

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

**“ESTUDIÓ GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
UNA AGENCIA DE SEGUROS EN ZONA DE LOMAS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JULIO CÉSAR TEJEDA GARCÍA

ASESOR:

ING. GABRIEL ÁLVAREZ BAUTISTA



CIUDAD NEZAHUALCÓYOTL,
EDO.MÉX.2018



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

A dios por darme la sabiduría y seguridad de llegar hasta estas instancias y darme los conocimientos para concluir con este proyecto y poder demostrarme a mí mismo que soy capaz de cumplir con cualquier objetivo que me proponga.

A mamá:

Gracias mamá por nunca soltarme de la mano y estar siempre a mi lado cuando te necito, por tus palabras de aliento e impulsarme para poder llegar a estas alturas, por sacarme adelante y saber enseñarme a levantarme cuando llegaba a caer. Quiero dedicarte este trabajo porque también es fruto de tus esfuerzos, desde que era pequeño me enseñaste a ir por el camino del bien, ahora gracias a ti eh llegado a esta parte de mi vida que es muy importante y no encuentro las palabras para agradecerte por enseñarme a ver la vida de diferente manera y sobre todo por luchar para conseguir lo que me proponga gracias por hacer de mi un hombre de bien con valores y principios pero sobre todo gracias por enseñarme a saber cómo enfrentar un gran proyecto al cual llamamos vida.

Mamá te amo y eres la mejor amiga, compañera y confidente que tengo en mi vida.

A papa:

Gracias papá por enseñarme a ver que la vida no es fácil ni mucho menos color de rosa, gracias por hacerme ver que todo tiene un precio y para poder conseguirlo es indispensable trabajar muy duro, gracias por estar cuando te eh necesitado en mis problemas y ya sea con regaños o enojos pero me has enseñado a saber enfrentarlos y a no tener miedo a lo que realmente es el mundo, quiero dedicarte este proyecto donde fuiste parte fundamental para poder concluirlo y con tus consejos eh sabido llegar hasta esta pequeña meta que es el inicio de un gran proyecto.

A mis abuelas:

Abue Lupe y Abue Mari, a pesar de que ya no están en vida conmigo quiero agradecerles infinitamente por sus consejos por impulsarme desde pequeño a cumplir con mis metas pero sobre todo quiero dedicarles este proyecto que marca mucho mi vida con ustedes porque nunca dejaron de creer en mi a pesar de todos los comentarios que hacían a mi persona ustedes siempre dieron la cara por mí y hoy me toca demostrarles que ustedes nunca se equivocaron en decir que yo iba a llegar muy lejos, sé que desde el cielo estarán felices al verme realizar mis sueños, gracias por siempre cuidar de mí, les mando un gran beso hasta cielo.

A mi abuelo Q.E.P.D.:

Mi gran abuelo Perico que siempre ha creído en mí y siempre me ha enseñado a saber enfrentar la vida a pesar de que no es nada fácil pero él ha sabido demostrarme que desde abajo puedes llegar a crecer y llegar muy alto ya que él fue un gran ejemplo a seguir a pesar de que ya no está con nosotros este trabajo es con mucho amor para él.

A mi novia:

Por motivarme a cumplir mis metas, a enseñarme a perseguir mis sueños y no darme por vencido cuando más difícil se muestre la situación, por sus consejos llenos de sabiduría y ayudarme a ser un hombre de bien con valores y principios, gracias por nunca soltarme y estar ahí para cuando te necesite.

A mis profesores:

A todos mis profesores que fueron parte de mi formación académica en especial al Ing. Gabriel Ruiz González y al Ing. Gabriel Álvarez Bautista por compartir sus conocimientos en toda la extensión de la palabra haciéndome ver que la vida laboral no es fácil pero con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr, le doy las gracias también por darme la oportunidad de desarrollarme laboralmente en su empresa pero principalmente gracias por su amistad por brindarme la mano cuando más lo eh necesitado ya que en usted eh encontrado un gran amigo con el que siempre puedo contar.

A mis compañeros:

Todos aquellos compañeros y amigos, con los cuales compartí las aulas y actualmente y algunos que seguimos compartiendo en el ámbito laboral los cuales sabemos que estamos para apoyarnos en cualquier situación y que a pesar de todo siempre nos ayudamos los unos con los otros, gracias amigos.

INDICE

1.- Antecedentes.....	6
1.1.- Localización.....	7
1.2.-Descripción del proyecto.....	8
1.3.-Colindancias.....	13
1.4.-Topografía.....	14
1.5.-Objetivos.....	15
2.- Exploración y muestreo del subsuelo.....	15
2.1.-Pozo a cielo abierto:.....	15
2.2.- Métodos de exploración Indirectos.....	33
2.2.1.-Sondeo de Penetración Estándar (SPT).....	33
2.2.2.- Muestreo con Barril NQ.....	34
3.- Pruebas índices y mecánicas.....	45
3.1.- Contenido de humedad (w%).....	45
3.2.- Limite liquido (LL) y limite plástico(LP).....	45
3.3.- Densidad de sólidos o peso específico relativo de los sólidos (Ss).....	49
3.4.- Prueba rápida de compresión triaxial de resistencia al esfuerzo cortante (no consolidada-no drenada UU).....	49
4.- Características y descripción estratigráfica del subsuelo.....	50
4.1.- Estratigrafía de la zona de Lago.....	50
4.2.- Estratigrafía de la zona de Transición.....	52
4.3.- Estratigrafía de la zona de Lomas.....	52
4.4.- Zonificación Geotécnica.....	53
4.4.1.- Zona de lago.....	53
4.4.2.- Zona de transición.....	54
4.4.3.- Zona de Lomas (LOM).....	55
4.5.- Descripción detallada de los Sondeos Mixtos.....	57
4.6.- Coeficiente sísmico.....	65
5.- Diseño geotécnico y análisis de la cimentación.....	66
5.1.- Capacidad de carga de la cimentación.....	66
5.1.2.-Dimensionamiento de la cimentación.....	67
5.1.3.- Estado límite de falla.....	67
5.1.3.1 Estado límite de falla en condiciones estáticas.....	67
5.1.3.2.- Estado límite de falla en condiciones dinámicas.....	68

6.- Procedimiento constructivo y protección a colindancias.	69
6.1.- Procedimiento constructivo para la excavación.	69
6.2.- Revisión de la falla de fondo por cortante.	70
6.3.- Procedimiento Constructivo para el anclaje.	71
6.4.- Tensión y longitud de anclas.	76
6.5.- Murete para contención del árbol.	77
6.6.- Instrumentación.	79
6.7.- Referencias Superficiales.	79
6.7.1.- Testigo Superficial.	80
6.7.2.- Criterio de Instalación.	80
6.7.3.- Procedimiento de medición.	80
6.8.- Banco de nivel flotante.	81
6.8.1.- Profundidad de instalación.	81
6.8.2.- Instalación.	81
6.8.3.- Medición.	82
7.- Conclusiones	83
Bibliografía	84
Anexo	85
Ensayes de laboratorio	85

Introducción.

La historia del seguro refleja la importancia de este mecanismo de proyección económica y su paulatino desarrollo conforme a las sociedades fueron haciéndose más complejas. La historia del seguro es también la historia del progresivo avance de la autonomía personal, ya que muchos riesgos que antes cubría el Estado son ahora asumidos y anticipados por los propios ciudadanos en base a acuerdos con empresas privadas que se ocupan de atenderlos. “La finalidad de un seguro es definir como un sistema que permite prever las consecuencias económicas de los hechos futuros e inciertos, cuya eventual realización teme la empresa o persona asegurada y, además, busca anular sus efectos.” (Fleitman, J.2000), Debido a que las necesidades de las personas son las mismas y que no todos están expuestos a las mismas circunstancias podemos clasificar a los seguros de acuerdo a las necesidades particulares de cada individuo como son: Seguro de vida, Seguro de salud, Seguro de accidente, seguro de coche, entre otros.

Por lo que en ese trabajo se hablara sobre el Estudio Geotécnico para determinar la cimentación que se implementara en la construcción de una agencia de seguros ubicada en Cerrada de Maguey, Col. San José de los Cedros, Del. Cuajimalpa

1.- Antecedentes.

La Ingeniería Civil en México.

El ser humano, por su necesidad natural de bienestar, ha buscado mejorar su entorno por medio de un sinnúmero de actividades y trabajos, que modifican al medio natural. Sin embargo, dicha labor representa múltiples problemas para el hombre, aunque también significa la posibilidad de abrir nuevos horizontes, generar conocimientos y al mismo tiempo demuestra que la capacidad del ingenio humano no tiene límite.

Dada la problemática expuesta anteriormente surge la Ingeniería como disciplina, pero es necesario comprender para qué sirve. Para fines prácticos, se entiende que la Ingeniería trata entonces de usar una gran variedad de recursos para resolver problemas y se apoya de múltiples ciencias, por ejemplo las matemáticas.

Uno de los sectores que mayor impulso proporciona a la economía del país es la construcción. Por lo tanto, es necesario precisar la importancia de la Ingeniería Civil para el desarrollo del país. El ingeniero civil se encarga de la construcción de la infraestructura necesaria para las ciudades y el campo, como pueden ser edificios, carreteras, puentes, canales, etc.; dicha infraestructura permitirá a las personas una mejoría para su calidad de vida.

Por lo que en este trabajo nos enfocamos a una rama de mucha importancia para la ingeniería civil y es la Geotecnia:

Ingeniería Geotécnica.

La Ingeniería Geotécnica, como su nombre lo indica, se refiere a la aplicación de la tecnología de la Ingeniería Civil al manejo de los materiales terrosos de la corteza del planeta. Usualmente, el ingeniero geotécnico se ocupa de estudiar solo los materiales naturales que se encuentran en o cerca de la superficie de la tierra.

La mecánica de suelos es la rama de la ciencia que trata el estudio de sus propiedades físicas y el comportamiento de masas de suelos sometidas a varios tipos de fuerzas. La ingeniería de suelos es la aplicación de los principios de la mecánica de suelos a la ingeniería civil que involucra materiales naturales encontrados cerca de la superficie de la Tierra. En sentido general, incluye la aplicación de los principios fundamentales de la mecánica de suelos y de la mecánica de rocas a los problemas de diseño de cimentaciones.

1.1.- Localización.

Se plantea la construcción de una estructura para una agencia de seguros, la cual está conformada por dos sótanos para estacionamiento y dos niveles superiores,

ubicado en Calle Cerrada de Maguey, Col. San José de los Cedros, Del. Cuajimalpa, Ciudad de México, donde se cuenta con una superficie aproximadamente de 1,825 m². En la figura 1 se muestra la localización del sitio donde se proyectara la edificación.

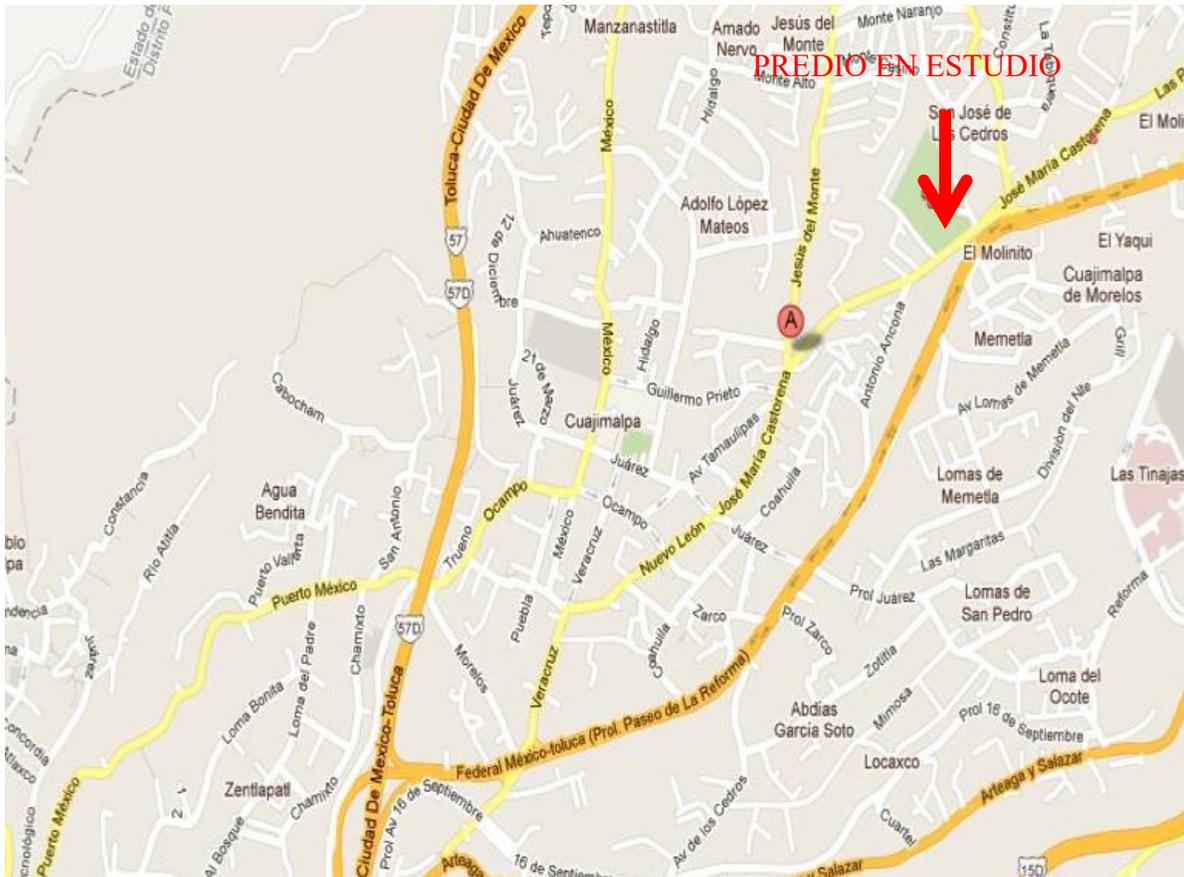


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL SITIO DE INTERES

1.2.-Descripción del proyecto.

