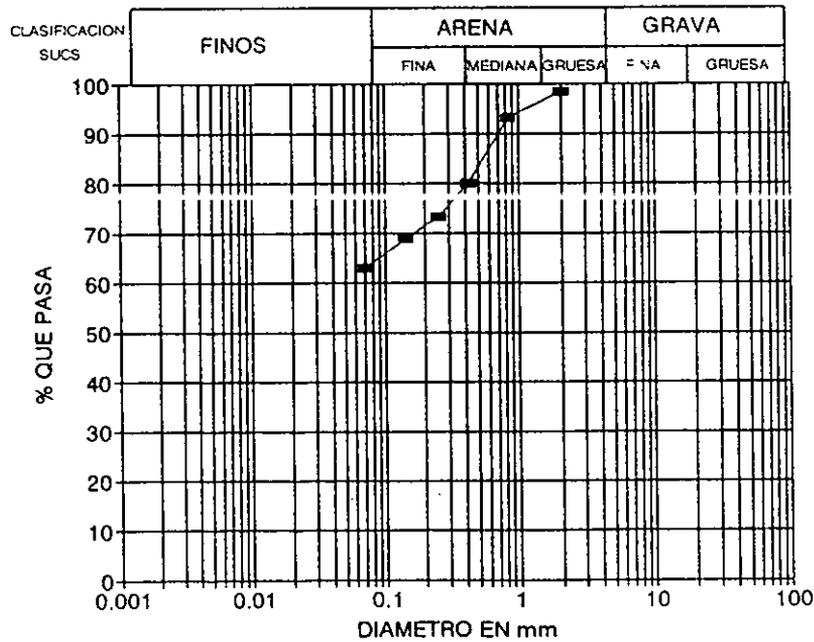


D10 =	0.0036	Cu =	38.89	OBSERVACIONES
D30 =	0.015	Cc =	0.45	
D60 =	0.14	CLASIFICACION SUCS	CL	

ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA RIO HONDO	FECHA ABRIL, 1995
LOCALIZACION NAUCALPAN, ESTADO DE MEXICO	LABORATORISTA IGC, S.A. DE C.V.
TIPO DE MUESTRA: MUESTRA INTEGRAL (COSTAL 2)	CLAVE DE LA MUESTRA: M-2
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: ARCILLA CAFE CLARO POCO LIMOSA CON POCA ARENA FINA Y MICA	PESO DEL MATERIAL g

MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO g	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %	MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO g	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %
3"	76.2								
2"	50.8				10	2.00	1.52	1.7	98.3
1 1/2"	38.1				20	0.84	4.73	5.3	93
1"	25.4				40	0.42	11.78	13.1	79.9
3/4"	19.1				60	0.25	6	6.7	73.2
1/2"	12.7				100	0.14	3.96	4.4	68.8
3/8"	9.5				200	0.07	5.29	5.9	62.9
1/4"	6.7								
No.4	4.7								
PASA No.4					PASA 200				
GRAVA	%	ARENA	37.1	%	FINOS	62.9	%		
TESTIGO DE HUMEDAD									
PESO HUMEDO + TARA	g	TARA No.		g					
PESO SECO + TARA	g	PESO TARA		g	Wd	89.63	g		

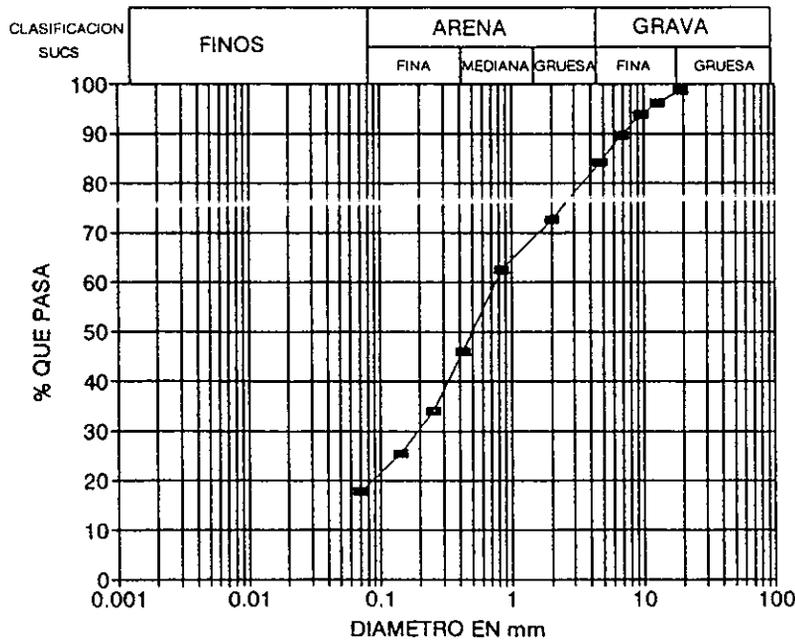


D10 = 0.001	Cu = 520.00	OBSERVACIONES
D30 = 0.0019	Cc = 0.01	
D60 = 0.52	CLASIFICACION SUCS ML	

ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA RIO HONDO	FECHA ABRIL, 1995
LOCALIZACION NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO	LABORATORISTA IGC, S.A. DE C.V.
TIPO DE MUESTRA: MUESTRA INTEGRAL (COSTAL 3)	CLAVE DE LA MUESTRA: M-3
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: ARENA CAFE GRISACEO CON GRAVAS Y POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO	PESO DEL MATERIAL 5441 gr

MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %	MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %
3"	76.2								
2"	50.8				10	2.00	13.78	11.6	72.5
1 1/2"	38.1				20	0.84	11.99	10.1	62.4
1"	25.4				40	0.42	19.69	16.6	45.5
3/4"	19.1	73	1.3	98.7	60	0.25	14.03	11.8	34
1/2"	12.7	148	2.7	96	100	0.14	10.26	8.7	25.3
3/8"	9.5	117	2.2	93.8	200	0.07	8.95	7.6	17.7
1/4"	6.7	229	4.2	89.6					
No.4	4.7	300	5.5	84.1					
PASA No.4		4574	84.1		PASA 200				
GRAVA	15.9	%	ARENA	66.4	%	FINOS	17.7	%	
TESTIGO DE HUMEDAD									
PESO HUMEDO + TARA		gr	TARA No.		gr				
PESO SECO + TARA		gr	PESO TARA		gr	Wd	99.66	%	

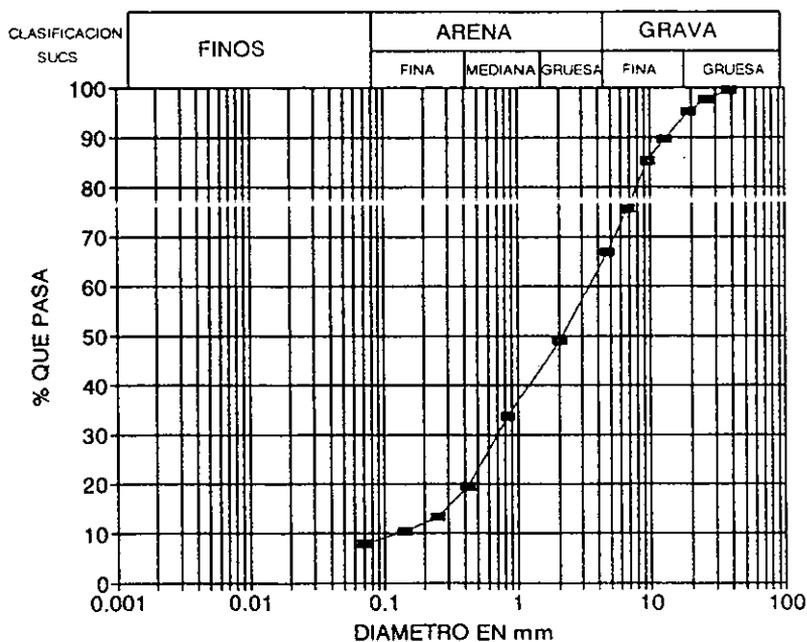


D10 = 0.0035	Cu = 214.29	OBSERVACIONES
D30 = 0.2	Cc = 15.24	
D60 = 0.75	CLASIFICACION SUCS. SM-SC	

ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA RIO HONDO	FECHA ABRIL, 1995
LOCALIZACION NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO	LABORATORISTA IGC, S.A. DE C.V.
TIPO DE MUESTRA: MUESTRA INTEGRAL (COSTAL 4)	CLAVE DE LA MUESTRA: M-4
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: ARENA CAFE GRISACEO OBSCURO CON GRAVAS, MICAS Y FINOS DE LIMO NO COHESIVO	PESO DEL MATERIAL 16501 gr

MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %	MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %
3"	76.2								
2"	50.8				10	2.00	56.19	17.9	48.9
1 1/2"	38.1	102	0.6	99.4	20	0.84	48.02	15.3	33.6
1"	25.4	300	1.8	97.6	40	0.42	44.53	14.2	19.4
3/4"	19.1	400	2.4	95.2	60	0.25	19.03	6.1	13.3
1/2"	12.7	922	5.6	89.6	100	0.14	9.86	3.1	10.2
3/8"	9.5	725	4.4	85.2	200	0.07	7.66	2.4	7.8
1/4"	6.7	1600	9.7	75.5					
No.4	4.7	1435	8.7	66.8					
PASA No.4		11017	66.8		PASA 200				
GRAVA	33.2	%	ARENA	59	%	FINOS	7.8	%	
TESTIGO DE HUMEDAD									
PESO HUMEDO + TARA			gr	TARA No.	XXX	gr			
PESO SECO + TARA	265.1	gr	PESO TARA	57.29	gr	Wd	209.52	gr	

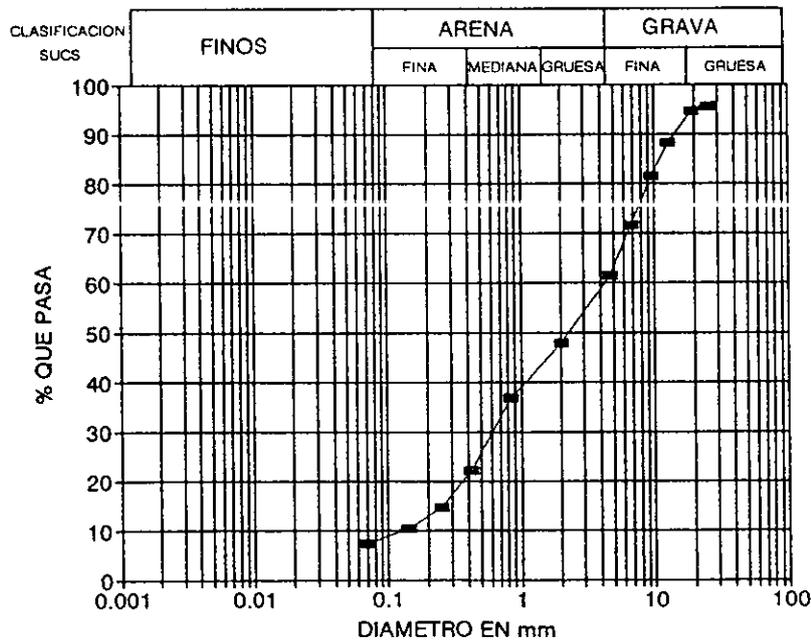


D10 = 0.0035	Cu = 214.29	OBSERVACIONES
D30 = 0.2	Cc = 15.24	
D60 = 0.75	CLASIFICACION SUCS.	SW-SM

ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA RIO HONDO	FECHA ABRIL, 1995
LOCALIZACION NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO	LABORATORISTA IGC, S.A. DE C.V.
TIPO DE MUESTRA: POZO A CIELO ABIERTO	CLAVE DE LA MUESTRA: CUBICA 1 IZQUIERDA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: GRAVAS EMPACADAS EN ARENA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO.	PESO DEL MATERIAL 3488 gr

MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %	MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %
3"	76.2				10	2.00	47.41	13.5	47.8
2"	50.8				20	0.84	38.76	11.1	36.7
1 1/2"	38.1				40	0.42	50.72	14.5	22.2
1"	25.4	157	4.5	95.5	60	0.25	26.56	7.6	14.6
3/4"	19.1	30	0.9	94.6	100	0.14	14.38	4.1	10.5
1/2"	12.7	226	6.5	88.1	200	0.07	11.06	3.2	7.3
3/8"	9.5	229	6.6	81.5					
1/4"	6.7	346	10	71.5					
No.4	4.7	352	10.2	61.3					
PASA No.4		2126	61.3		PASA 200				
GRAVA	38.7	%	ARENA	54	%	FINOS	7.3	%	
TESTIGO DE HUMEDAD									
PESO HUMEDO + TARA		gr	TARA No.	N-013	gr				
PESO SECO + TARA	269.03	gr	PESO TARA	54.26	gr	Wd	214.75	gr	

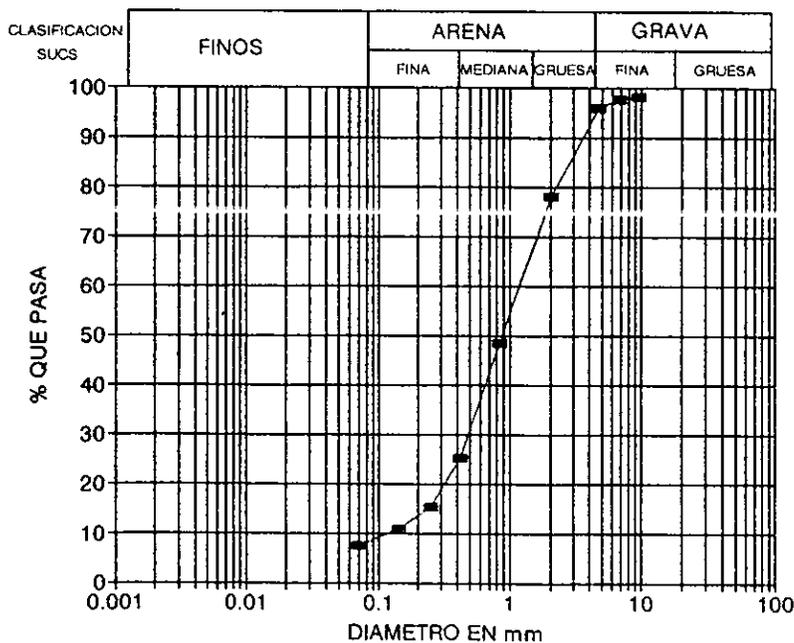


D10 =	0.14	Cu =	31.43	OBSERVACIONES
D30 =	0.6	Cc =	0.58	
D60 =	4.4	CLASIFICACION SUCS	SM-SC	

ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA RIO HONDO	FECHA ABRIL, 1995
LOCALIZACION NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO	LABORATORISTA IGC, S.A. DE C.V.
TIPO DE MUESTRA: POZO A CIELO ABIERTO	CLAVE DE LA MUESTRA: CUBICA 2 IZQUIERDA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: ARENA FINA, MEDIA Y GRUESA ALGUNAS GRAVAS FINAS Y P/FINOS DE LIMO GRIS VERDOSO CL.	PESO DEL MATERIAL gr

MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %	MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %
3"	76.2								
2"	50.8				10	2.00	19.52	18	77.9
1 1/2"	38.1				20	0.84	32.06	29.6	48.3
1"	25.4				40	0.42	24.98	23.1	25.2
3/4"	19.1				60	0.25	10.72	9.9	15.3
1/2"	12.7				100	0.14	4.8	4.4	10.9
3/8"	9.5	2.09	1.9	98.1	200	0.07	3.68	3.4	7.5
1/4"	6.7	0.48	0.4	97.7					
No.4	4.7	1.93	1.8	95.9					
PASA No.4					PASA 200				
GRAVA	4.1	%	ARENA	88.4	%	FINOS	7.5	%	
TESTIGO DE HUMEDAD									
PESO HUMEDO+ TARA		gr	TARA No.	363	gr				
PESO SECO+ TARA		gr	PESO TARA	27.66	gr	Wd	108.28	gr	

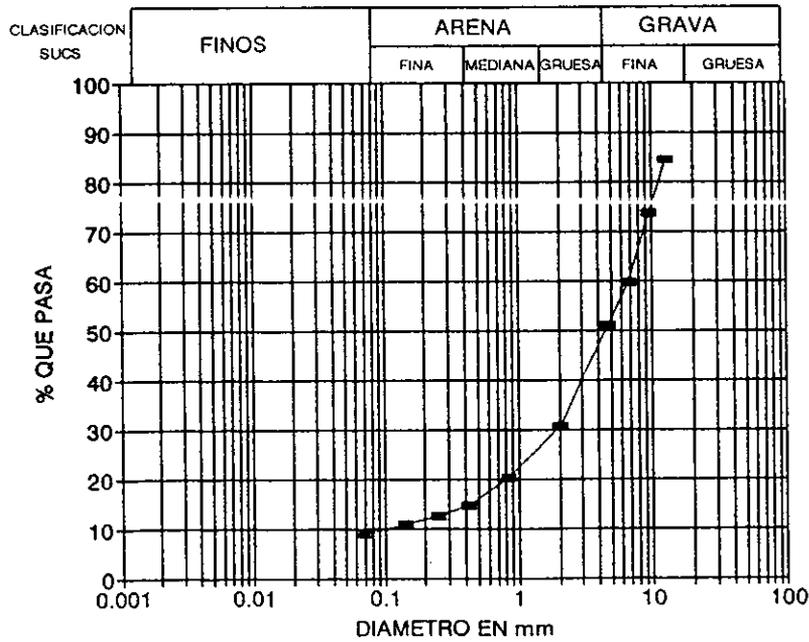


D10=	0.13	Cu=	10.00	OBSERVACIONES
D30=	0.49	Cc=	1.42	
D60=	1.3	CLASIFICACION SUCS	CH	

ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA RIO HONDO	FECHA ABRIL, 1995
LOCALIZACION NAUCALPAN, ESTADO DE MEXICO	LABORATORISTA IGC, S.A. DE C.V.
TIPO DE MUESTRA: POZO A CIELO ABIERTO	CLAVE DE LA MUESTRA: M-3 MARGEN IZQUIERDO
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: GRAVAS, ALGUNAS PUMITICAS CON POCOS FINOS LIMOSOS, CAFE CLARO.	PESO DEL MATERIAL gr

MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %	MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %
3"	76.2								
2"	50.8				10	2.00	50.56	20.4	30.6
1 1/2"	38.1				20	0.84	29.56	10.3	20.3
1"	25.4				40	0.42	14.11	5.7	14.6
3/4"	19.1				60	0.25	4.9	2	12.6
1/2"	12.7	38.45	15.5	84.5	100	0.14	4	1.6	11
3/8"	9.5	26.98	10.9	73.6	200	0.07	5.06	2	9
1/4"	6.7	34.2	13.8	59.8					
No.4	4.7	21.81	8.8	51					
PASA No.4					PASA 200				
GRAVA	49	%	ARENA	42	%	FINOS	9	%	
TESTIGO DE HUMEDAD									
PESO HUMEDO+TARA		gr	TARA No.	A-1		gr			
PESO SECO+TARA	299.42	gr	PESO TARA	50.97		gr	Wd	248.45	gr

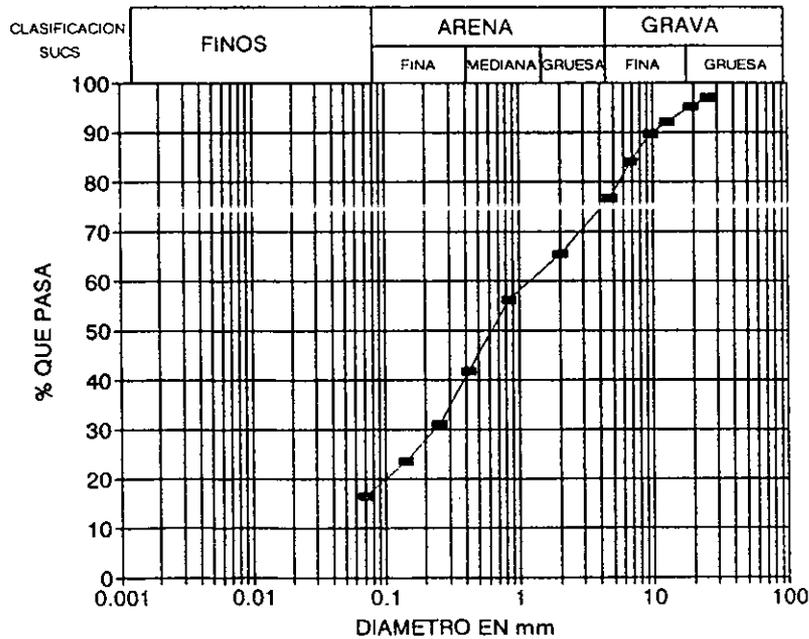


D10=	0.09	Cu=	76.67	OBSERVACIONES
D30=	1.9	Cc=	5.81	
D60=	6.9	CLASIFICACION SUCS	SW-SM	

ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA RIO HONDO	FECHA ABRIL, 1995
LOCALIZACION NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO	LABORATORISTA IGC, S.A. DE C.V.
TIPO DE MUESTRA: POZO A CIELO ABIERTO	CLAVE DE LA MUESTRA: CUBICA 1 MARGEN DERECHA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: ARENAS Y GRAVAS DE APARIENCIA PUMITICA.	PESO DEL MATERIAL 1177 gr

MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %	MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %
3"	76.2				10	2.00	21.23	11.1	85.4
2"	50.8				20	0.84	17.74	9.3	56.1
1 1/2"	38.1				40	0.42	27.53	14.4	41.7
1"	25.4	37	3.1	98.9	60	0.25	20.36	10.7	31
3/4"	19.1	21	1.8	95.1	100	0.14	14.42	7.6	23.4
1/2"	12.7	37	3.1	92	200	0.07	13.33	7	16.4
3/8"	9.5	29	2.5	89.5					
1/4"	6.7	66	5.6	83.9					
No.4	4.7	87	7.4	76.5					
PASA No.4		600	76.5		PASA 200				
GRAVA	23.5	%	ARENA	60.1	%	FINOS	16.4	%	
TESTIGO DE HUMEDAD									
PESO HUMEDO+TARA		gr	TARA No.	N-010		gr			
PESO SECO+TARA	202.07	gr	PESO TARA	56.11	gr	Wd	145.96	gr	

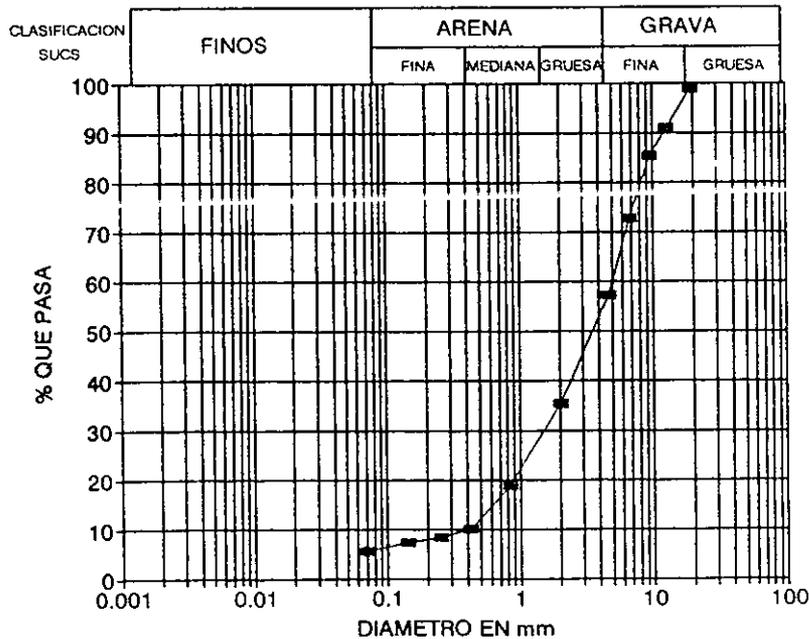


D10 =	0.042	Cu =	33.33	OBSERVACIONES
D30 =	0.24	Cc =	0.98	
D60 =	1.4	CLASIFICACION SUCS	SM-SC	

ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA RIO HONDO	FECHA ABRIL, 1995
LOCALIZACION NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO	LABORATORISTA IGC, S.A. DE C.V.
TIPO DE MUESTRA: POZO A CIELO ABIERTO	CLAVE DE LA MUESTRA: CUBICA 3 MARGEN DERECHA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: GRAVAS Y ARENAS PUMITICAS.	PESO DEL MATERIAL 375 gr

MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %	MALLA No.	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	PARCIAL RETENIDO %	ACUMULADO QUE PASA %
3"	76.2				10	2.00	33.58	21.7	35.4
2"	50.8				20	0.84	25.6	16.6	18.1
1 1/2"	38.1				40	0.42	13.51	8.7	10.1
1"	25.4				60	0.25	2.63	1.6	8.3
3/4"	19.1	4	1.1	96.9	100	0.14	1.72	1.1	7.2
1/2"	12.7	30	8	90.9	200	0.07	2.66	1.7	5.5
3/8"	9.5	21	5.6	85.3					
1/4"	6.7	47	12.5	72.8					
No.4	4.7	59	15.7	57.1					
PASA No.4		214	57.1		PASA 200				
GRAVA	42.9	%	ARENA	51.6	%	FINOS	5.5	%	
TESTIGO DE HUMEDAD									
PESO HUMEDO + TARA		gr	TARA No.		A-M	gr			
PESO SECO + TARA	143.32	gr	PESO TARA	55.13	gr	Wd	88.19	gr	



D10 =	0.42	Cu =	11.90	OBSERVACIONES
D30 =	1.6	Cc =	1.22	
D60 =	5	CLASIFICACION SUCS	SW-SC	

RESULTADOS DEL ANALISIS DE DENSIDAD DE SOLIDOS.

MUESTRA	COSTAL INTEGRAL 4	
PROFUNDIDAD		
MATRAZ NO.	4	6
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA	291.7	291.22
PESO DEL AGUA + MATRAZ	231.13	230.62
PESO DE SOLIDOS	60.57	60.6
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA T°	716.76	715.3
TEMPERATURA DEL MATRAZ	26.4°	26.5°
ρ_0	0.99667	0.99667
DENSIDAD DE SOLIDOS	2.642	2.626
DENSIDAD PROMEDIO	2.634	

RESULTADOS DEL ANALISIS DE DENSIDAD DE SOLIDOS.

MUESTRA	COSTAL INTEGRAL 3	
PROFUNDIDAD		
MATRAZ NO.	1	3
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS+AGUA	287.6	291.12
PESO DEL AGUA + MATRAZ	227	230.62
PESO DE SOLIDOS	60.6	60.5
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA T°	713.1	720.59
TEMPERATURA DEL MATRAZ	26.5°	26.5°
ro	0.99667	0.99667
DENSIDAD DE SOLIDOS	2.528	2.557
DENSIDAD PROMEDIO	2.543	

RESULTADOS DEL ANALISIS DE DENSIDAD DE SOLIDOS.

MUESTRA	COSTAL INTEGRAL 2	
PROFUNDIDAD		
MATRAZ NO.	X1	X3
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA	289.25	276.62
PESO DEL AGUA + MATRAZ	228.66	215.96
PESO DE SOLIDOS	60.59	60.66
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA T°	715.68	703.22
TEMPERATURA DEL MATRAZ	26.0°	25.9°
γ_0	0.99682	0.99685
DENSIDAD DE SOLIDOS	2.555	2.551
DENSIDAD PROMEDIO	2.553	

RESULTADOS DEL ANALISIS DE DENSIDAD DE SOLIDOS.

MUESTRA	COSTAL INTEGRAL 1	
PROFUNDIDAD		
MATRAZ NO.	4	6
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS+AGUA	285.64	281.39
PESO DEL AGUA + MATRAZ	225.02	220.71
PESO DE SOLIDOS	60.52	60.68
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA T°	716.34	715.03
TEMPERATURA DEL MATRAZ	26.0°	20.0°
ρ_0	0.99682	0.99682
DENSIDAD DE SOLIDOS	2.593	2.584
DENSIDAD PROMEDIO		2.589

RESULTADOS DEL ANALISIS DE DENSIDAD DE SOLIDOS.

MUESTRA	CUBICA 1	M.IZQUIERD
PROFUNDIDAD		
MATRAZ NO.	X1	X3
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA	288.09	283.73
PESO DEL AGUA + MATRAZ	227.5	223.16
PESO DE SOLIDOS	60.59	60.57
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA T°	716.33	703.78
TEMPERATURA DEL MATRAZ	25.7°	25.6°
T0	0.99691	0.99694
DENSIDAD DE SOLIDOS	2.624	2.615
DENSIDAD PROMEDIO	2.620	

RESULTADOS DEL ANALISIS DE DENSIDAD DE SOLIDOS.