El proyecto arquitectónico contempla la construcción de un edificio conformado por dos niveles superiores para oficinas, y dos sótanos para estacionamiento que cubrirá un área de 1,825 m². El edificio estará estructurado por medio de columnas, trabes y losas de concreto armado.

A continuación se presentan en las figuras 2 a 4 las plantas arquitectónicas del proyecto y en la figura 5 se muestra un corte esquemático.

PLANTA DEL SOTANO 2

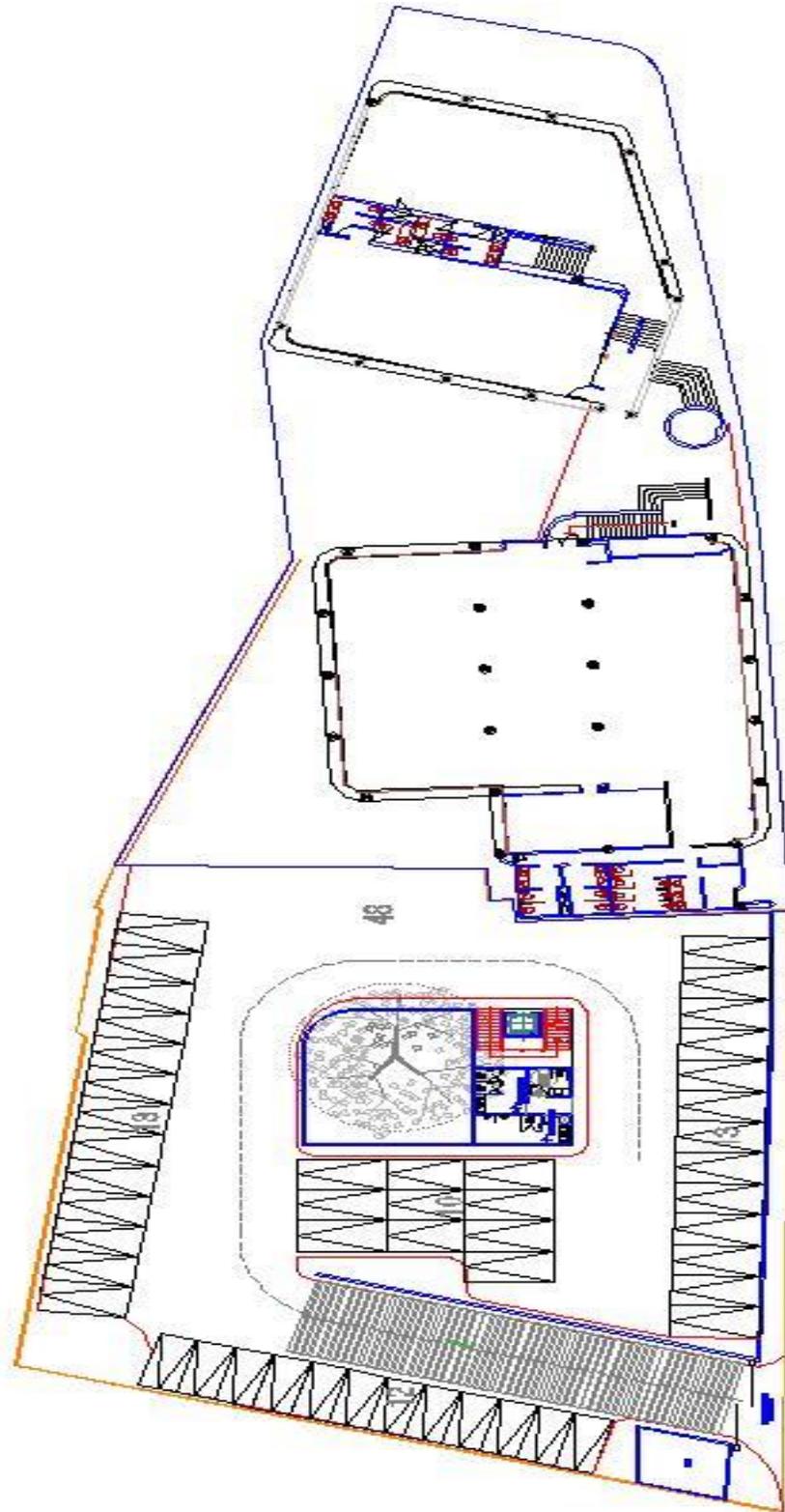


FIGURA 2. PLANTA DEL SOTANO

PLANTA DEL SOTANO 1

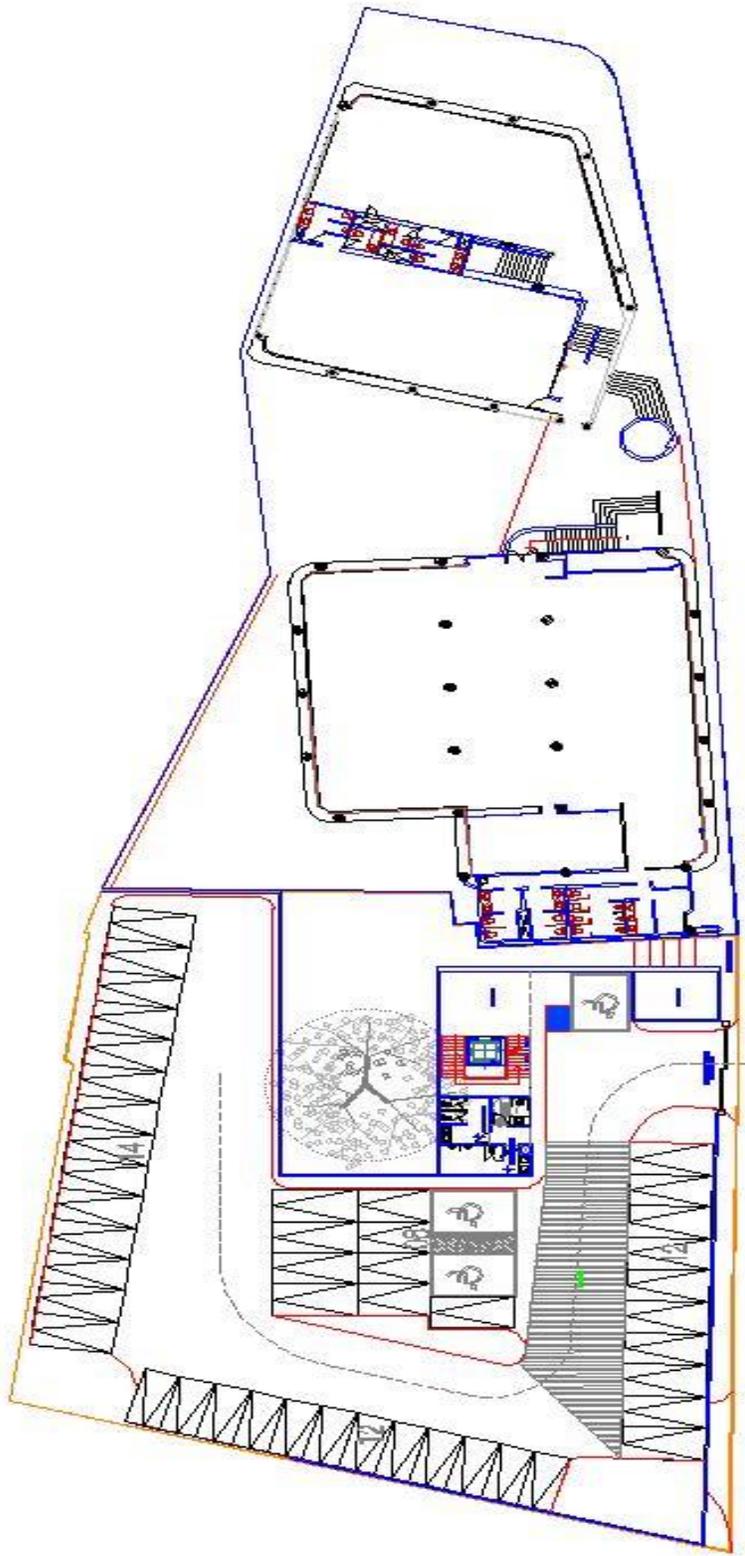


FIGURA 3. PLANTA SOTANO

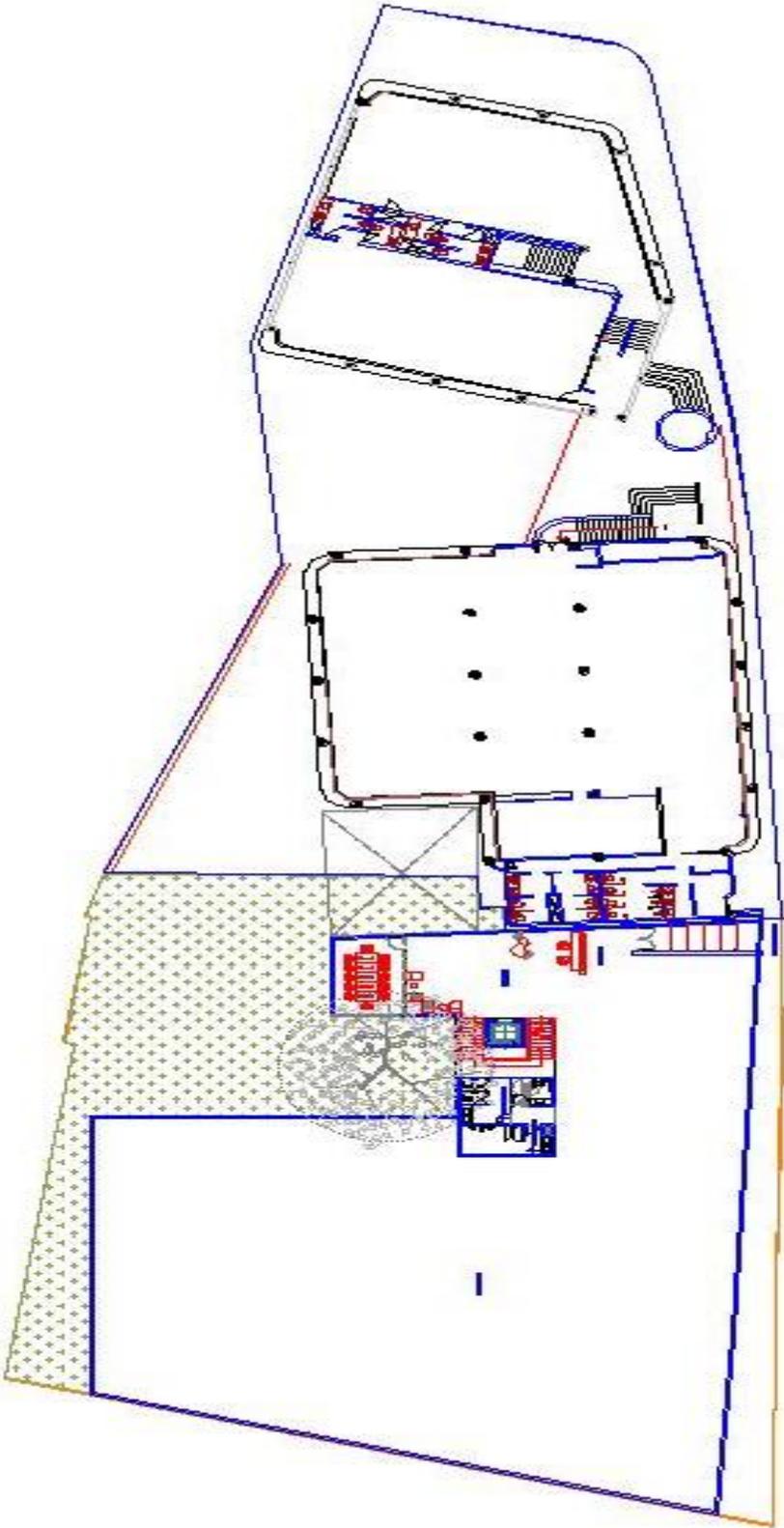


FIGURA 4. PLANTA TIPO

Los sótanos comprenderán toda el área que conforma el perímetro del terreno y la parte central quedara un árbol como se muestra en las figuras 2 a 5, se consideró que se requiere efectuar una excavación entre 3.0 y 6.0m de profundidad con respecto al nivel de banquetta de la Calle de Cerrada Maguey No.21 y 23, respectivamente, la cual va descendiendo.

1.3.-Colindancias.

Los predios estudiados están delimitados por el Club Deportivo El Yaqui, el cual tiene canchas de tenis y especialmente área verde, y en la parte donde se encuentra el predio de Maguey No.21 se tiene colindancia con las oficinas de Qualitas y con la calle cerrada de Maguey, la localización de las colindancias descritas anteriormente se muestran en la siguiente figura 6.