MUESTRA	CUBICA 2	M. IZQUIERD
PROFUNDIDAD		
MATRAZ NO.	1	3
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS+AGUA	283.2	286.42
PESO DEL AGUA + MATRAZ	222.63	225.87
PESO DE SOLIDOS	60.57	60.55
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA T°	713.85	721.4
TEMPERATURA DEL MATRAZ	25.5°	25.8°
γ_0	0.99697	0.99688
DENSIDAD DE SOLIDOS	2.599	2.635
DENSIDAD PROMEDIO	2.617	

RESULTADOS DEL ANALISIS DE DENSIDAD DE SOLIDOS.

MUESTRA	CUBICA 3	M. DERECHA
PROFUNDIDAD		
MATRAZ NO.	4	6
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS+AGUA	261.06	253.39
PESO DEL AGUA + MATRAZ	225.44	217.76
PESO DE SOLIDOS	35.62	35.63
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA T°	698.5	697.02
TEMPERATURA DE MATRAZ	25.5°	25.8°
ρ₀	0.99697	0.99688
DENSIDAD DE SOLIDOS	2.184	2.166
DENSIDAD PROMEDIO		2.175

RESULTADOS DEL ANALISIS DE DENSIDAD DE SOLIDOS.

MUESTRA	CUBICA 1	M. DERECHA
PROFUNDIDAD		
MATRAZ NO.	1	3
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA	278.21	290.39
PESO DEL AGUA + MATRAZ	217.63	229.84
PESO DE SOLIDOS	60.58	60.55
PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS + AGUA T°	713.41	720.64
TEMPERATURA DEL MATRAZ	26.0°	25.2°
γ₀	0.99682	0.99705
DENSIDAD DE SOLIDOS	2.556	2.543
DENSIDAD PROMEDIO	2.550	

PROYECTO: RIO HONDO NAUCALPAN ESTADO DE MEXICO

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PARA DETERMINAR: CONTENIDO DE AGUA.

MUESTRA NO.	PROF. m	TARA No.	Wm+T gr	Wd+T gr	Tara gr	W %	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PCA-02	Margen Derecha	p	117.3	93.37	16.81	31.3	Arcilla arenosa con algunas gravas finas y raicillas café oscuro.
PCA-03	Margen Izquierda	A-1	306.7	299.42	50.97	2.9	Gravas algunas pumíticas con pocos finos limosos café claro.

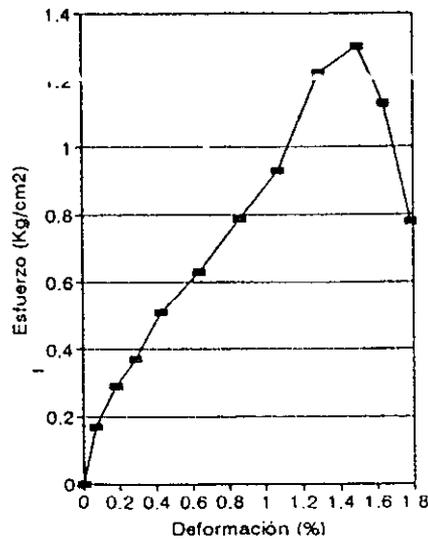
COMPRESION AXIAL (qu)

PROCEDENCIA: RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEXICO	TIPO DE MUESTRA: PCA	FECHA: ABRIL, 1995
NO. MUESTRA: MC-1	PROFUNDIDAD: MARGEN DERECHO	
DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARENA CON GRAVAS Y ESCASOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO CAFE CLARO.		

LECTURA MICR.	LECTURA ANILLO	DEFORM. %	ESF. DES. Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	3.00	0.07	0.17
0.25	5.00	0.18	0.29
0.40	6.50	0.29	0.37
0.60	9.00	0.43	0.51
0.90	11.00	0.64	0.83
1.20	14.00	0.86	0.79
1.50	17.30	1.07	0.93
1.80	21.60	1.29	1.22
2.10	23.00	1.50	1.30
2.30	20.00	1.64	1.13
2.50	13.90	1.79	0.76

	DIAM.	DIAM.
X anillo	3.622	7.70
		8.63
WM ant (gr)	1300.00	7.84
		8.49
Wm + T	149.18	D prom (cm)
Ws + T	137.79	AREA (cm ²)
		66.759
WT	26.99	Hm (cm)
		14.00
W %	10.30	VOL
		934.627
P.V.H (gr/cm ³)	1.391	P.V.S (gr/cm ³)
		1.261
Se	2.560	e
		1.022
G %	25.70	

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Wm + T	164.73
Ws + T	151.84
W + T	26.99
W %	10.30



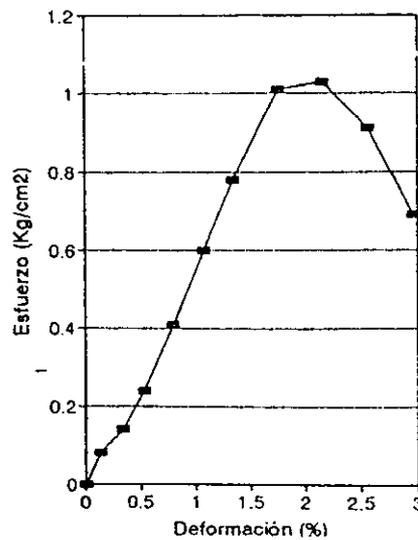
COMPRESION AXIAL (qu)

PROCEDENCIA: RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEXICO	TIPO DE MUESTRA: PCA	FECHA: ABRIL 1985
NO: MUESTRA: MC-3	PROFUNDIDAD: MARGEN DERECHA ARRIBA	
DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARENA GRUESA POCA MEDIA Y FINA CON GRAVAS Y POCOS FINOS DE LIMO GRIS VERDOSO CLARO, MATERIAL PUMITICO.		

LECTURA MICR.	LECTURA ANILLO	DEFORM. %	ESF. DES. Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	9.00	0.14	0.08
0.25	16.00	0.34	0.14
0.40	28.00	0.54	0.24
0.60	45.00	0.81	0.41
0.80	70.00	1.06	0.80
1.00	92.00	1.35	0.78
1.30	119.00	1.76	1.01
1.60	122.00	2.16	1.03
1.80	106.30	2.57	0.91
2.20	83.00	2.67	0.80

		DIAM.	DIAM.
K anillo	0.496	7.72	7.33
		7.53	7.76
WM ant (gr)	717.39	7.70	7.46
		7.83	7.40
Wm + T	122.03		
Ws + T	83.48	AREA (cm ²)	57.616
W T	28.81	Hm (cm)	14.500
W %	70.5	VOL	635.4
P.V.H (gr/cm ³)	0.850	P.V.S (gr/cm ³)	0.504
Ss	2.175	e	3.319
G %	48.20		

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Wm + T	97.50
Ws + T	64.34
W + T	12.23
W %	63.8



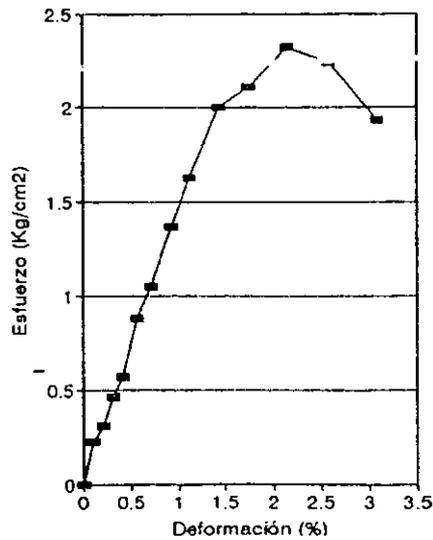
COMPRESION AXIAL (qu)

PROCEDENCIA: RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEXICO	TIPO DE MUESTRA:	PCA	FECHA: ABRIL, 1995
NO. MUESTRA: MC-1	PROFUNDIDAD: MARGEN IZQUIERDA		
DESCRIPCION DEL MATERIAL: GRAVAS EMPACADAS EN ARENA POCO LIMOSA GRS VERDOSO CLARO.			

LECTURA MICR.	LECTURA ANILLO	DEFORM. %	ESF. DES. Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	6.00	0.10	0.23
0.20	8.00	0.21	0.31
0.30	12.00	0.31	0.46
0.40	15.00	0.41	0.57
0.55	23.00	0.57	0.68
0.70	27.50	0.72	1.05
0.90	36.00	0.93	1.37
1.10	43.00	1.13	1.63
1.40	53.00	1.44	2.00
1.70	56.00	1.75	2.11
2.10	62.00	2.16	2.32
2.50	60.00	2.58	2.24
3.00	52.00	3.09	1.93

	DIAM.	DIAM.
K anillo	3.822	10.57
	10.11	11.40
WM ant (gr)	3565.00	8.25
		8.63
Wm + T	346.12	9.70
Ws + T	339.54	AREA (cm ²)
WT	56.11	Hm (cm)
W %	2.3	VOL
	1.756	P.V.S
P.V.H (gr/cm ³)	1.756	(gr/cm ³)
Ss	2.620	e
G %	11.50	0.527

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Wm + T	488.70
Ws + T	470.92
W + T	51.22
W %	4.2



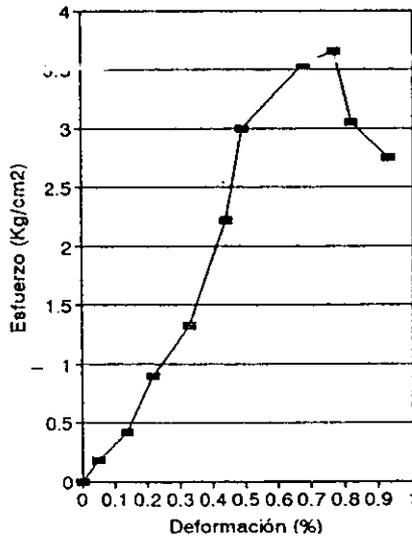
COMPRESION AXIAL (qu)

PROCEDENCIA: RIO HONDO, NAUCALPAN EDO. MEXICO	TIPO DE MUESTRA:	PCA	FECHA: ABRIL, 1995
NO. MUESTRA: MC-2	PROFUNDIDAD: MARGEN IZQUIERDO		
DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARENA FINA, MEDIA Y GRUESA CON ALGUNAS GRAVAS FINAS Y POCOS FINOS DE LIMO GRIS VERDOSO CLARO Y MICAS.			

LECTURA MICR.	LECTURA ANILLO	DEFORM. %	ESF. DES. Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	3.00	0.05	0.16
0.25	7.00	0.14	0.42
0.40	15.00	0.22	0.90
0.60	22.00	0.33	1.32
0.80	37.00	0.44	2.22
0.90	50.00	0.49	3.00
1.25	59.00	0.66	3.54
1.40	61.00	0.77	3.65
1.50	51.00	0.82	3.05
1.70	43.00	0.83	2.75

	DIAM.	DIAM.
Kerilko	3.822	7.27 8.55
WM ant (gr)	1777.00	7.32 8.40
		7.70 8.61
Wm + T	187.75	7.43 8.52
	D PROM. (cm)	
Ws + T	165.66	AREA (cm ²) 63.304
W T	27.99	Hm (cm) 18.300
W %	1.4	VOL 1158.5
P.V.H (gr/cm ³)	1.534	P.V.S (gr/cm ³) 1.513
Se	2.617	e 0.729
G %	4.90	

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Wm + T	101.19
Ws + T	66.30
W + T	12.39
W %	3.4





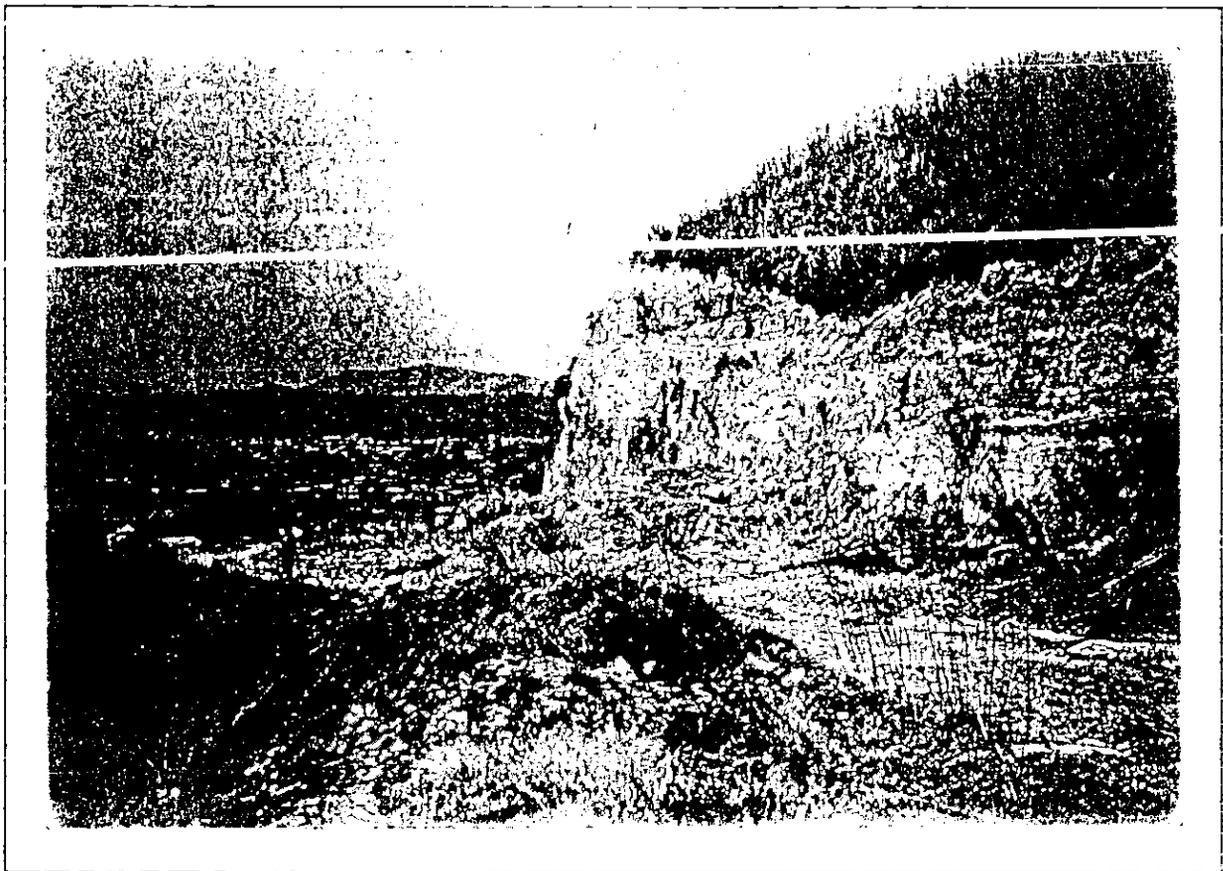
FOTOGRAFIA 1. VISTA GENERAL DEL PREDIO. LA SIERRA DE LAS CRUCES APARECE AL FONDO



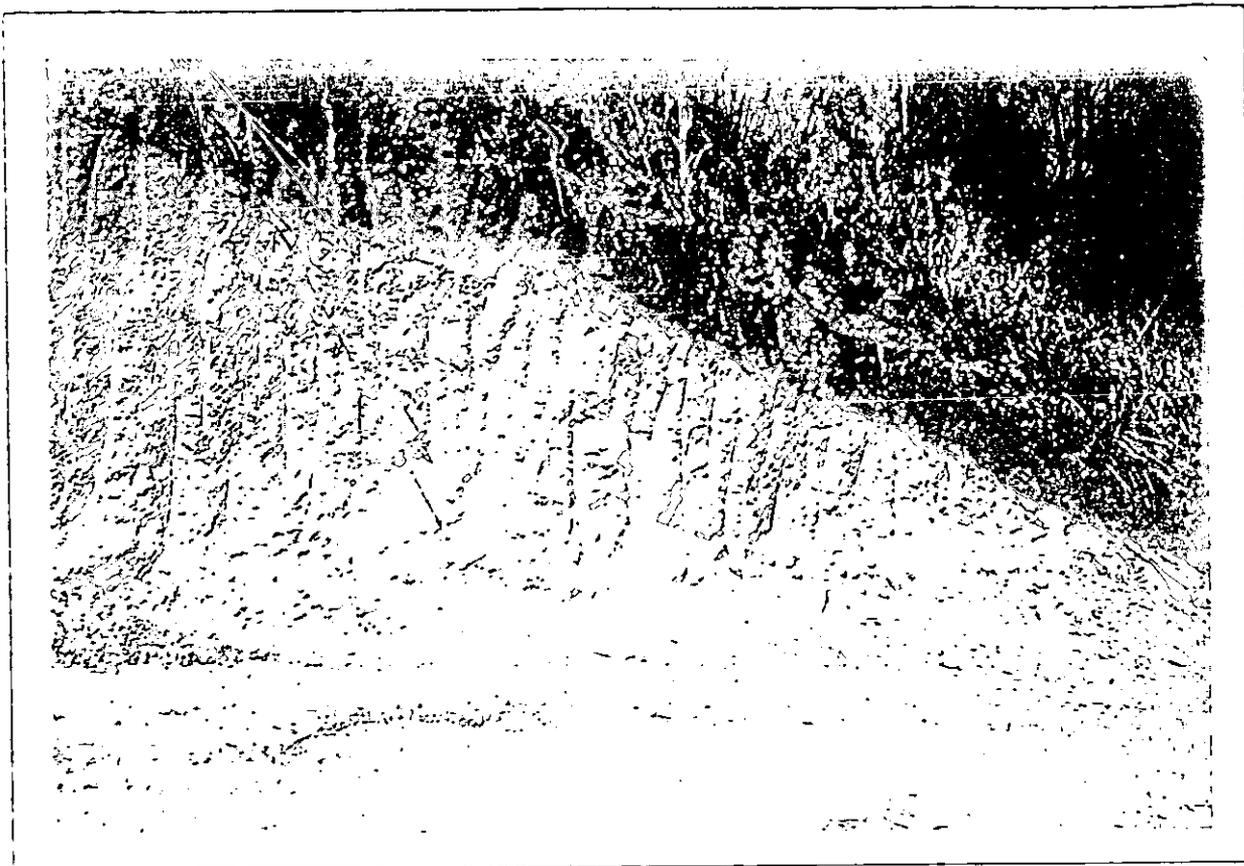
FOTOGRAFIA 2. TALUDES Y EDIFICACIONES EN MATERIALES DE LA MARGEN DERECHA



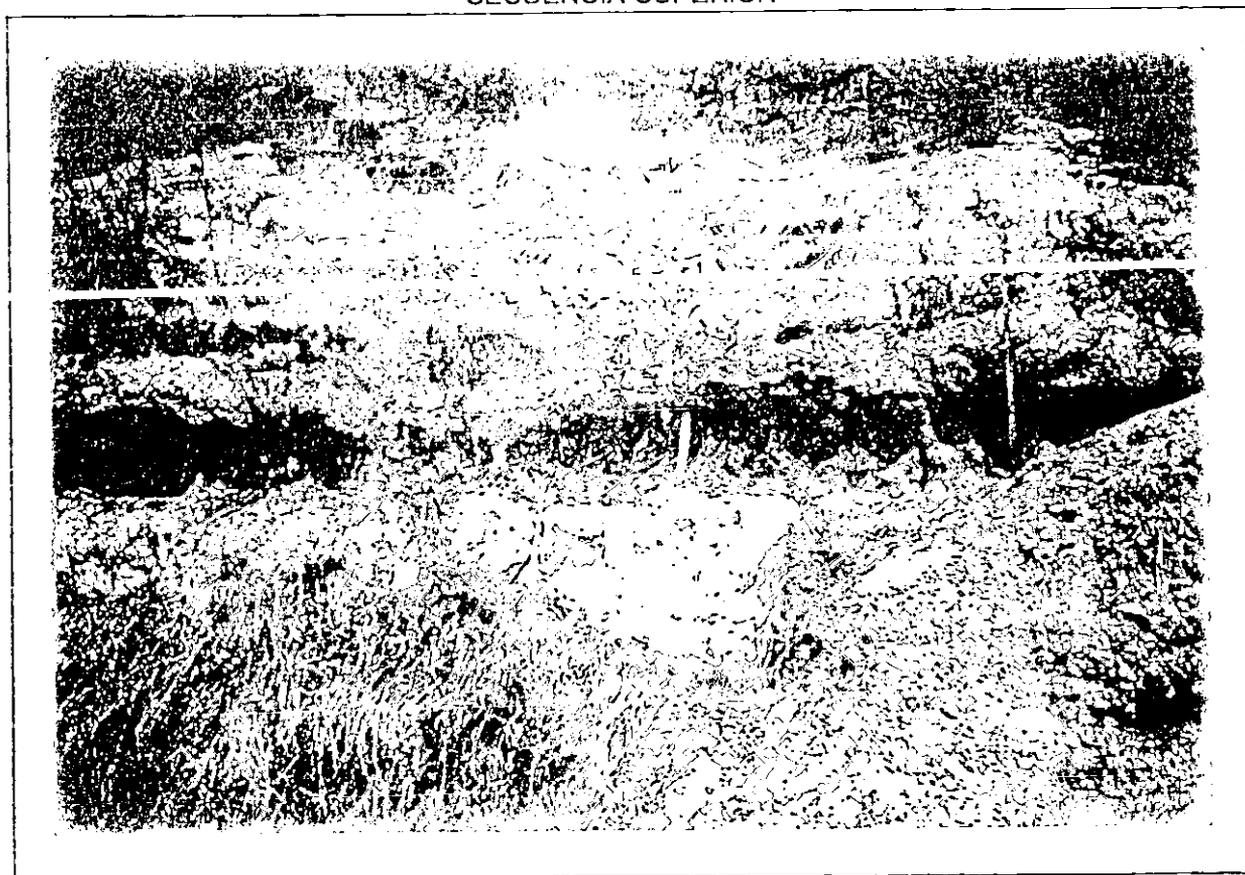
FOTOGRAFIA 3. VISTA GENERAL DE LA MARGEN DERECHA



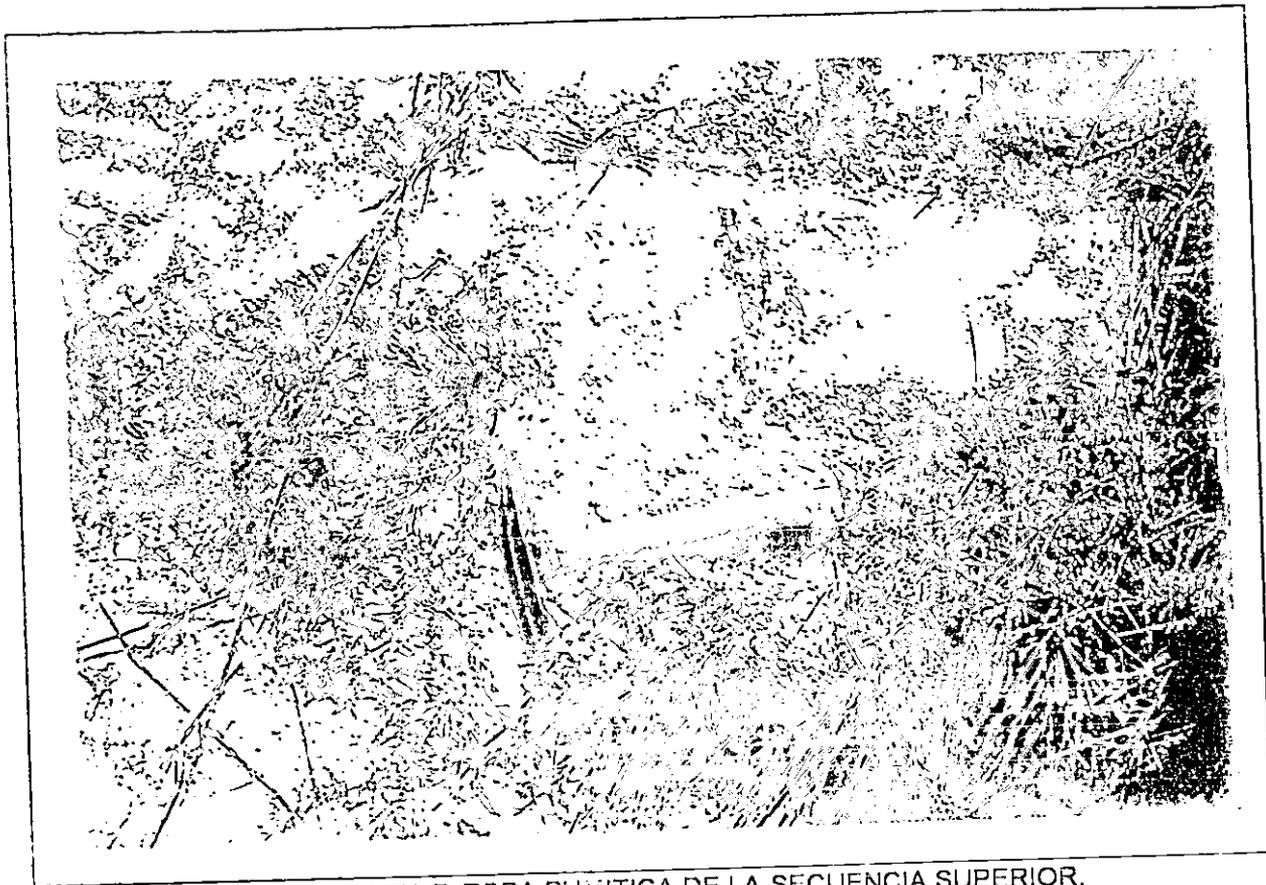
FOTOGRAFIA 4. VISTA LATERAL DE LAS CAPAS SUPERIORES O SECUENCIA SUPERIOR DE LA MARGEN DERECHA



FOTOGRAFIA 5. CORTE DONDE SE OBSERVA EL SUELO RESIDUAL QUE SE FORMA EN LA SECUENCIA SUPERIOR



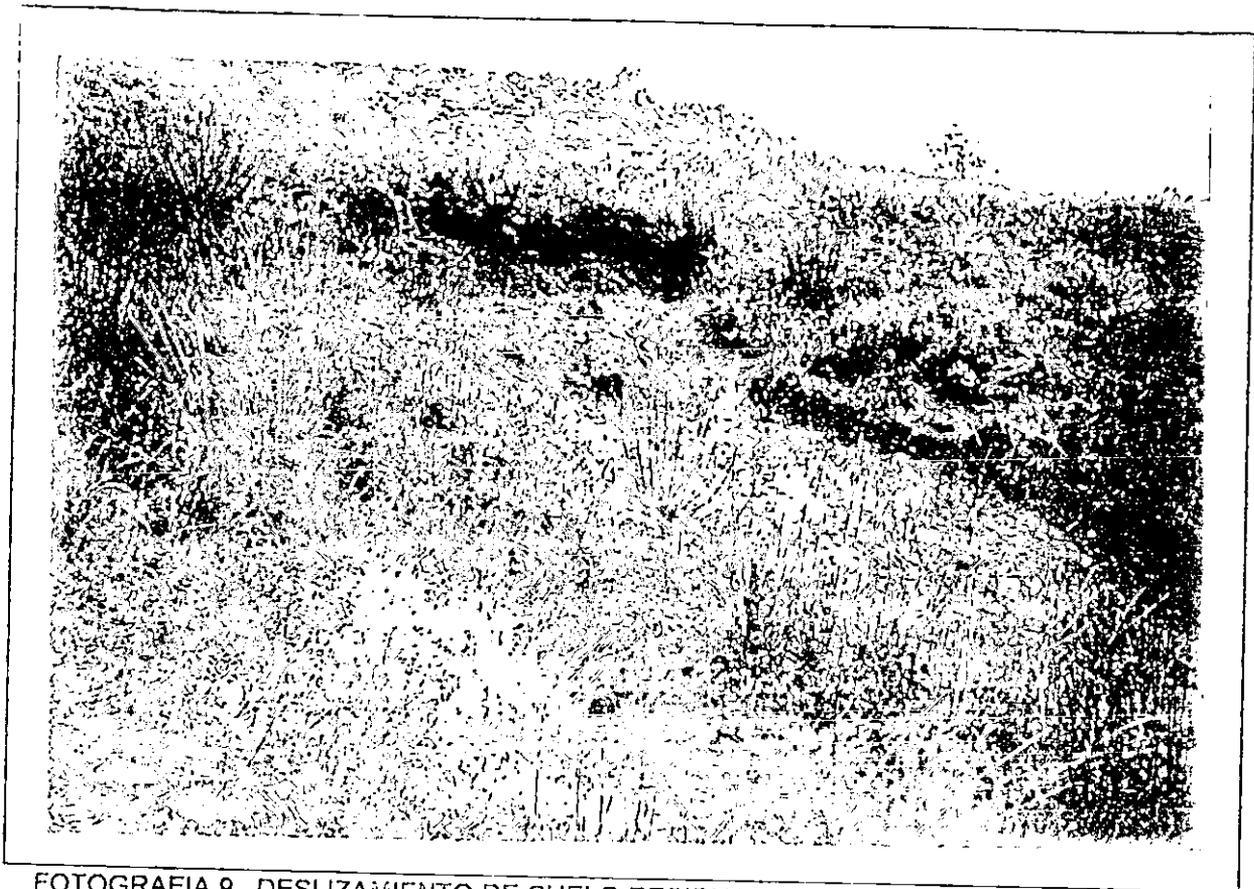
FOTOGRAFIA 6. ESTRATO DE TOBA ARCILLOSA (TOBA VITREA) QUE SIRVE DE INDICE PARA CORRELACIONAR LA ESTRATIGRAFIA DE LA SECUENCIA SUPERIOR