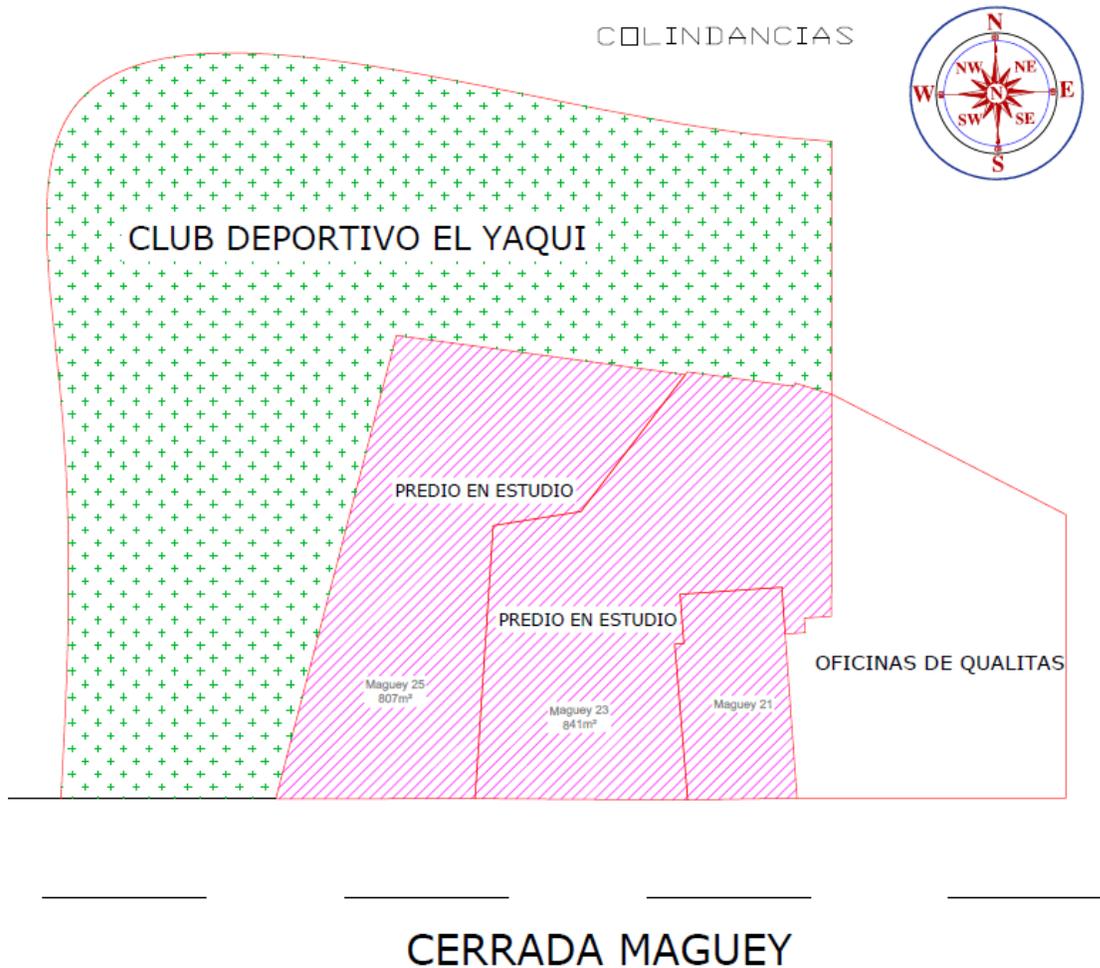


FIGURA 6. COLINDANCIAS

1.4.-Topografía.

El terreno tiene una pendiente poco pronunciada hacia la calle de Cerrada de Maguey, con plataformas generadas para la construcción de las estructuras que actualmente se encuentran en estos lotes. (Ver Figura 7).

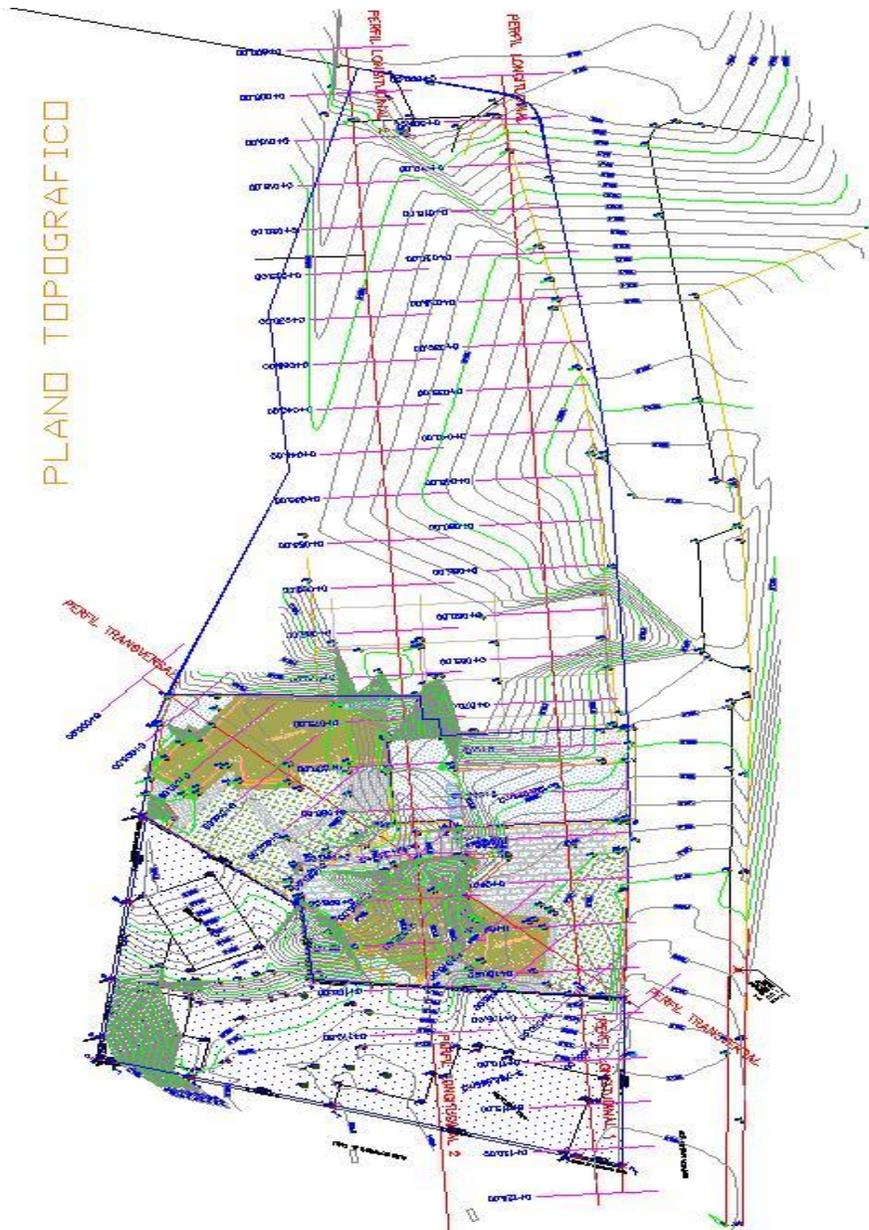


FIGURA 7. TOPOGRAFIA

1.5.-Objetivos.

El objetivo de este proyecto es:

-Determinar la estratigrafía del subsuelo en el sitio de interés, sus propiedades índices y mecánicas (deformabilidad y resistencia).

- Establecer la alternativa de cimentación que se juzga más adecuada para la construcción del inmueble que garantice su estabilidad, proporcionando las recomendaciones necesarias para su diseño, tales como: la capacidad de carga en condiciones estáticas y dinámicas, los asentamientos máximos esperados que se desarrollarán en la masa del suelo bajo la carga total de la estructura.

- Determinar el procedimiento constructivo más adecuado para la excavación que alojará la cimentación y los dos niveles de sótano que contempla el proyecto.

De acuerdo a la zonificación Geotécnica el sitio de interés se localiza en la zona denominada de Lomas, donde se encuentran intercalados depósitos lacustres y aluviales.

En este proyecto se describen los trabajos realizados, se reportan los resultados obtenidos y se consignan las recomendaciones para el diseño y construcción de la alternativa de cimentación que se juzga más adecuada para la construcción de la estructura, así como el movimiento de tierras que se requiere efectuar para la construcción de una plataforma de mejoramiento sobre la que se construirán pisos y pavimentos.

2.- Exploración y muestreo del subsuelo.

Existen dos métodos para la exploración y muestreo del subsuelo los cuales pueden ser de forma directa e indirecta como se mencionan a continuación:

Método de Exploración Directa:

Son los que se emplean para poder conocer las características estratigráficas del subsuelo y poder diseñar una cimentación adecuada para la estructura que se está analizando, es por eso que se tiene que realizar una campaña de exploración y muestreo del lugar. Las muestras que se obtienen se clasifican de acuerdo a su uso determinado como alteradas e inalteradas las cuales son indispensables para obtener parámetros más exactos.

2.1.-Pozo a cielo abierto:

Los pozos a cielo abierto deberán ser de dimensiones suficientes para permitir el examen directo de los diferentes estratos del suelo en su estado natural. Se llevará

un registro completo de las condiciones del subsuelo observadas durante la excavación, incluyendo una clasificación preliminar de los materiales encontrados. Las muestras alteradas o inalteradas se labraran en las paredes de la excavación después de remover la costra de material alterado que suele formarse por intemperización. Las muestras inalteradas deberán ser protegidas contra pérdida de humedad y alteración de la estructura.

El procedimiento consiste en realizar excavaciones a cielo abierto dentro del predio en estudio de exactamente 0.80 m. x 1.50 m. y profundidad tal que permita determinar las características de los depósitos superficiales (rellenos) y la profundidad a la que se tiene el N.A.F. (Nivel de Agua Freática) que en este caso no se detectó de acuerdo a la máxima profundidad explorada, ahora bien si las condiciones de los taludes de la excavación lo permiten se profundiza hasta 2 ó 2.5 m, de lo contrario se ampliará la excavación si se considera conveniente.

El pozo debe realizarse con pico y pala, una vez hecha la excavación, en una de las paredes del pozo se va abriendo una ranura vertical de sección uniforme de la cual se obtiene una muestra cúbica de aproximadamente 25 cm. de lado por 20 cm de profundidad, este trozo de suelo se empaca debidamente y se envía al laboratorio para su estudio. Si se detectan a simple vista varios estratos de suelo, se tomarán muestras de cada uno de ellos de la misma forma.

La ubicación y número de pozos a realizar será en función del tamaño del predio, del área que abarque la nueva construcción, del conocimiento previo de las construcciones que existan y de las colindancias.

Se deberá cuidar que la ubicación de los pozos sea tal que permita la mayor información con el mínimo costo y tiempo dependiendo de las condiciones antes citadas.

Los pozos también deben permitir obtener información acerca del desplante de las estructuras colindantes y de las cimentaciones antiguas en el predio mismo en el que caso de que existan.

Para conocer las características estratigráficas de los depósitos superficiales del subsuelo en el área de interés se excavaron 14 pozos a cielo abierto, de los cuales siete se excavaron en el lote 25, cinco en el lote 23 y dos en el lote 21, realizados entre 0.60 y 3.10 m de profundidad, obteniendo muestras cúbicas inalteradas de los materiales representativos, muestras representativas alteradas cada cambio de estrato y determinando la estratigrafía en las paredes de los pozos mediante técnicas de campo, denominados PCA-1 a PCA-14.

Los perfiles estratigráficos de cada uno de los pozos a cielo abierto excavados en el interior del predio se indican en las figuras 8 a 21

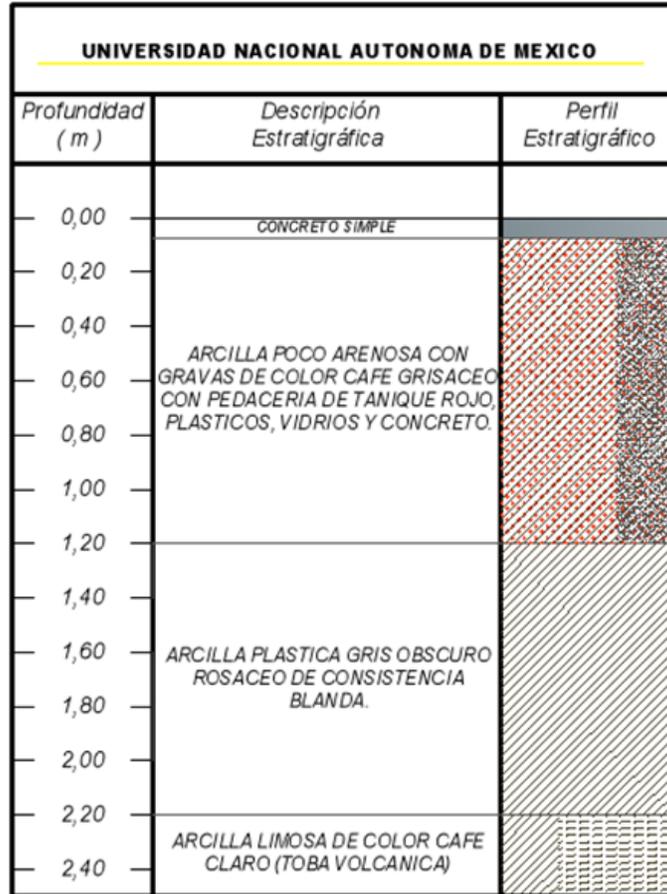


FIGURA 8. POZO A CIELO ABIERTO 1

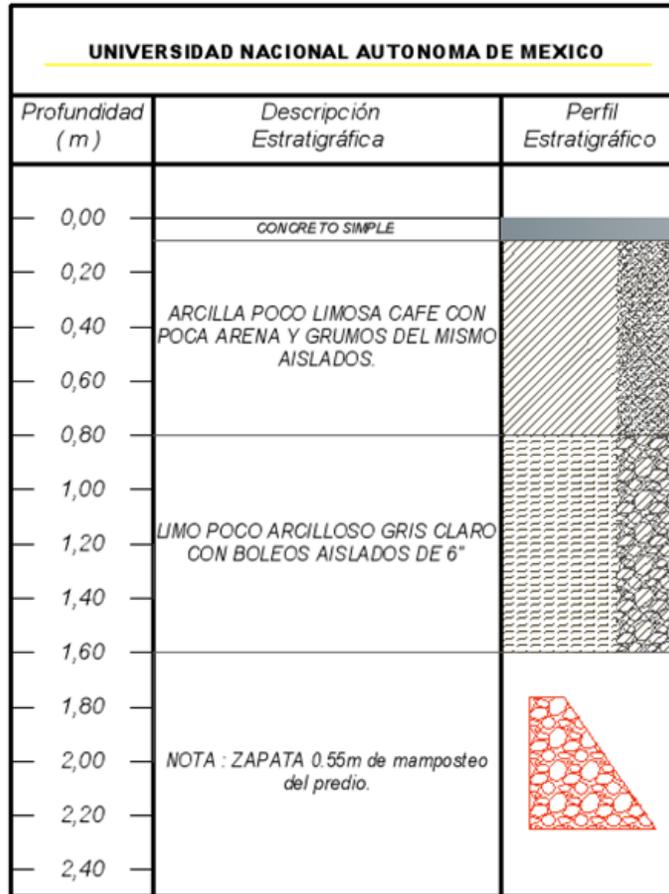


FIGURA 9. POZO A CIELO ABIERTO 2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico
0,00	ARCILLA LIMOSA GRIS OSCURO	
0,10		
0,20	PEDACERIA DE TABIQUE ROJO, CONCRETO Y GRAVAS CON ARENA.	
0,30		
0,40		
0,50		
0,60		
0,70	NOTA : Contacto con un piso.	
0,80		
0,90		
1,00		
1,10		
1,20		



FIGURA 10. POZO A CIELO ABIERTO 3

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico
0,00		
0,10	CONCRETO ARMADO CON DOBLE MALLA	
0,20		
0,30	ARCILLA CAFE GRISACEO POCO LIMOSA CON Poca ARENA Y GRAVAS AISLADAS.	
0,40		
0,50	CONCRETO SIMPLE	
0,60		
0,70		
0,80		
0,90		
1,00		
1,10		
1,20		



FIGURA 11. POZO A CIELO ABIERTO 4

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico
0,00	CONCRETO ARMADO CON DOBLE MALLA	
0,20	ARCILLA CAFE GRISACEO POCO LIMOSA CON Poca ARENA Y GRAVAS AISLADAS.	
0,40		
0,60	CONCRETO SIMPLE	
0,80	BOLEOS EMPACADOS DE ARCILLA CAFE CON ARENA Y PEDAGERIA AISLADA DE TABIQUE ROJO.	
1,00		
1,20		
1,40		
1,60		
1,80		
2,00		
2,20		
2,40		



FIGURA 12. POZO A CIELO ABIERTO 5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico
0,00		
0,20	ARCILLA LIMOSA GRIS OSCURO	
0,40	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO GRIS OSCURO CON PEDACERIA DE PLASTICOS, CONCRETO Y GRAVAS.	
0,60		
0,80		
1,00		
1,20	BOLEOS DE 3 A 7" EMPACADOS EN ARCILLA POCO LIMOSA CAFE GRISACEO.	
1,40		
1,60		
1,80		
2,00		
2,20		
2,40		



FIGURA 13. POZO A CIELO ABIERTO 6

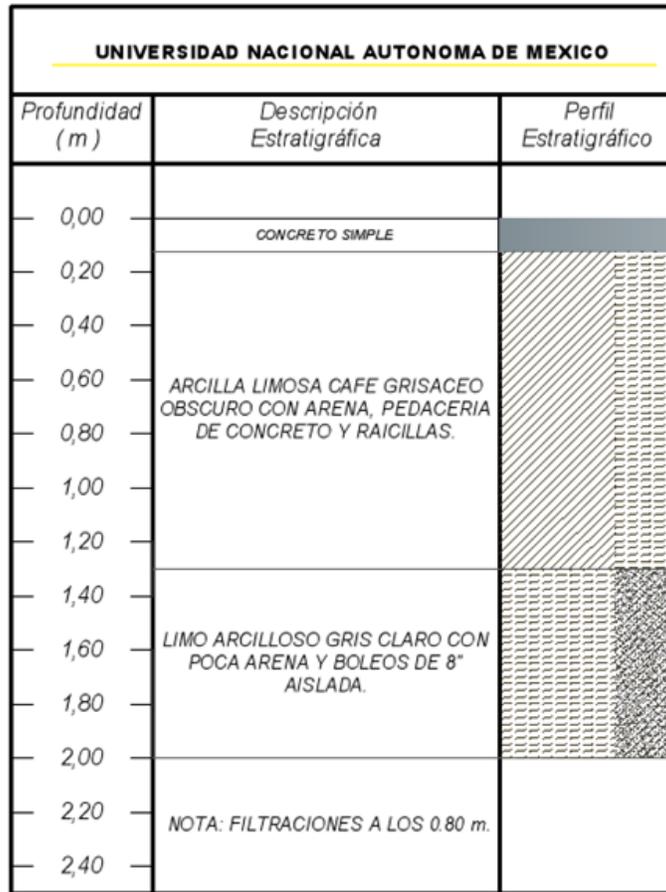


FIGURA 14. POZO A CIELO ABIERTO 7

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico
0,00	CONCRETO ARMADO CON DOBLE MALLA	
0,10	ARCILLA CAFE GRISACEO POCO LIMOSA CON POCOA ARENA Y GRAVAS AISLADAS.	
0,20		
0,30		
0,40	ARCILLA LIMOSA CAFE GRISACEO CLARO CON POCOA ARENA Y GRUMOS CEMENTADOS DE LIMO BLANQUISCO	
0,50		
0,60		
0,70		
0,80		
0,90		
1,00		
1,10		
1,20		



FIGURA 15. POZO A CIELO ABIERTO 8

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico
0,00	CONCRETO SIMPLE	
0,10	LIMO ARCILLOSO GRIS OSCURO CON ARENA PEDACERIA DE CONCRETO Y RAICILLAS.	
0,20		
0,30		
0,40		
0,50		
0,60	LIMO ARCILLOSO GRIS CLARO CON GRUMOS CEMENTADOS, DE MISMO Y Poca ARENA.	
0,70		
0,80		
0,90		
1,00		
1,10	ZAPATA: Colindancia a 0.55 m Mamposteo.	
1,20		



FIGURA 16. POZO A CIELO ABIERTO 9

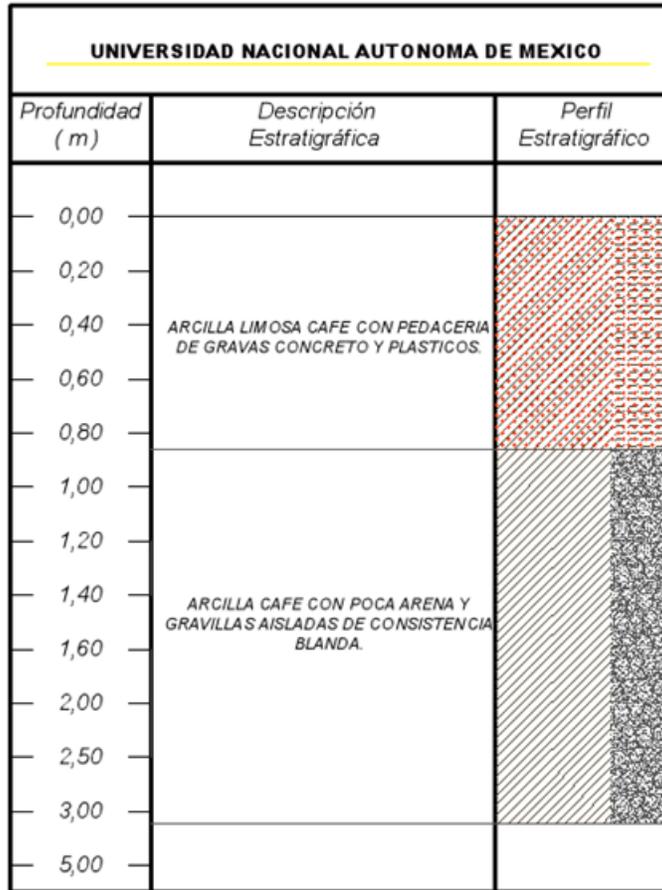


FIGURA 17. POZO A CIELO ABIERTO 10

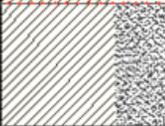
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico
0,00		
0,20	ARCILLA LIMOSA CAFE CON PEDACERIA DE GRAVAS CONCRETO Y PLASTICOS.	
0,40		
0,60	ARCILLA CAFE CON POCA ARENA Y GRAVILLAS AISLADAS DE CONSISTENCIA BLANDA.	
0,80		
1,00	LIMO ARCILLOSO GRIS CLARO CON ARENA Y RAICILLAS AISLADAS DE CONSISTENCIA DURA (MATERIAL NATURAL).	
1,20		
1,40		
1,60		
1,80		
2,00		
2,10		
2,20		