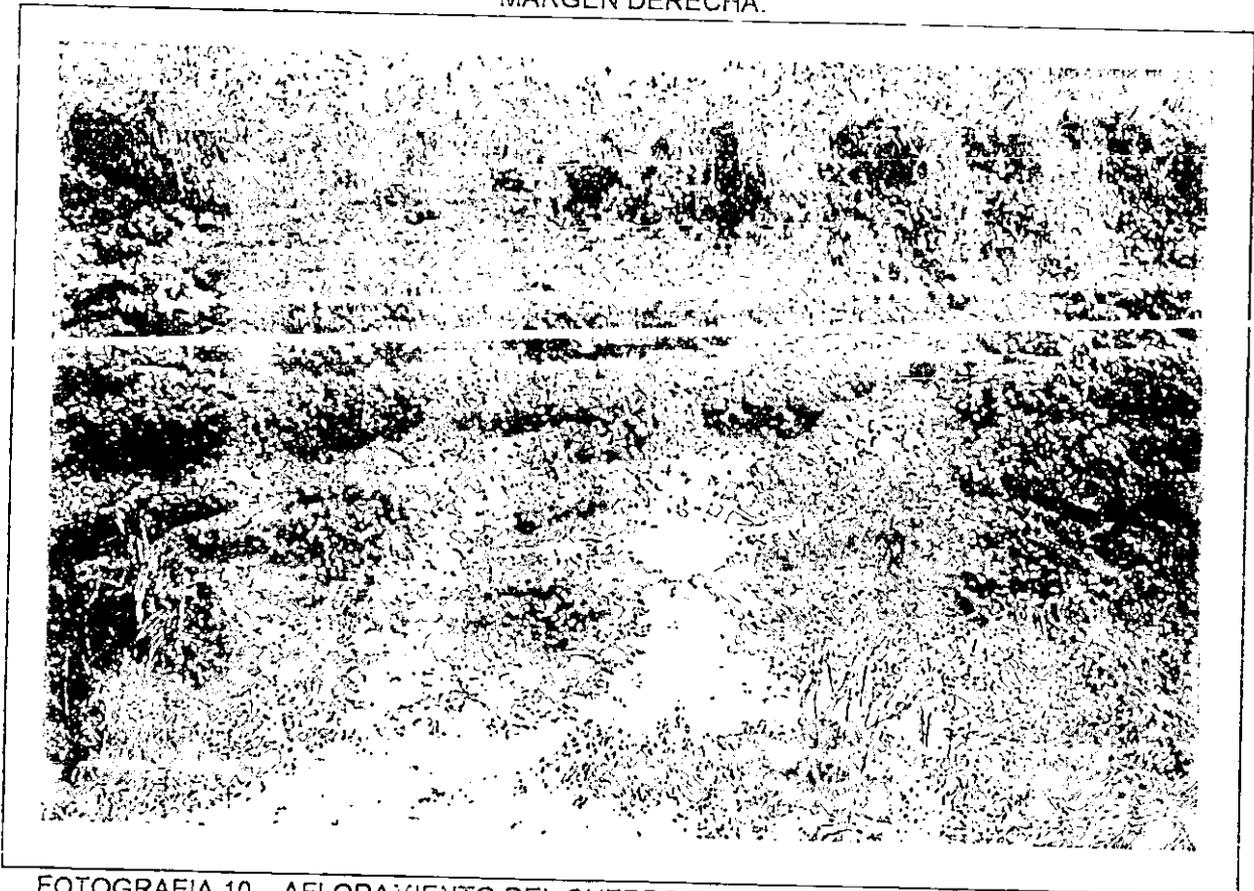
FOTOGRAFIA 7. TOBA PUMITICA DE LA SECUENCIA SUPERIOR.



FOTOGRAFIA 8. TOBAS LITICAS ARENOSAS (SW) EN LA PARTE SUPERIOR DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA MARGEN DERECHA



FOTOGRAFIA 9. DESLIZAMIENTO DE SUELO RESIDUAL EN LA PARTE MAS ABRUPTA DE LA MARGEN DERECHA.



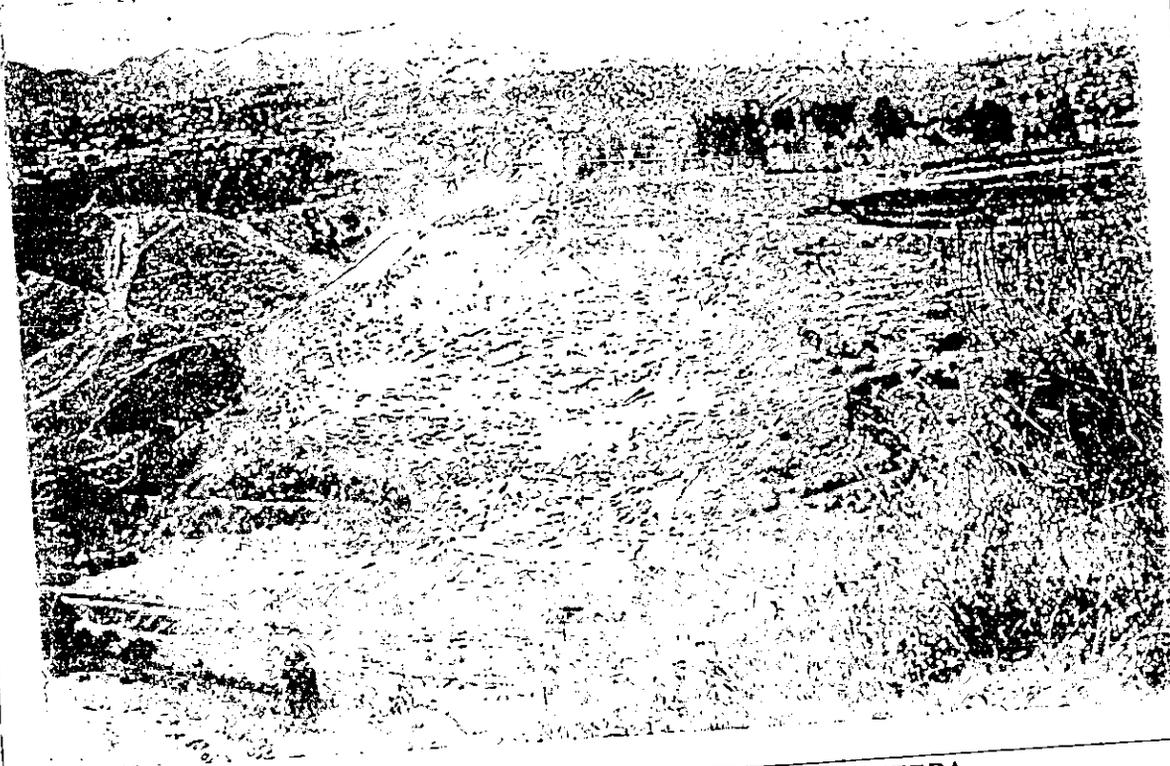
FOTOGRAFIA 10. AFLORAMIENTO DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA MARGEN DERECHA. OBSERVESE EL INTEMPERISMO DE ESTOS DEPOSITOS.



FOTOGRAFIA 11. CORTE NATURAL EN LA SECUNCIA INFERIOR DE LA MARGEN DERECHA, EN DONDE SE APRECIA LA FORMACION INCIDENTE DE OQUEDADES.



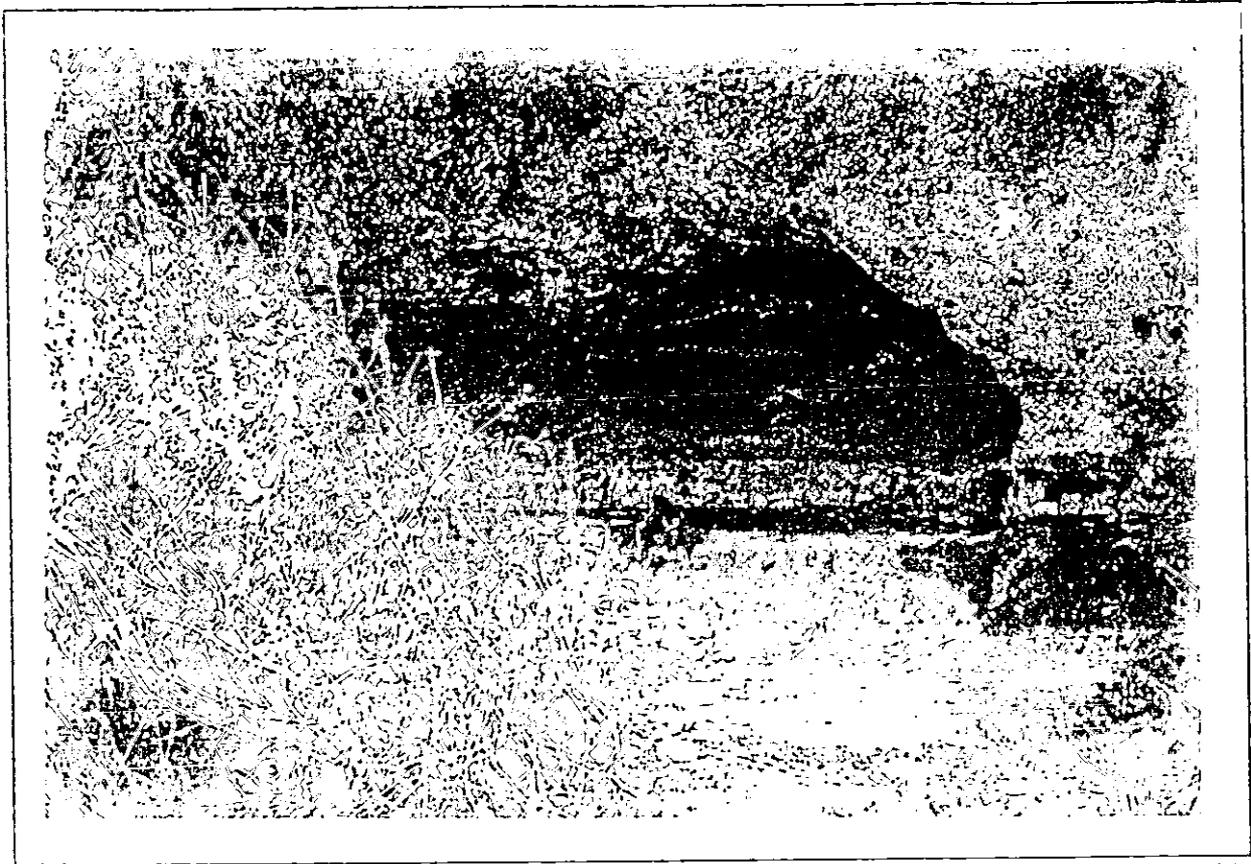
FOTOGRAFIA 12. VISTA LATERAL DE LOS MATERIALES DE LA MARGEN DERECHA EN DONDE SE APRECIA TODA LA ESTRATIGRAFIA.



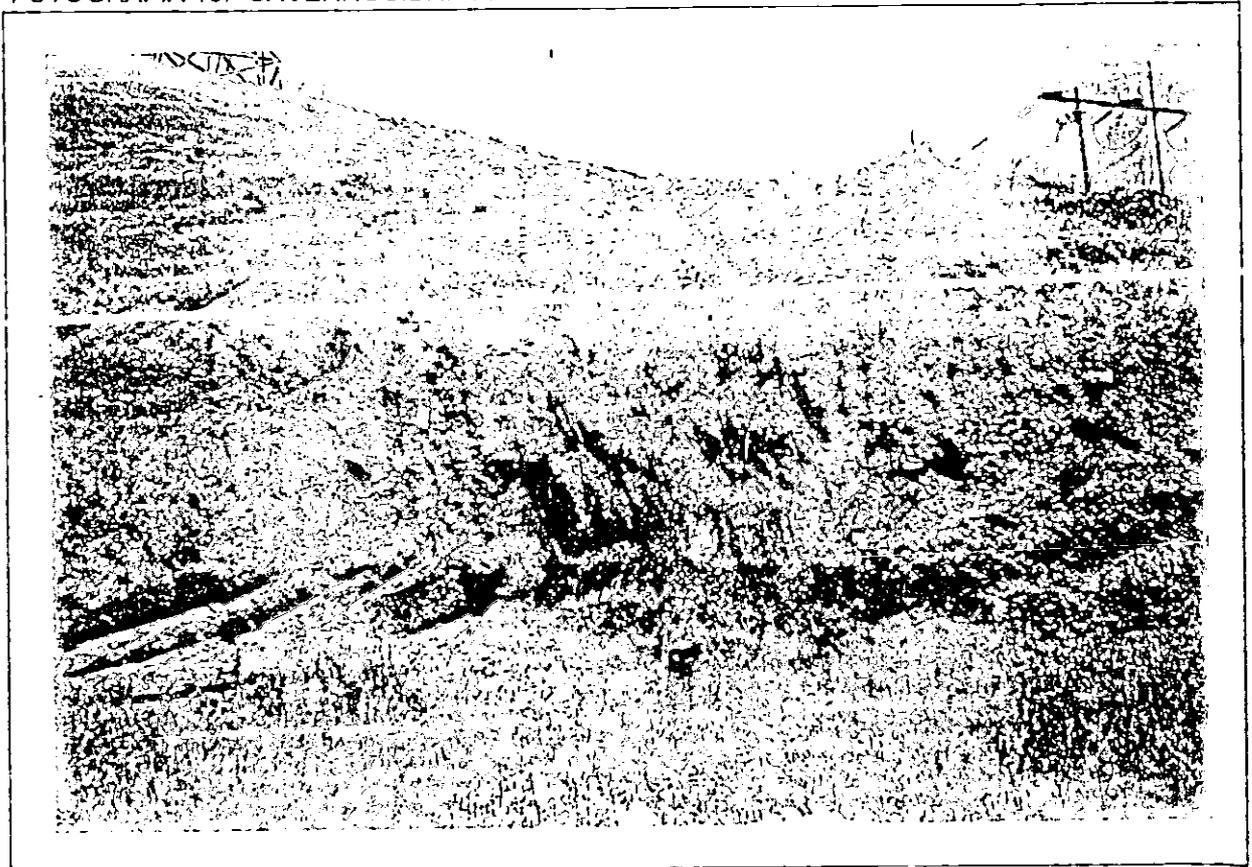
FOTOGRAFIA 13. VISTA DE LA MARGEN IZQUIERDA