FIGURA 18. POZO A CIELO ABIERTO 11

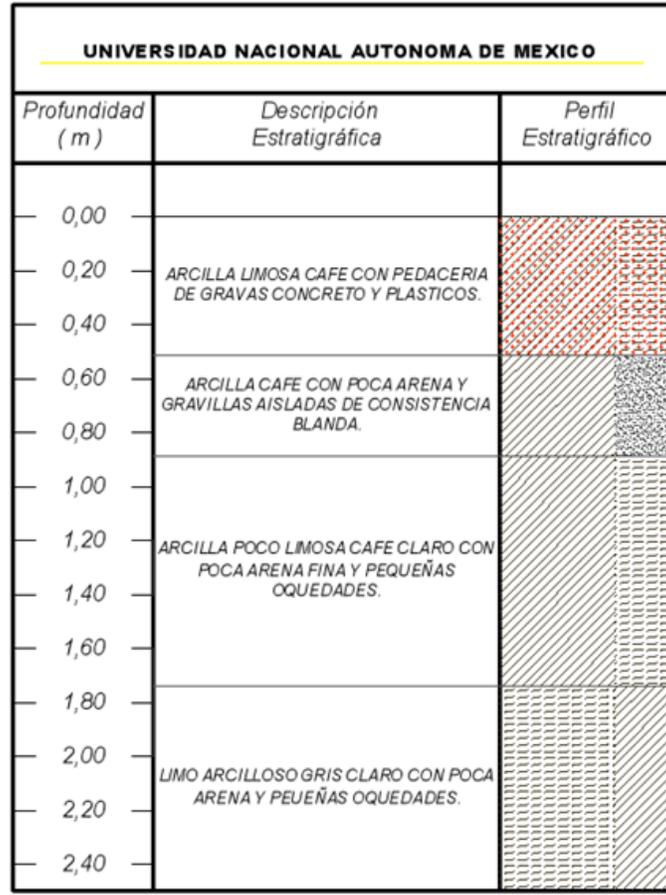


FIGURA 19. POZO A CIELO ABIERTO 12

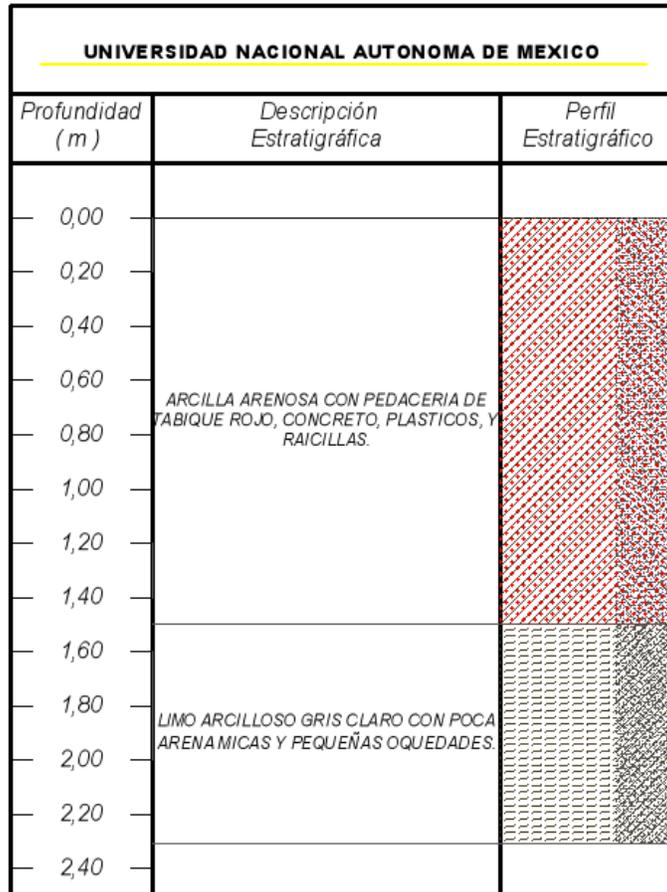


FIGURA 20. POZO A CIELO ABIERTO 13

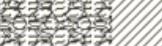
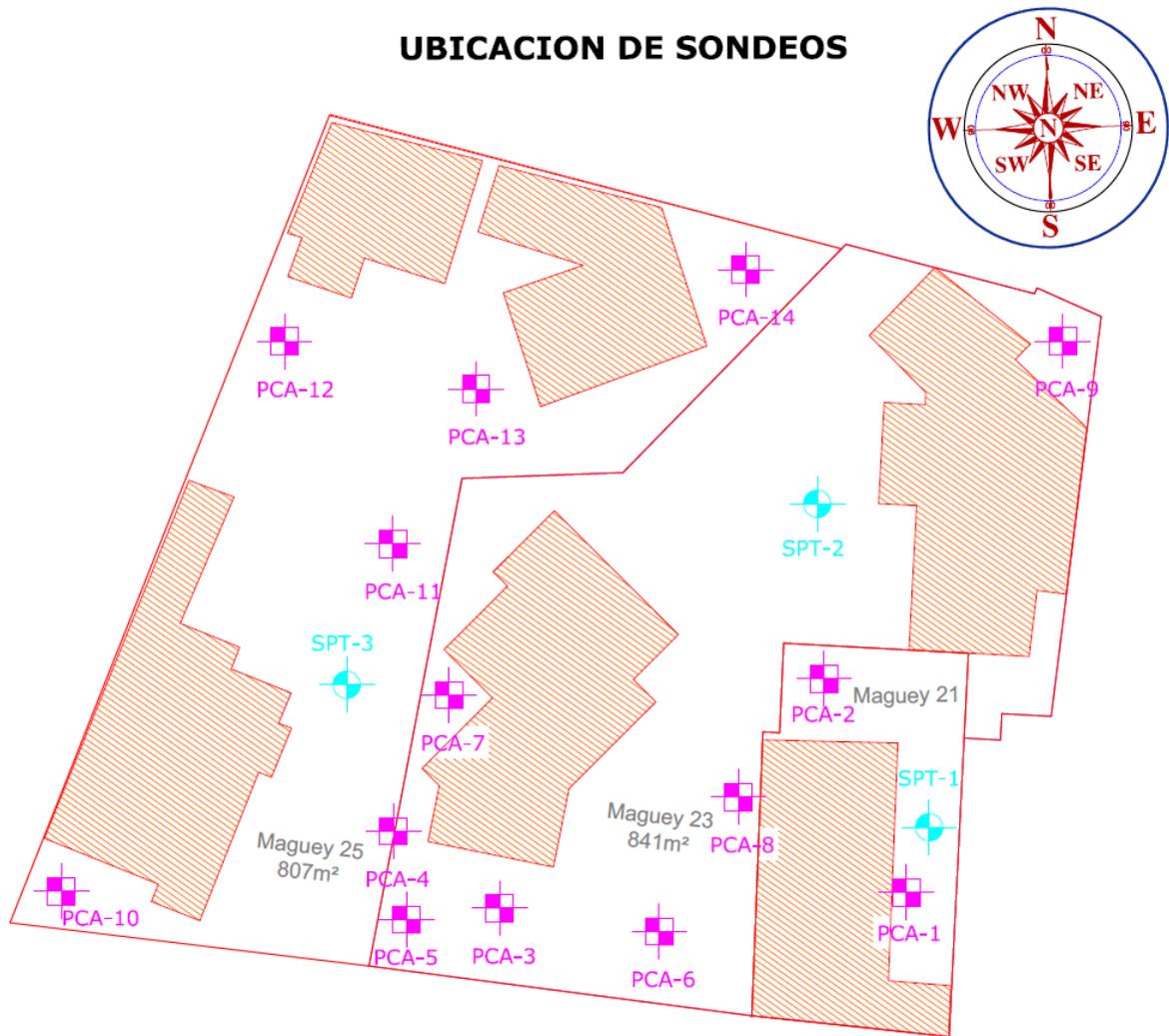
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico
0,00	<i>PISO DE TABIQUE ROJO.</i>	
0,10	<i>ARCILLA POCO LIMOSA CAFE Y GRUMOS CEMENTADOS DE LIMO GRIS BLANQUISCO.</i>	
0,20		
0,30		
0,40	<i>BOLEOS EMPACADOS DE LIMO POCO ARCILLOSO GRIS CLARO DE CONSISTENCIA DURA (MATERIAL NATURAL).</i>	
0,50		
0,60		
0,70		
0,80		
0,90		
1,00		
1,10		
1,20		



FIGURA 21. POZO A CIELO ABIERTO 14

La ubicación de los sondeos y los pozos a cielo abierto que se realizaron en el sitio de interés durante la exploración, para obtener información se presenta en la siguiente figura 22.



SIMBOLOGIA

-  POZOS A CIELO ABIERTO (PCA'S)
-  SONDEO DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)

FIGURA 22. UBICACIÓN DE SONDEOS

De acuerdo a la exploración realizada en el sitio de interés se estima la zonificación de rellenos de mala calidad los cuales varean entre 0.60 y 1.50m, tal como se muestra en la siguiente figura 23.

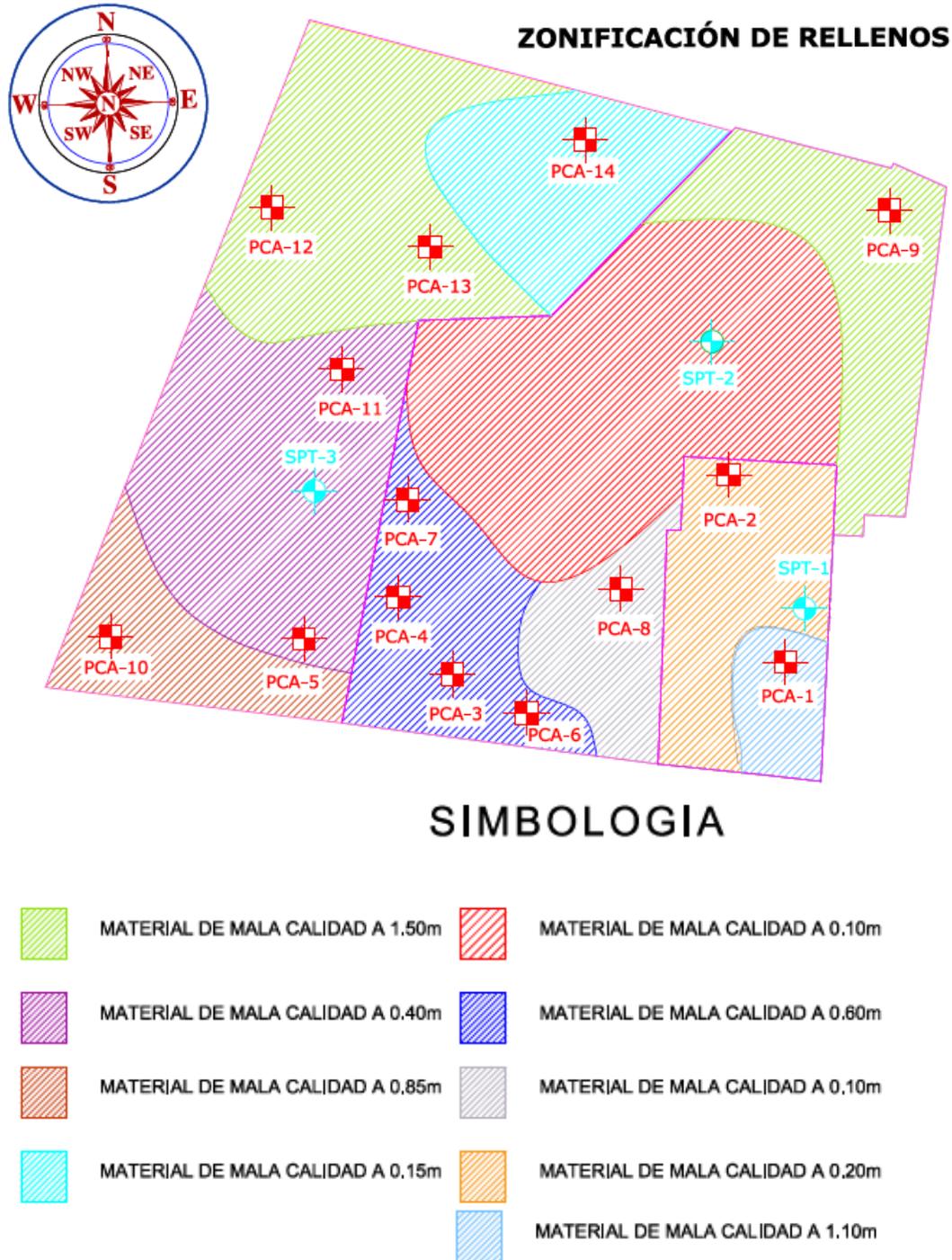


FIGURA 23. ZONIFICACIÓN DE RELLENOS

2.2.- Métodos de exploración Indirectos.

Los métodos indirectos de estudio del interior de la Tierra nos permiten obtener datos a partir de los cuales se extraen conclusiones válidas sobre algunas características físicas (densidad, magnetismo, temperatura), sobre el estado físico de los materiales y sobre la estructura del interior terrestre.

2.2.1.-Sondeo de Penetración Estándar (SPT).

El método fue estandarizado en 1958 por la American Society for Testing Materials, ASTM, con la designación D 1586. Según esta norma las dimensiones del penetrómetro estándar deben cumplir dimensiones.

Dependiendo de la compacidad, forma y tamaño de las arenas, para evitar la pérdida de las mismas es necesario el uso de alguna de las trampas mostradas que se coloca entre el tubo partido y la zapata, con las puntas hacia arriba. Conviene señalar que en nuestra media la longitud en la cámara de muestreo, comúnmente es de 600 mm. Actualmente el martinete que golpea a las barras de perforación durante el hincado del muestreador es el conocido como “martinete de seguridad” debido a que su altura máxima de caída es de los 76 cm. Ver figura 24

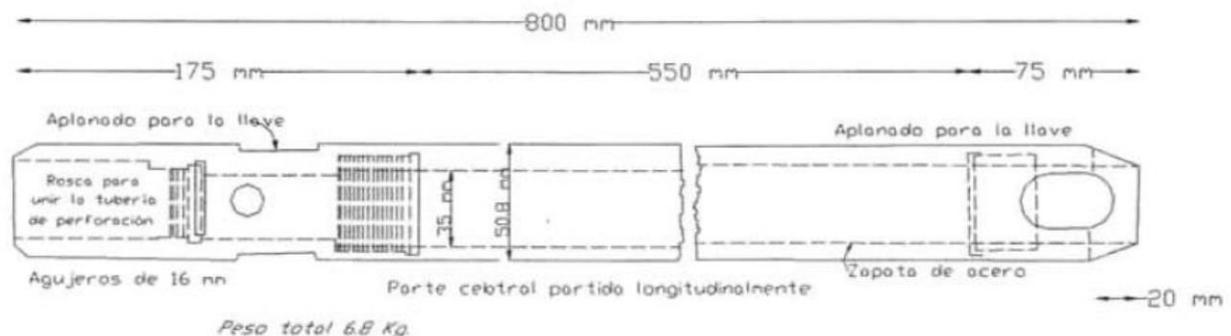


FIGURA 24.SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

El martinete es elevado con ayuda de un malacate “cabeza de gato”. Si la cuerda se enrolla en el sentido de las manecillas del reloj, habrá que dar 1.75 vueltas. Si se enrolla en sentido contrario, serán 2.25 vueltas, esto con el fin de garantizar que el martinete caiga libremente.

Al golpear las barras de perforación para hincar el penetrómetro, se contarán los golpes necesarios para penetrar en el suelo 15 cm. Se define como resistencia a la penetración estándar al número de golpes necesarios para hincar el penetrómetro los 30 cm centrales. Si el penetrómetro es de 45 cm los últimos 30 cm.

La utilidad de la prueba de penetración estándar radica en las correlaciones, sobre todo en arenas, que permiten relacionar aproximadamente la compacidad, el ángulo

de fricción interna ϕ , en arenas necesarias en el suelo para que el penetrómetro estándar logre entrar en los 30 cm especificados.

Las correlaciones obtenidas para suelos friccionantes son bastantes dignas de crédito, por lo que son aplicables al trabajo practico; por otro lado, en el caso de los suelos arcilloso plásticos las correlaciones de la prueba estándar con, q_u son menos dignas de crédito pero aceptables en casos prácticos. A continuación se presenta una tabla que correlaciona el número de golpes con la compacidad relativa, en el caso de las arenas, y la consistencia, en el caso de las arcillas, según Terzaghi y Peck.

ARENAS (Bastante seguras)	
No. De golpes por 30 cm. (N)	Compacidad Relativa
0 - 4	Muy suelta
4 - 10	Suelta
10 - 30	Media
30 - 50	Compacto
Más de 50	Muy compacto

ARCILLAS (Relativamente inseguras)	
No. De golpes por 30 cm. (N)	Consistencia
0 - 2	Muy blanda
2 - 4	Blanda
4 - 8	Media
8 - 15	Firme
15 - 30	Muy firme
Más de 30	Dura

2.2.2.- Muestreo con Barril NQ.

Con este método se obtienen muestras inalteradas del suelo, aunque en Mecánica de Suelos se habla de muestras "inalteradas" se debe entender en realidad un tipo de muestra obtenida con cierto procedimiento que trata de hacer mínimos los cambios en las condiciones de la muestra "in situ", sin interpretar la palabra en su sentido literal.



MUESTREADOR BARRIL NQ

La aclaración anterior se debe a que la muestra obtenida con esta herramienta alterará inevitablemente las condiciones de esfuerzo que está tiene con relación al

material que la rodea. Sin embargo, con este procedimiento, y gracias a una corrección que se hace en el desarrollo de los cálculos, los datos que se obtienen son de gran confiabilidad.

El barril NQ es un muestreador para roca, utilizado para una extracción estratigráfica que protege el corazón de la roca de las herramientas de perforación.

Durante el desarrollo de cada sondeo, se debe llevar un registro de campo, que contenga la información estratigráfica, descripción de los materiales, profundidad y espesor de los estratos, aspectos de las maniobras de perforación, toma de muestras, pruebas de permeabilidad y profundidad de niveles freáticos. Si se perfora en suelos duros, se debe medir con tacómetro de bolsillo la resistencia al esfuerzo cortante en ambos extremos de cada muestra inalterada.

En el caso de la exploración en roca, se debe llevar un registro en donde se indiquen las características de las rocas tales como fracturas y condiciones de compacidad, aumento o pérdida del agua de perforación, medición del porcentaje de recuperación, obtención del índice de calidad de la roca (RQD) a 10 y 20 cm y clasificación litológica para el estudio de los materiales, los corazones de roca obtenidos se colocan en cajas de madera, en secuencia correcta de acuerdo a la profundidad, colocando separadores de madera entre los tramos de Perforación o muestras extraídas.

Tamaño	Sistema métrico (milímetro)		Sistema imperial (adentro)	
	Diámetro de agujero	Diámetro de base	Diámetro de agujero	Diámetro de base
BQ	60	36,4	2,36	1,43
NQ	75,7	47,6	2,98	1,88
HQ	96,1	63,5	3,78	2,5
PQ	122,7	85	4,83	3,34
Superficie triple del tubo				
NQ3	75,7	45	2,98	1,78
HQ3	96,1	61,1	3,78	2,41
PQ3	122,7	83	4,83	3,27

DIAMETROS DE MUESTREADORES EN ROCA Y TOBAS

En las figuras 25 a 27 se presentan los registros de campo de los sondeos profundos de tipo mixto realizados, y en las figuras 28 a 30 se muestran los perfiles estratigráficos de los sondeos y los resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas en las muestras obtenidas de los sondeos mixtos realizados en el sitio de interés, incluyendo los valores del índice de resistencia a la penetración estándar de los depósitos atravesados en el interior del predio.



REGISTRO DE EXPLORACION

Numero		Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD	Muestreo		Descripción
Muestra	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)	(%)	Avance	BT	TP	
-	0.00	0.10		AVANCE		-				BT		Avance con Broca Triconica (LOZA DE CONCRETO)
1	0.10	0.70	2	2	6	31				TP		Arcilla con gravillas color cafe claro
2	0.70	1.30	2	4	5	34				TP		Arcilla con gravas color cafe claro
3	1.30	1.90	8	15	9	32				TP		Gravas empacadas en arcilla color gris blanquisco
4	1.90	2.50	8	18	15	36				TP		Gravas color gris blanquisco
5	2.50	3.10	8	33	19	24				TP		Gravas color gris blanquisco
6	3.10	3.70	17	20	15	26				TP		Limo arenoso con gravillas color rojiso
7	3.70	4.10	15	50/25		27				TP		Limo arenoso con gravillas color rojiso
-	4.10	4.30		AVANCE		-				BT		Avance con Broca Triconica
8	4.30	4.52	35	50/7		12				TP		Gravas color gris blanquisco
-	4.52	4.90		AVANCE		-				BT		Avance con Broca Triconica
9	4.90	5.25	16	50/20		16				TP		Limo arenoso con gravas color gris
-	5.25	5.50		AVANCE		-				BT		Avance con Broca Triconica
10	5.50	6.10	18	17	8	37				TP		Limo arenoso color blanquisco
11	6.10	6.70	7	32	12	19				TP		Limo arenoso color blanquisco
12	6.70	7.30	7	18	11	26				TP		Limo arenoso color blanquisco
13	7.30	7.90	9	31	17	28				TP		Limo arenoso color blanquisco
14	7.90	8.50	9	18	10	32				TP		Limo arenoso con gravillas color gris
15	8.50	9.10	9	32	23	38				TP		Limo arenoso con gravillas color gris
16	9.10	9.50	18	50/25		26				TP		Limo arenoso con gravillas color gris
-	9.50	9.70		AVANCE		-				BT		Avance con Broca Triconica
17	9.70	10.00	38	50/15		24				TP		Limo arenoso con gravillas color gris
-	10.00	10.30		AVANCE		-				BT		Avance con Broca Triconica
18	10.30	10.60	36	50/15		23				TP		Limo arenoso con gravas empacadas color gris
-	10.60	10.90		AVANCE		-				BT		Avance con Broca Triconica
19	10.90	11.20	37	50/15		20				TP		Limo arenoso con gravas empacadas color gris
-	11.20	11.50		AVANCE		-				BT		Avance con Broca Triconica
20	11.50	11.80	32	50/15		27				TP		Limo arenoso con gravas empacadas color gris

OPERADOR: SERGIO F. PACHECO RODRIGUEZ
 SUPERVISOR: ING. RENE OVANDO
 PERDIDA PARCIAL DE AGUA SE ADEMO A 5.00 MTS
 OBSERVACION: FIGURA 24
 FIGURA-25

FIGURA 25. REGISTRO DE CAMPO DE SPT-1 (PRIMERA PARTE)

REGISTRO DE EXPLORACION

Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD (%)	Muestreo		Descripción
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)		Avance	TP	
1	0.00	0.30	9	50/15		27			TP	Material de Relleno	
-	0.30	0.60		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica	
2	0.60	1.20	8	26	15	33			TP	Limo poco arcilloso color café claro	
3	1.20	1.80	8	20	12	28			TP	Arcilla limosa con gravillas color café claro	
4	1.80	2.40	8	27	18	29			TP	Limo arenoso color café claro	
5	2.40	3.00	7	32	22	32			TP	Limo arenoso color café claro	
6	3.00	3.60	17	45	13	33			TP	Limo arenoso color grisáceo	
7	3.60	4.20	14	38	25	27			TP	Limo arenoso color grisáceo	
8	4.20	4.65	23	50/30		25			TP	Limo arenoso color grisáceo	
-	4.65	4.80		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica	
9	4.80	5.20	13	50/25		21			TP	Arena limosa con gravas color gris claro	
-	5.20	5.40		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica	
10	5.40	5.65	28	50/10		18			TP	Arena limosa con gravas color gris claro	
-	5.65	6.00		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica	
11	6.00	6.45	19	50/30		29			TP	Arena limosa con gravillas color gris claro	
-	6.45	6.60		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica	
12	6.60	6.95	38	50/20		24			TP	Arena limosa con gravillas color gris claro	
-	6.95	7.20		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica	
13	7.20	7.80	13	26	17	32			TP	Arena limosa con gravas color gris claro	
14	7.80	8.40	19	29	14	20			TP	Arena limosa con gravas color gris claro	
15	8.40	9.00	16	36	24	33			TP	Limo arenoso con gravas color grisáceo	
16	9.00	9.60	19	38	21	22			TP	Limo arenoso con gravas color grisáceo	
17	9.60	9.95	28	50/20		20			TP	Limo arenoso color grisáceo	
-	9.95	10.20		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica	
18	10.20	10.65	21	50/30		23			TP	Arena gruesa limosa color grisácea con gravillas	
-	10.65	10.80		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica	
19	10.80	11.40	15	40	28	42			TP	Arena media gruesa limosa con gravillas color blanquizca a grisácea	
20	11.40	11.70	28	50/15		21			TP	Limo arenoso con gravillas color blanquizco	
21	11.7	12		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica	
22	12.45	36		20 50/30		36			TP	Limo arenoso con gravillas color gris claro	

FIGURA-26

Operador SERGIO PACHECO

FIGURA 26. REGISTRO DE CAMPO DE SPT-2 (PRIMERA PARTE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

REGISTRO DE EXPLORACION

PROYECTO: MAGUEY		UBICACIÓN: PRIVADA MAGUEY LOTE 1 COL. EL YAQUI		LONG YEAR 34		BOMBA: M OYNO 3L6		HOJA 1				
SONDEO: SPT-3		FECHA DE INICIO: 20-mar-12		FECHA DE TERMINACION: 20-mar-12								
N.A.F.: NO SE DETECTO												
Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD		Muestreo		Descripción
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)	(%)	Avance			
1	0.00	0.60	2	5	2	17			TP		Arcilla poco arenosa color cafe obscuro	
2	0.60	1.20	2	2	2	31			TP		Arcilla poco limosa con poca arena color cafe obscuro	
3	1.20	1.80	2	5	6	38			TP		Arcilla poco limosa con poca arena color cafe obscuro	
4	1.80	2.40	4	5	4	22			TP		Arcilla con arena media color cafe obscuro	
5	2.40	3.00	6	25	12	35			TP		Arcilla limosa poco arenosa color gris claro	
6	3.00	3.60	12	28	16	10			TP		Arcilla limosa poco arenosa color gris claro	
7	3.60	4.20	4	16	15	29			TP		Arcilla limosa cafe grisacea con poca arena fina	
8	4.20	4.80	8	22	13	19			TP		Arcilla limosa cafe grisacea con poca arena fina	
9	4.80	5.40	9	24	15	33			TP		Arena limosa poco arcillosa color cafe obscuro	
SM	5.40	6.00	7	26	13	SR			TP		Sin recuperacion de muestra	
10	6.00	6.60	3	12	10	29			TP		Arena fina poco limosa color cafe obscuro	
11	6.60	7.20	7	18	15	15			TP		Arena fina poco limosa color cafe obscuro	
12	7.20	7.80	9	20	13	18			TP		Arena fina poco limosa color cafe obscuro	
13	7.80	8.40	12	27	18	33			TP		Arena fina color gris claro	
14	8.40	9.00	15	31	22	24			TP		Arena fina color gris claro	
15	9.00	9.60	18	38	30	20			TP		Arena fina color gris claro	
16	9.60	10.20	22	41	31	26			TP		Arena fina color gris claro	
17	10.20	10.80	8	29	23	35			TP		Arena fina muy poco limosa color cafe obscuro	
18	10.80	11.25	13	50/30		25			TP		Arena fin muy poco limosa color cafe obscuro	
-	11.25	11.40		AVANCE		-			BT		Avance con Broca Triconica	
19	11.40	11.83	19	50/28		28			TP		Arena con grava color cafe amarillenta	
-	11.83	12.00		AVANCE		-			BT		Avance con Broca Triconica	
20	12.00	12.35	14	50/20		18			TP		Arena media color gris claro	
-	12.35	12.60		AVANCE		-			BT		Avance con Broca Triconica	
21	12.60	12.85	31	50/10		15			TP		Arena media color gris claro	
-	12.85	13.20		AVANCE		-			BT		Avance con Broca Triconica	
22	13.20	13.80	15	36	44	23			TP		Arena con grava color gris claro	
23	13.80	14.10	25	50/15		18			TP		Arena media color gris	