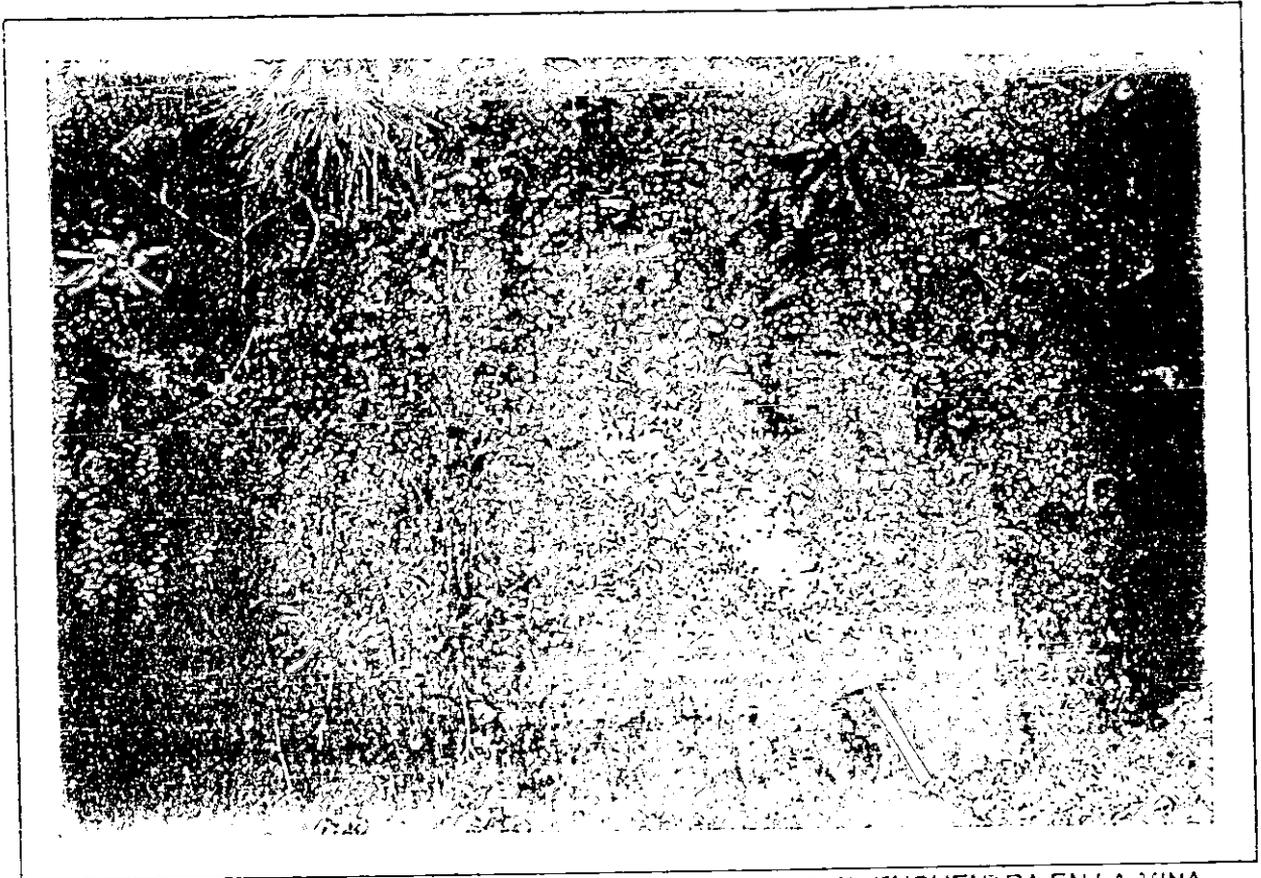
FOTOGRAFIA 14. LENTES DE CONGLOMERADO AISLADOS EN LA SECUENCIA BASAL DE LA MARGEN IZQUIERDA.



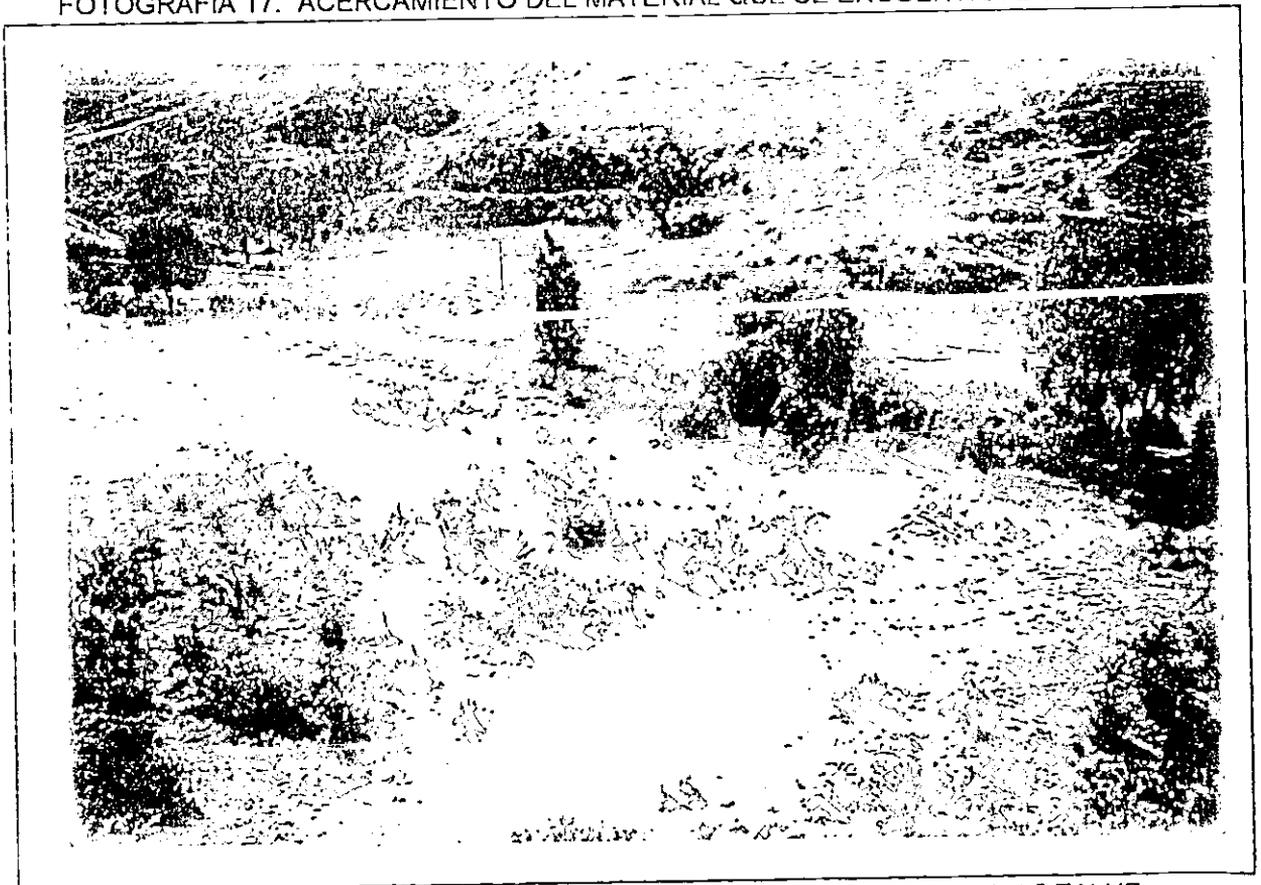
FOTOGRAFIA 15. CAVERNOSIDAD MOSTRANDO CLARAMENTE EL CONTACTO GEOLOGICA.



FOTOGRAFIA 16. CORTE EN MINA DE ARENA Y GRAVA A CIELO ABIERTO (ABANDONADA).



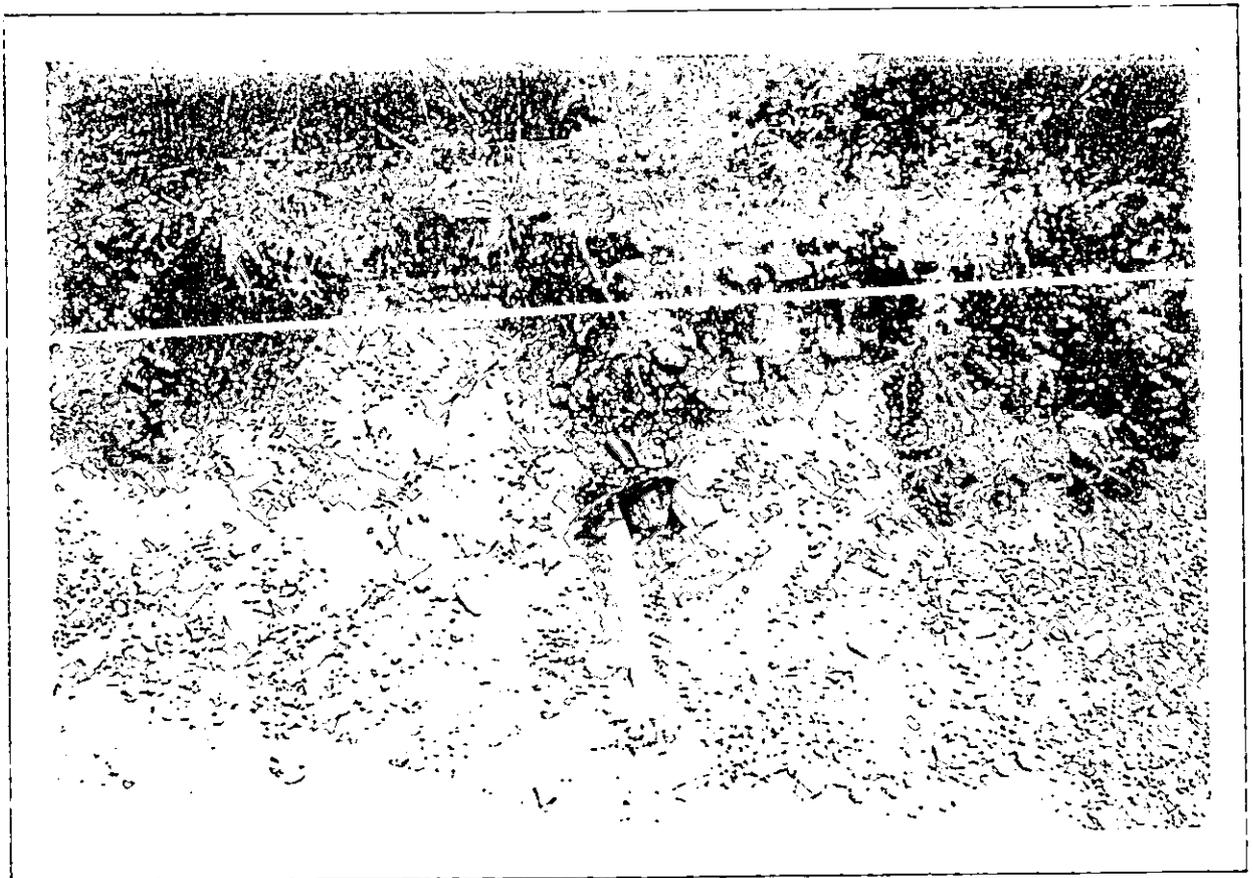
FOTOGRAFIA 17. ACERCAMIENTO DEL MATERIAL QUE SE ENCUENTRA EN LA MINA.



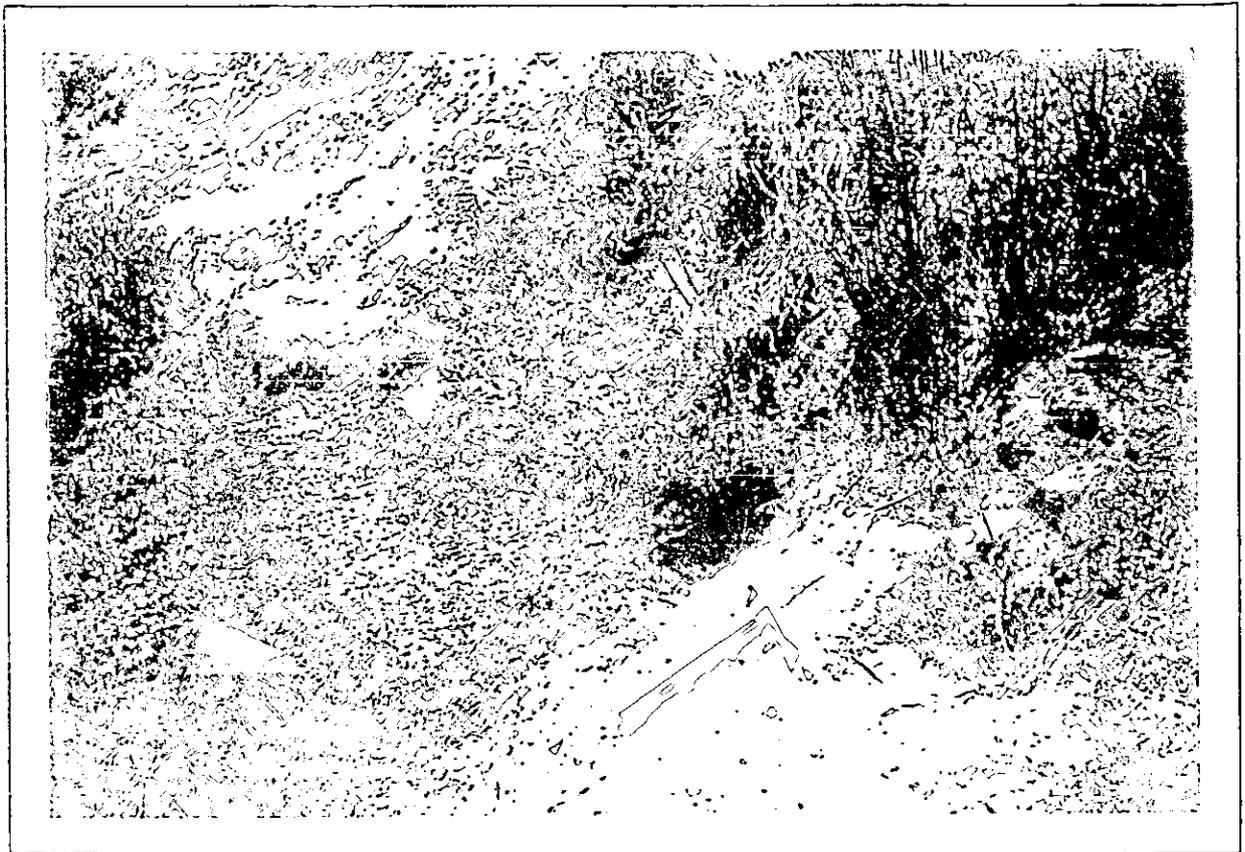
FOTOGRAFIA 18. VISTA DE LA ZONA DE ALIVIONES Y DEPOSITOS DE TALUD.