Operador: SERGIO F. PACHECO RODRIGUEZ
Supervisor: ING. RENE OVANDO

FIGURA-27

FIGURA 27. REGISTRO DE CAMPO DE SPT-3 (PRIMERA PARTE)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

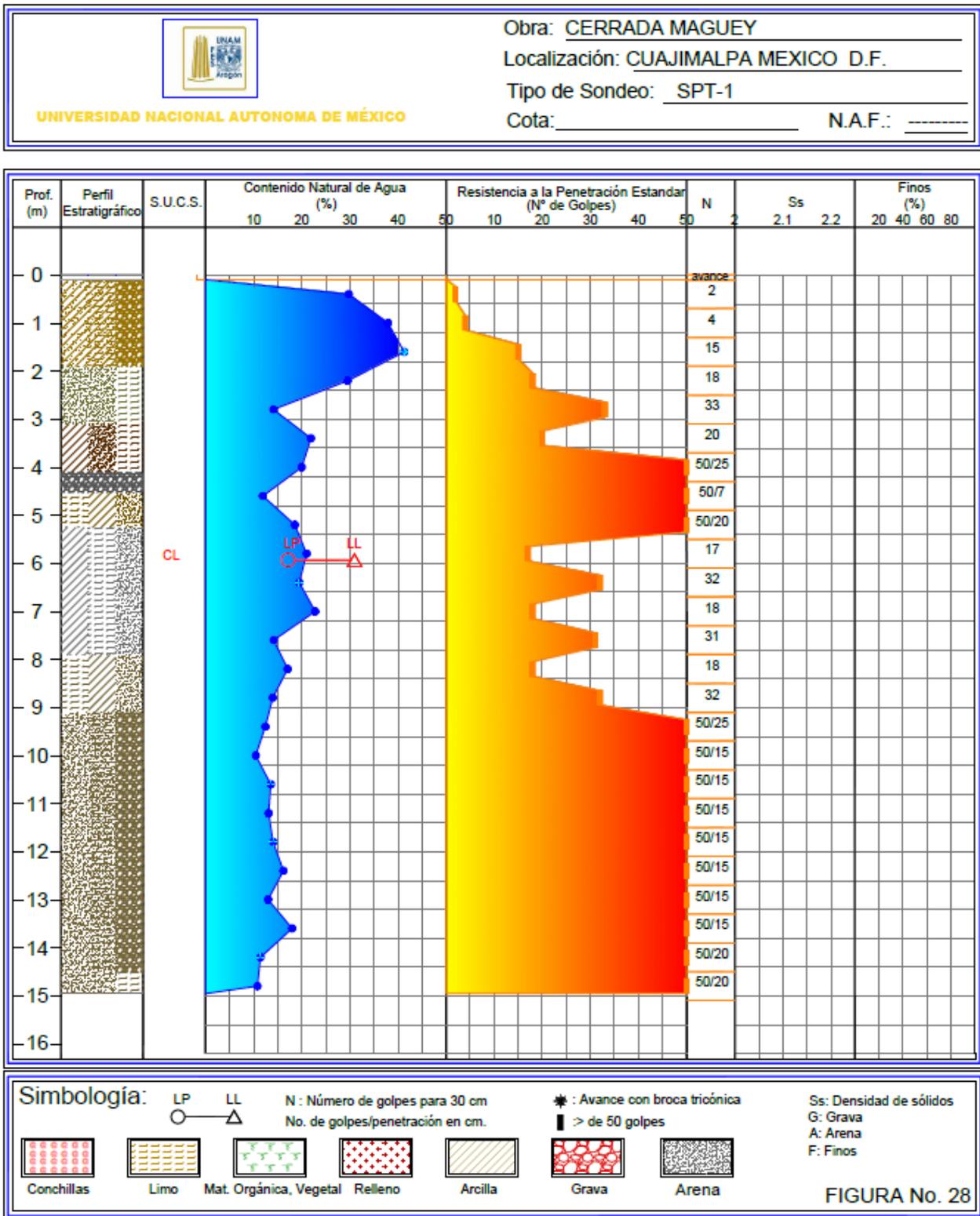
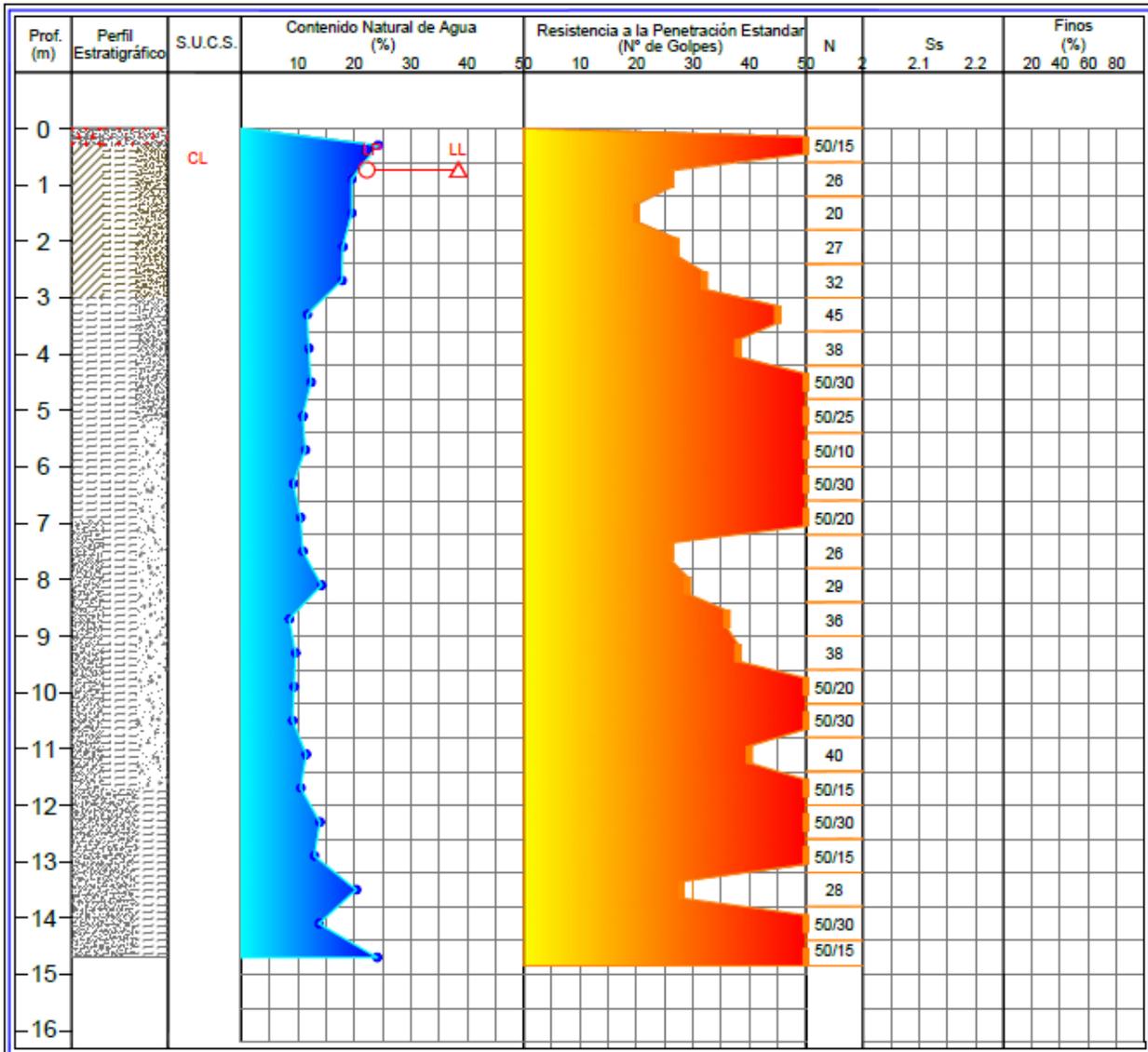


FIGURA 28. PERFIL ESTRATIGRAFICO SPT-1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

	Obra: <u>CERRADA MAGUEY</u> Localización: <u>CUAJIMALPA MEXICO D.F.</u> Tipo de Sondeo: <u>SPT-2</u> Cota: _____ N.A.F.: _____
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO	



Simbología:

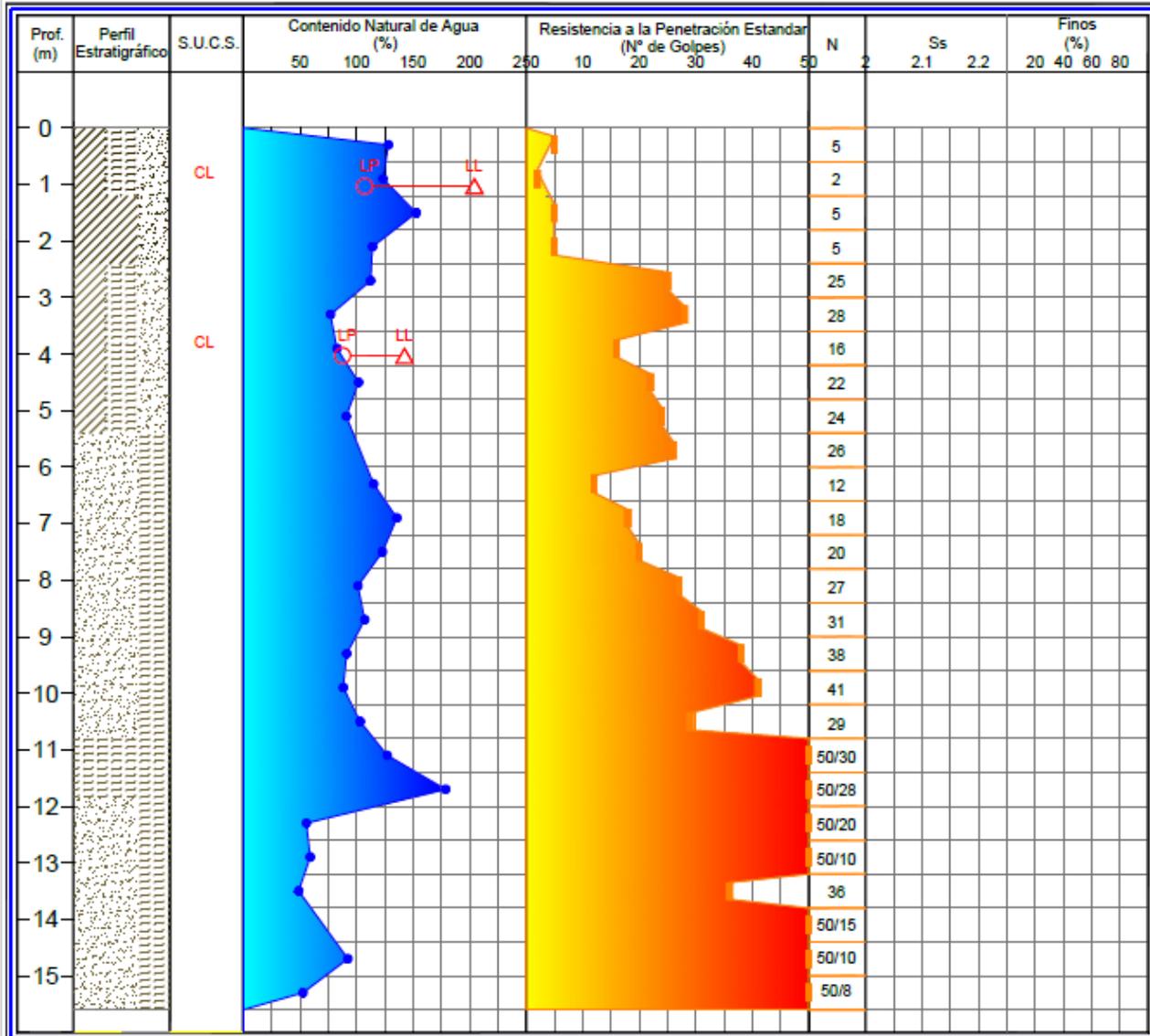
LP	LL	N : Número de golpes para 30 cm No. de golpes/penetración en cm.	* : Avance con broca triocónica > de 50 golpes	Ss: Densidad de sólidos G: Grava A: Arena F: Finos
				
Conchillas	Limo	Mat. Orgánica, Vegetal	Relleno	Arcilla
				
			Grava	Arena

FIGURA No.29

FIGURA 29. PERFIL ESTRATIGRAFICO SPT-2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO	Obra: <u>CERRADA MAGUEY</u> Localización: <u>CUAJIMALPA MEXICO D.F</u> Tipo de Sondeo: <u>SPT-3</u> Cota: _____ N.A.F.: _____
---	--



Simbología:

		N : Número de golpes para 30 cm No. de golpes/penetración en cm.		Ss: Densidad de sólidos G: Grava A: Arena F: Finos

FIGURA No. 30

FIGURA 30. PERFIL ESTRATIGRAFICO SPT-3

3.- Pruebas índices y mecánicas.

Luego de haber concluido la etapa de exploración del subsuelo, todas las muestras obtenidas fueron sometidas a una serie de pruebas de laboratorio, las cuales proporcionan de forma aproximada los valores de sus propiedades índice y mecánicas, mismas que son de vital importancia debido a que con ellas podemos obtener parámetros con los cuales se puede diseñar la cimentación de la estructura proyectada.

En seguida se muestra un resumen sobre los ensayos de laboratorio que se llevaron a cabo en las muestras de suelo obtenidas en el predio de estudio.

3.1.- Contenido de humedad (w%).

El contenido de humedad o contenido de agua (w%), es un ensayo de laboratorio que se utiliza para determinar el porcentaje de agua que contiene la muestra de suelo, y se calcula como la relación entre la masa de agua y la masa de la muestra seca, como se muestra a continuación:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

donde:

W(%): Contenido de humedad

W_w: Peso del agua presente en la masa de suelo

W_s: Peso de la masa de suelo seca

En la naturaleza, la humedad de los suelos varía entre límites muy amplios. En México, existen valores de 1000% en arcillas procedentes de la región sureste del país. En el valle de México son normales las humedades de 500-600%.

3.2.- Limite líquido (LL) y limite plástico (LP).

Los límites líquido y plástico son solo dos de los 5 “límites” propuestos por A. Atterberg, un científico sueco dedicado a la agricultura. Estos límites son:

1.-Limite de cohesión. Es el contenido de humedad con el cual las boronas de suelo son capaces de pegarse unas con otras.

2.- Limite de adhesión. Es el contenido de humedad con el que la arcilla pierde sus propiedades de adherencia con una superficie metálica. Es de gran importancia en la agricultura.

3.- Limite de contracción. Es el contenido de humedad por debajo del cual no se produce reducción adicional de volumen o contracción del suelo.

4.- Limite plástico. Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material plástico.