FOTOGRAFIA 19. VISTA DE TERRAZA ALUVIAL



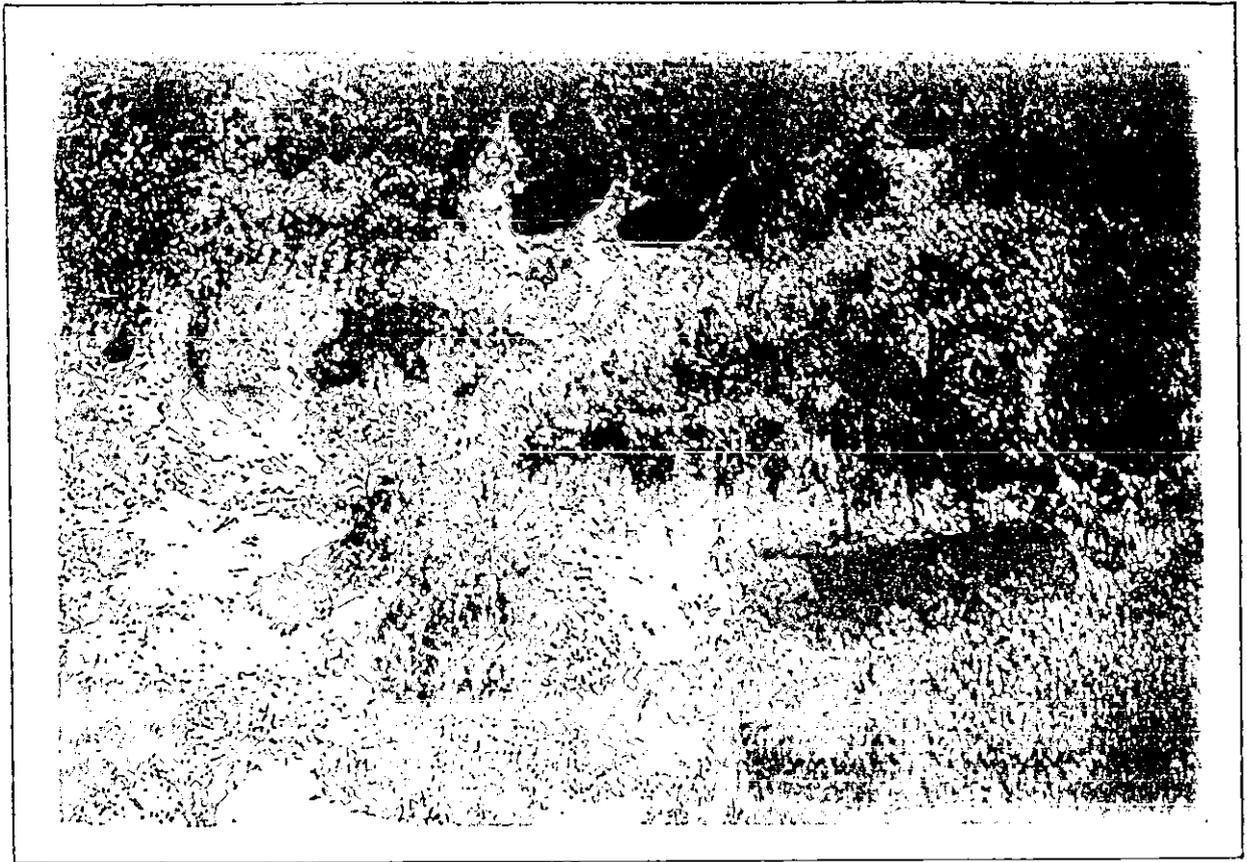
FOTOGRAFIA 20. DEPOSITOS ALUVIALES EN LAS TERRAZAS FLUVIALES.



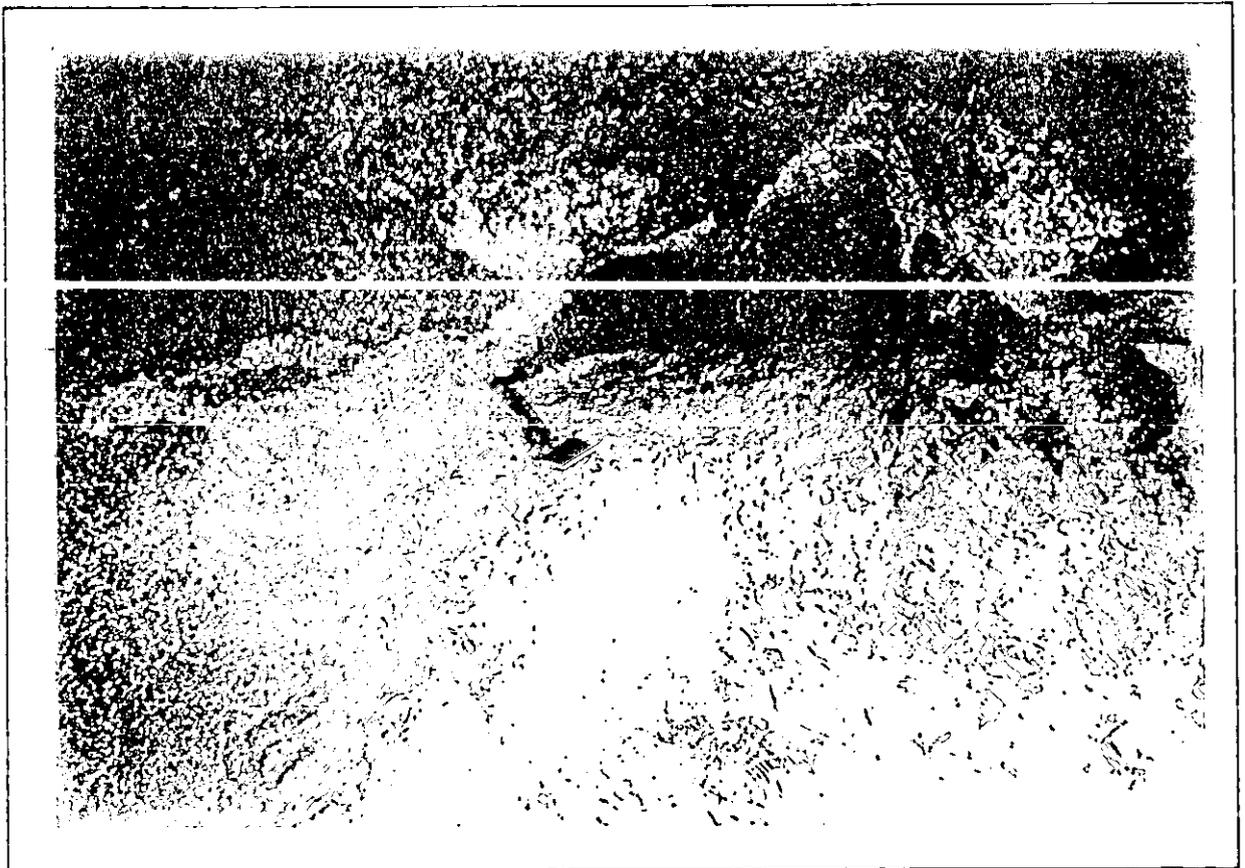
FOTOGRAFIA 21. MANATIAL QUE OCURRE EN LOS ESTRATOS ARENOSOS EN DONDE SE ENCUENTRAN LAS CAVERNOSIDADES.



FOTOGRAFIA 22. VISTA DEL GRUPO DE OQUEDADES, MAYOR EN LA MARGEN DERECHA. NOTESE LA PRESENCIA DE DOS NIVELES DONDE ESTO OCURRE.



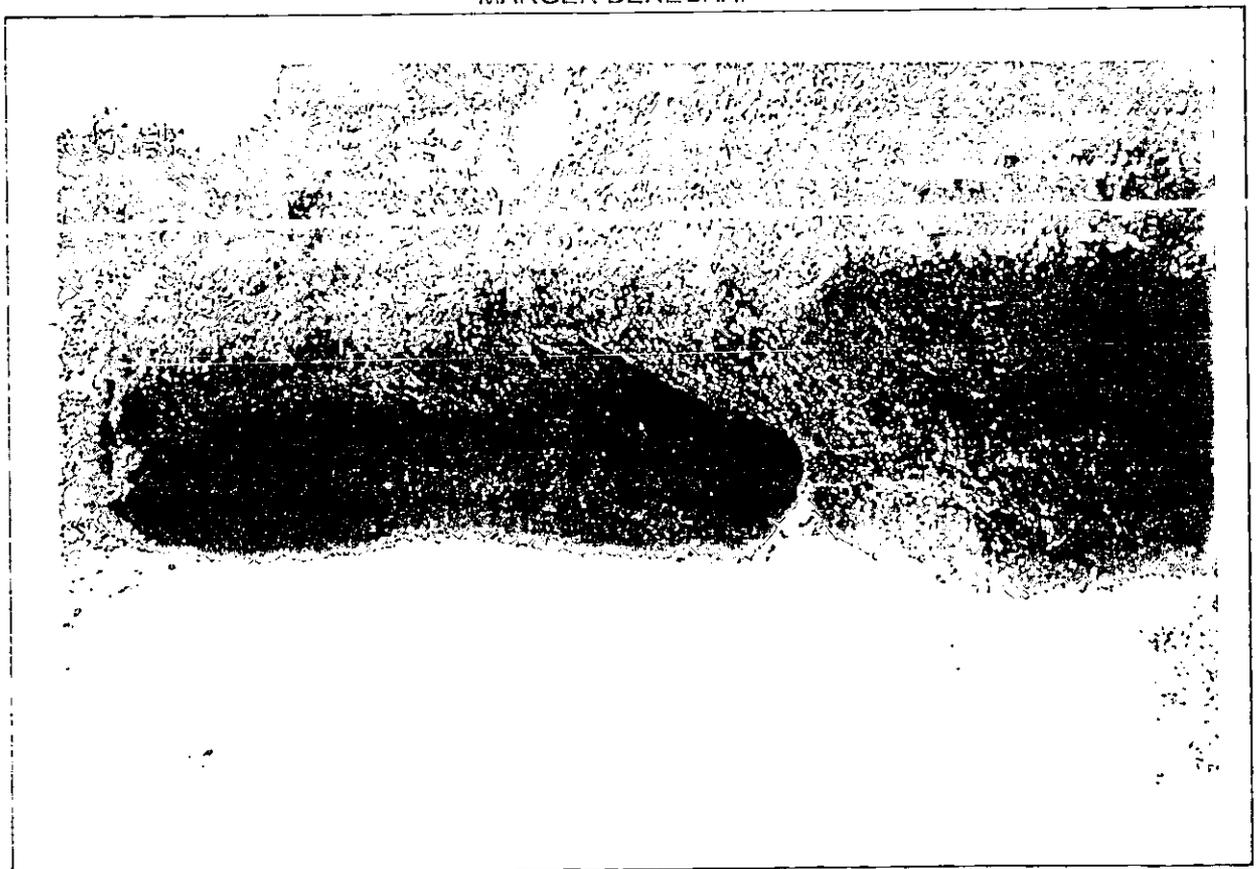
FOTOGRAFIA 23. VISTA GENERAL DEL GRUPO DE DISCONTINUIDADES DE LA MARGEN DERECHA.



FOTOGRAFIA 24. VISTA DEL INTERIOR DE LA OQUEDAD PRINCIPAL EN EL GRUPO SUPERIOR



FOTOGRAFIA 25. ACERCAMIENTO DEL MATERIAL DE LAS OQUEDADES SUPERIORES EN LA MARGEN DERECHA.



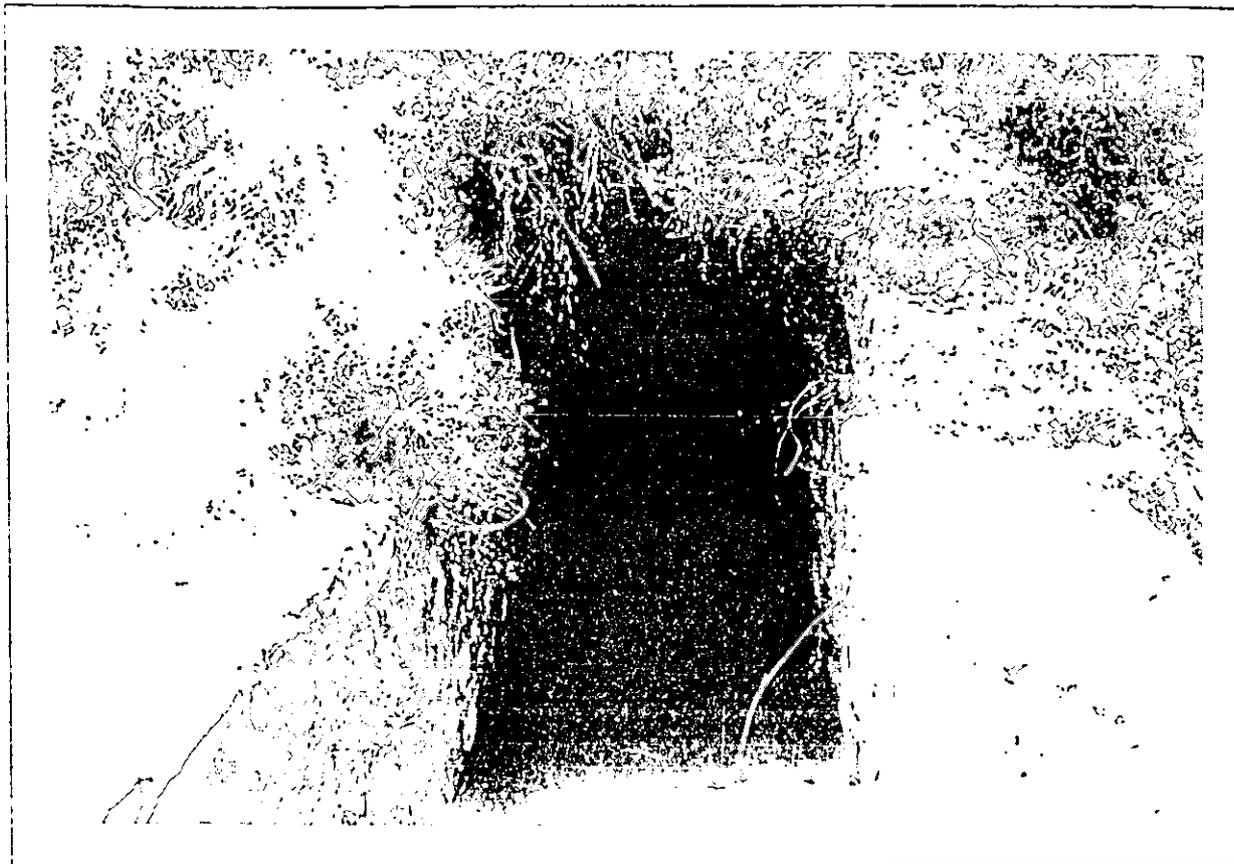
FOTOGRAFIA 26. OQUEDAD NATURAL TÍPICA EN LA SECUENCIA INFERIOR DE LA MARGEN IZQUIERDA.



FOTOGRAFIA 27. ACUÑAMIENTO DEL FONDO DE LAS CAVERNOSIDADES, EL CUAL ES CARACTERISTICA EN ESTE TIPO DE OQUEDADES.



FOTOGRAFIA 28. VISTA INFERIOR DE UNA CAVERNOSIDAD TRABAJADA POSTERIORMENTE POR EL HOMBRE.



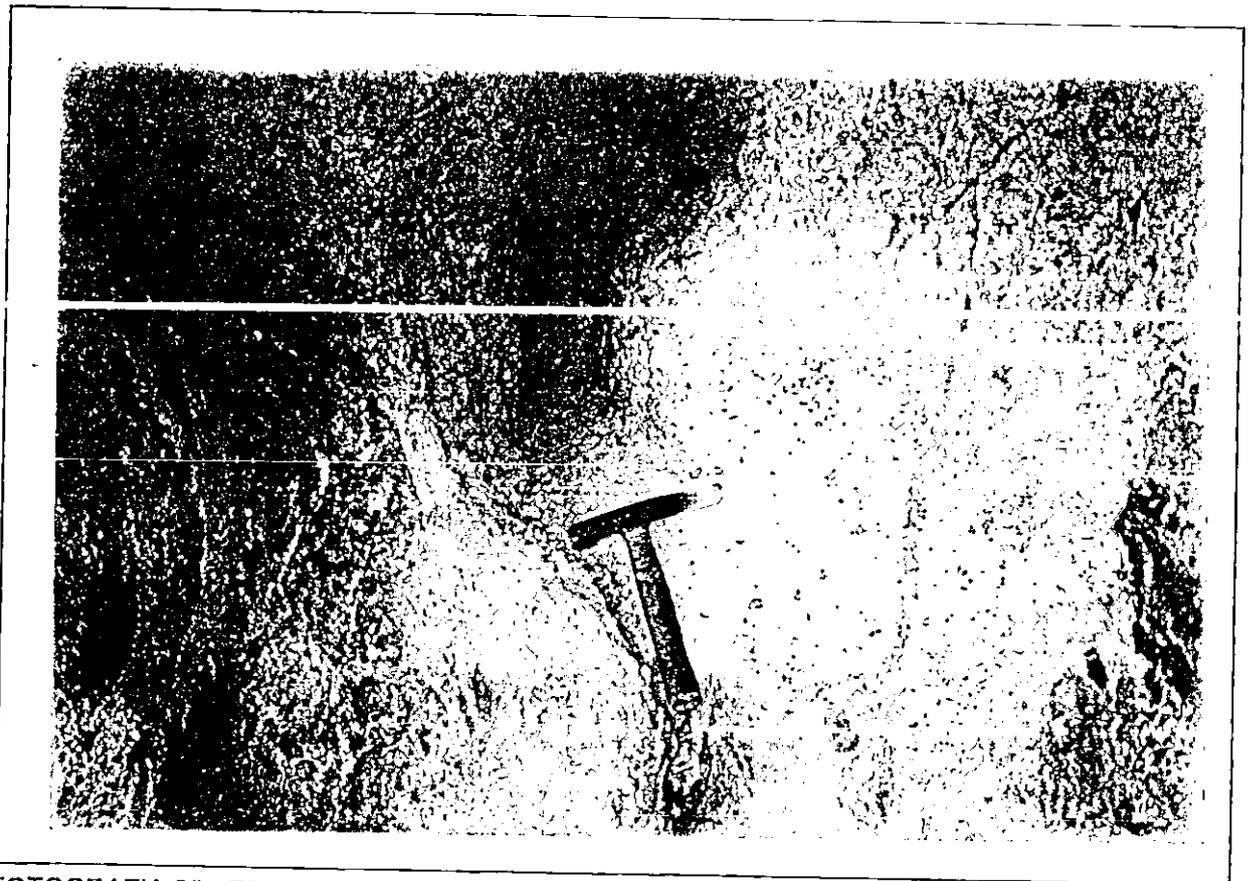
FOTOGRAFIA 29. TUNEL EXCAVADO EN LA MARGEN IZQUIERDA PARA EL ACUEDUCTO.



FOTOGRAFIA 30. VISTA GENERAL DEL PREDIO EN DONDE DESTACA LA DISCONTINUIDAD MAYOR.



FOTOGRAFIA 31. ACERCAMIENTO EN LA DISCONTINUIDAD DE LA ZONA DONDE SE PRETENDE CONSTRUIR EL PUENTE DE LA VIALIDAD.



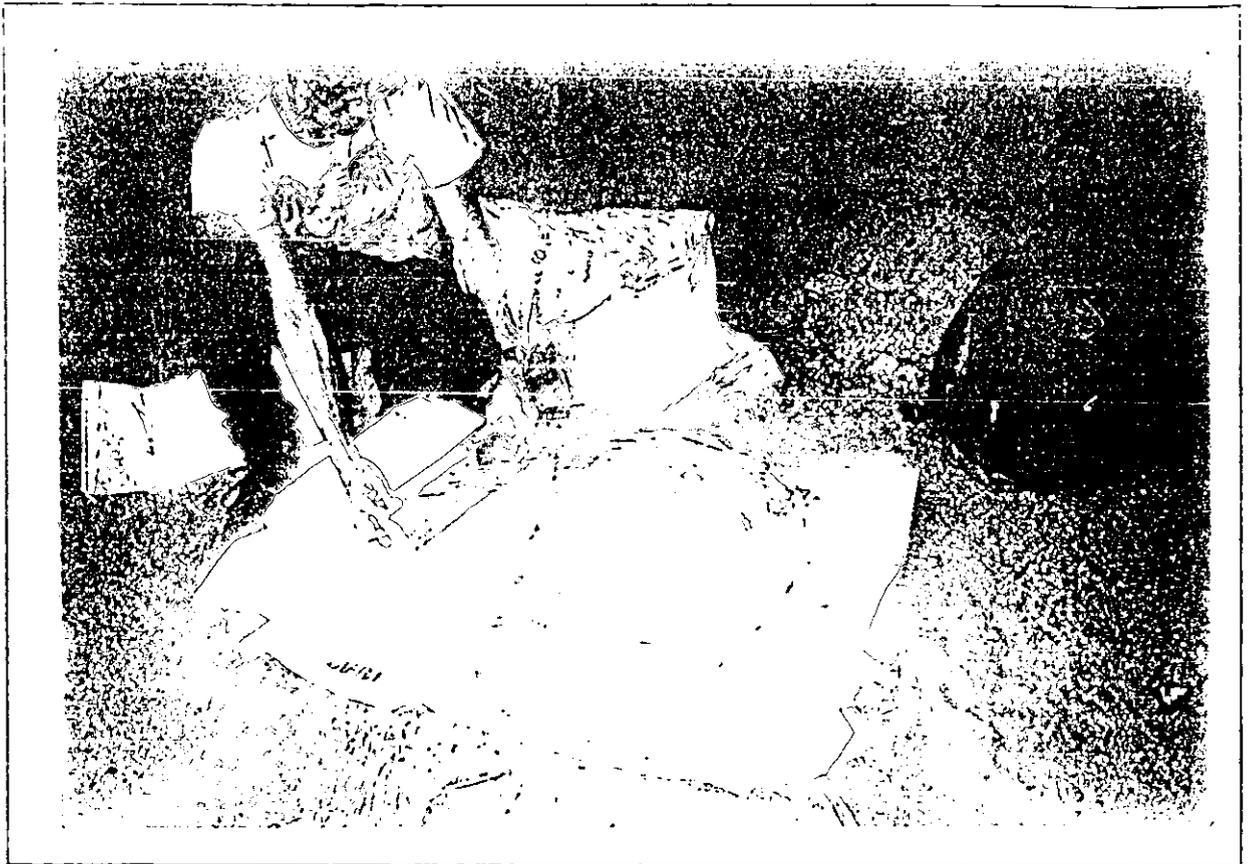
FOTOGRAFIA 32. DISCONTINUIDAD DE RUMBO N20 E ,87W DENTRO DE UNA CAVIDAD EN LA MARGEN IZQUIERDA.



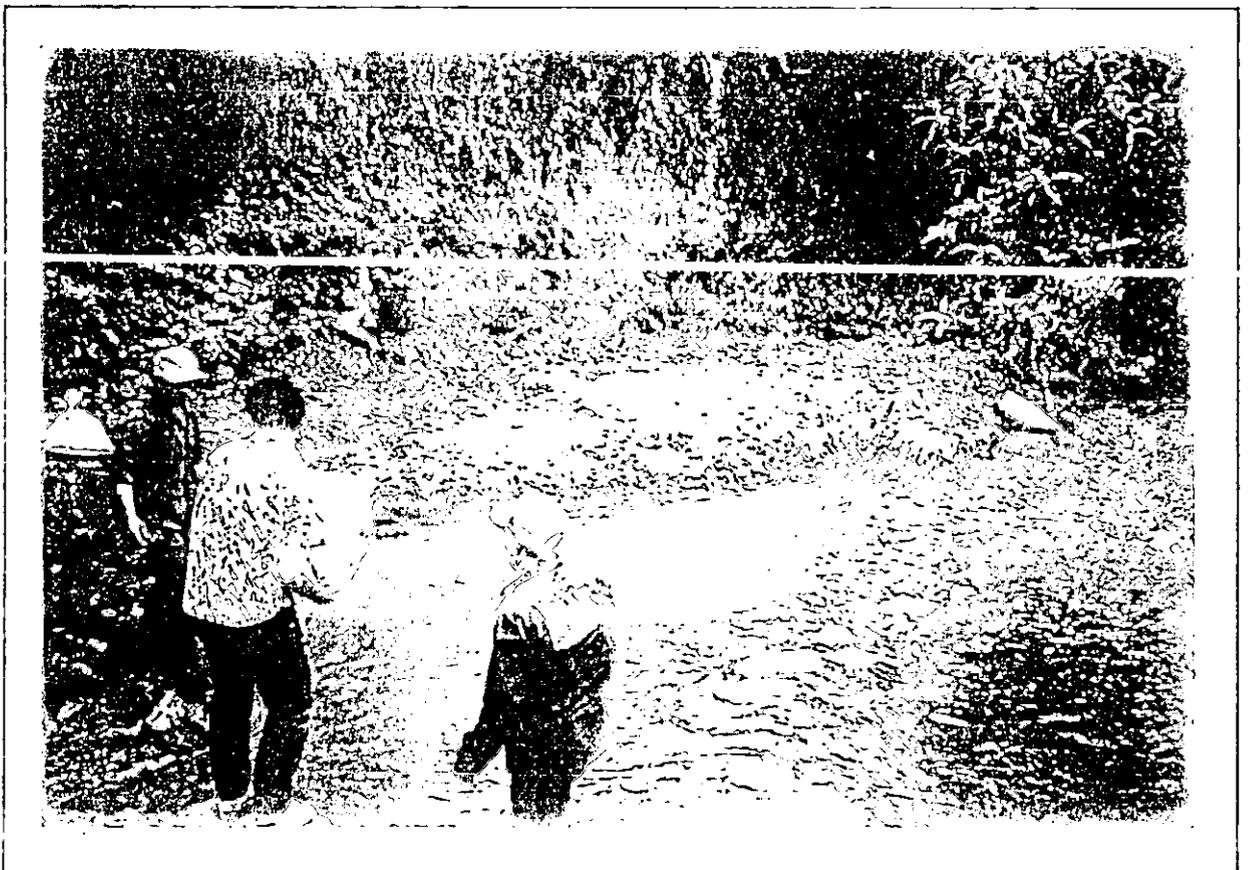
FOTOGRAFIA 33. LABRADO DE MUESTRAS CUBICAS INALTERADAS.



FOTOGRAFIA 34. AFINADO DE LA MUESTRA CUBICA PARA SU PRESERVACION.



FOTOGRAFIA 35. PRESERVACION DE MUESTRAS CUBICAS INALTERADAS.



FOTOGRAFIA 36. TRASLADO DE MUESTRAS INTEGRALES A TRAVES DEL RIO HONDO.



VISTA REARER DEL TERRAZO ESTUDIADO.