5.- Limite líquido. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Los límites líquido y plástico han sido ampliamente utilizados en todas las regiones del mundo, principalmente con objetivos de identificación y clasificación de suelos. El límite líquido puede utilizarse en ocasiones para estimar asentamientos en problemas de consolidación y ambos límites son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación.

Para establecer valores definidos, reproducibles, de estos límites, se propuso que el limite liquido se definiera arbitrariamente como el contenido de humedad al cual una masa de suelo húmedo colocada en un recipiente en forma de capsula de bronce, separada en dos por la acción de una herramienta para hacer una ranura estándar, y dejada caer desde una altura de 1 cm, sufra después de dejarla caer 25 veces una falla o cierre de la ranura en una longitud de 12.7 mm. Algunas variables afectan el resultado de la prueba del límite líquido o el número de golpes requeridos para cerrar la ranura estándar en una longitud de 12.7 mm entre los cuales se encuentran:

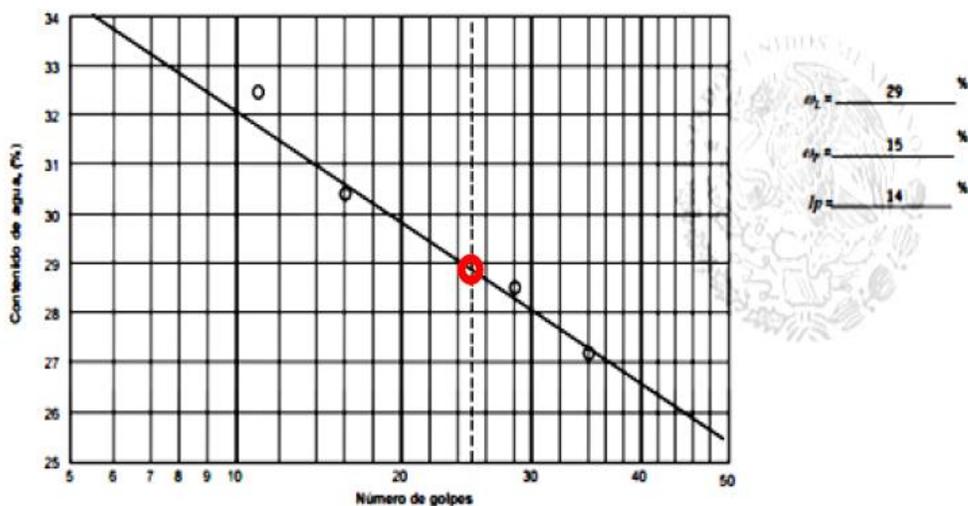
1. Tamaño de la masa de suelo contenido en la cápsula
2. Velocidad a la cual se dan los golpes (debería ser 120 revoluciones por minuto).
3. Tiempo de reposo del suelo en la cazuela antes de comenzar la cuenta de golpes y estado de limpieza de la cazuela antes de colocar la pasta de suelo para el ensayo.
4. Humedad del laboratorio y rapidez con la que se hace el ensayo.
5. Tipo de material utilizado como base del aparato o superficie contra la cual se debe golpear la cazuela (comúnmente se utiliza caucho duro o mi carta).
6. Ajuste o calibración de la altura de caída de la cazuela (debe ser exactamente 1 cm).
7. Tipo de herramienta utilizada para hacer la ranura (bien recomendada por la ASTM o la llamada tipo Casagrande).

Anticipadamente se estableció que el limite liquido se define para el contenido de humedad a la cual es necesario dar 25 golpes a la cazuela para cerrar en una longitud de 12.7 mm la ranura echa con la herramienta estándar. Sería realmente casual el poder encontrar este contenido de humedad exacto dentro de un tiempo razonable. Como la mayoría de los casos es cercano a lo imposible, es necesario recurrir a otras opciones para encontrar este valor de humedad tan particular. Para esto es necesario obtener entre 3 y 6 puntos a diferentes contenidos de humedad en conjunto con el número de golpes necesarios para cerrar la ranura correspondiente, colocar estos datos en una gráfica semilogarítmica, y trazar una línea recta que aproximadamente los puntos graficados; a esta recta se le llama curva de fluidez (ver figura 31).

Localización:	Km 103-000		
Sondeo N°:	20	Prueba N°:	204
Muestra N°:	63	Profundidad:	0,40 m
Descripción:	Arcilla café, material empleado en la terracería		

Numero de golpes	Vidrio de reloj No.	Masa tara + suelo humedo g	Masa tara + suelo seco g	Masa del agua g	Tara g	Masa del suelo seco g	Contenido de agua (w) %
34	136	23,03	21,00	2,03	13,63	7,37	27,50
28	112	21,74	19,99	2,15	12,06	7,53	28,60
16	117	24,17	21,76	2,41	13,82	7,94	30,40
11	66	24,00	21,64	2,36	14,35	7,29	32,50

108	21,39	20,38	1,01	13,28	7,10	14,30
412	21,85	20,97	0,88	14,70	6,27	14,10
312	21,61	20,63	0,98	14,25	6,38	15,40



Observaciones: _____

FIGURA 31. CURVA DE FLUIDEZ

3.3.- Densidad de sólidos o peso específico relativo de los sólidos (S_s).

La densidad de sólidos se define como la relación que existe entre el peso de los sólidos y el peso del volumen del agua desalojado por los mismos. Generalmente la variación de la densidad de sólidos es de 2.60 a 2.80, aunque existen excepciones como en el caso de la turba en la que se han registrado valores de 1.5 y aún menores, debido a la presencia de materia orgánica. En cambio en suelos con cierta cantidad de minerales de hierro la densidad de sólidos ha llegado a 3.

El peso específico relativo de los sólidos es una propiedad índice que debe determinarse a todos los suelos, debido a que este valor interviene en la mayor parte de los cálculos relacionados con la Mecánica de suelos, en forma relativa, con los diversos valores determinados en el laboratorio pueden clasificarse algunos materiales. Una de las aplicaciones más comunes de la densidad de sólidos, es en la obtención del volumen de sólidos, cuando se calculan las relaciones gravitacionales y volumétricas de un suelo. La densidad de sólidos se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_{mw} + W_{mws}}$$

dónde:

S_s : Densidad relativa del suelo seco (adimensional)

W_s : Peso del suelo secado al horno (grs)

W_{mw} : Peso del matraz más el agua a la temperatura de prueba, determinada graficamente de la curva de calibración del matraz (grs)

W_{mws} : Peso del matraz conteniendo al suelo y agua hasta la marca de aforo, a la temperatura de prueba (grs)

3.4.- Prueba rápida de compresión triaxial de resistencia al esfuerzo cortante (no consolidada-no drenada UU).

Se considera que las pruebas triaxiales están constituidas por dos etapas. La primera es aquella en que se aplica a la muestra la presión de cámara (σ_c); durante ella puede o no permitirse el drenaje de la muestra, abriendo o cerrando la válvula de salida del agua a través de las piedras porosas. En la segunda etapa o etapa de carga, la muestra se sujeta a esfuerzos cortantes, sometiéndola a esfuerzos principales que ya no son iguales entre sí; esto quiere variar la presión que comunica el vástago; esta segunda etapa puede también ser o no drenada, según se maneje la misma válvula mencionada. En realidad, la alternativa en la segunda etapa sólo se presenta si la primera etapa de la prueba fue drenada, pues no tiene mucho sentido permitir drenaje en la segunda etapa, después de no haberlo permitido en la primera.

En la prueba rápida no se permite en ninguna etapa consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar se aplica al espécimen una presión hidrostática y, de inmediato, se hace fallar al suelo con la aplicación de la carga axial. Los esfuerzos efectivos en esta prueba no se conocen bien, ni tampoco su distribución, en ningún momento, sea anterior o durante la aplicación de la carga axial. Sin embargo, la prueba triaxial rápida es la condición que más se asemeja en campo a la hora de cargarlo inmediatamente cuando se construye, ya que los incrementos de presión son relativamente rápidos y no se le da tiempo para consolidarse.

Los resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas en las muestras de suelo se presentan en el anexo del presente trabajo.

4.- Características y descripción estratigráfica del subsuelo.

Los profesores Raúl J. Marsal y Marcos Mazari, y por su parte, el Dr. Leonardo Zeevaert, investigaron durante años la estratigrafía de la Cuenca del Valle de México, donde en sus trabajos se enfocan a la solución de problemas de cimentaciones de edificios que se planean edificar a futuro dentro de la zona. En consecuencia, es conveniente describir de forma general la estratigrafía del suelo de acuerdo a sus investigaciones realizadas.

4.1.- Estratigrafía de la zona de Lago.

Generalidades.- De acuerdo con el modelo estratigráfico propuesto por Marsal y Mazari, la zona lacustre se encuentra constituida por:

a).- *Costra superficial.* Por lo general está cubierta con rellenos artificiales de espesor variable. Los más gruesos se encuentran en el Centro Histórico y tienen varios metros de espesor. Por otro lado, es casi inexistente en las orillas del lago. En términos generales está formada por tres sub-estratos, que constituyen una secuencia de materiales cubiertos por relleno artificial; por lo que se tiene la siguiente configuración:

- *Relleno Artificial (RA).*- Compuesto por restos de construcción y por relleno arqueológico, su espesor varía entre 1 y 7 m en el centro de la ciudad y en ocasiones llega a rebasar los 15 m de profundidad.
- *Suelo Blando (SB).*- Es un depósito aluvial blando de tan pequeño espesor, que a veces pasa desapercibido. Fue el sedimento fangoso que se depositó en el fondo del último lago; suele tener intercalados lentes de material eólico.
- *Costra Seca (CS).*- Se formó como consecuencia de un descenso del nivel del lago durante el cual quedaron expuestas algunas zonas del fondo a los rayos solares, por lo que la Costra Seca quedó fuertemente consolidada.

b).- *Formación arcillosa superior*, conformada por arcillas blandas a muy blandas. Esta serie tiene un espesor que varía entre 25 y 50 m. Aunque es muy uniforme, se pueden identificar cuatro estratos principales, de acuerdo con su origen geológico y con los efectos de la consolidación inducida por sobrecargas superficiales y por el bombeo profundo. Dichos estratos tienen intercalaciones de lentes duros que se pueden considerar como estratos secundarios. Los cuatro estratos que se identifican son:

- Arcilla preconsolidada superficial (APS).
- Arcillas normalmente consolidadas (ANC).
- Arcilla consolidada profunda (ACP).
- Lentes duros (LD).
-

c).- *Capa dura*, que separa las dos formaciones de arcilla. Es un depósito que se desarrolló en el período climático del interglacial Sangammon en el cual predominan limos arenosos con algo de arcilla y ocasionales gravas. Tiene una cementación muy errática y su espesor es variable. A continuación se describen algunos rasgos distintivos de la capa dura:

- *Dificultad de su muestreo*. La complejidad estratigráfica de la capa dura ha dificultado la extracción de muestras inalteradas que permitan definir confiablemente sus propiedades mecánicas.
- *Peculiaridades de la capa dura*. Tiene intercaladas lentes de arcilla que se formaron en los ciclos húmedos del período interglacial Sangammon. Se ha inferido que durante la formación de ésta capa ocurrieron dos ciclos de sequía los cuales endurecieron los materiales que quedaron expuestos durante ellos, generándose suelos limosos y limo arenosos, a veces erráticamente cementados con carbonatos de calcio. Otra característica peculiar de la capa dura es su variabilidad en espesor y resistencia.
- *Importancia de la capa dura*. La capa dura desempeña un papel importante en las cimentaciones profundas de la ciudad de México, ya que para muchas estructuras sirve como apoyo de pilotes de punta, de control y de punta penetrante y aunque no se tenga mucha información sobre sus propiedades mecánicas, se confía mucho en ella.

d).- *Formación arcillosa inferior*, constituida por arcillas consolidadas. Es una secuencia de estratos de arcilla separados por lentes duros, en un arreglo semejante al de la serie arcillosa superior. Su espesor es de unos 15 m al centro del lago y prácticamente desaparece en sus orillas.

e).- *Depósitos profundos*, integrados por materiales granulares. Constituyen una serie de arenas y gravas aluviales limosas, cementadas con arcillas duras y carbonatos de calcio. La parte superior de estos depósitos, de 1 a 5 m, está más

endurecida que la inferior, en donde se encuentran estratos menos cementados y hasta arcillas preconsolidadas.

4.2.- Estratigrafía de la zona de Transición.

Generalidades.- Los depósitos de transición forman una franja entre los suelos lacustres y las sierras que rodean al valle o los aparatos volcánicos que sobresalen en la zona del lago. Como el lago central nunca fue profundo, los arroyos que bajaban por las barrancas y desembocaban en la planicie formaron deltas poco extensos que se introdujeron en el cuerpo lacustre. Consecuentemente, los clásticos fluviales y aluviales se acumularon en el quiebre morfológico y se intercalaron localmente con las series arcillosas. Las transiciones pueden clasificarse como interestratificada y abrupta.

- *Transición interestratificada.* Esta condición se presenta en los suelos que se originaron en las barrancas, donde se acumularon los acarrees fluviales que descendieron de Las Lomas a la planicie. Se asemejan a los depósitos deltáicos aunque solamente se extendieron hasta la orilla del antiguo lago de Texcoco, por lo cual se formaron intercalaciones de arcillas lacustres con arenas y gravas de río.
- *Transición abrupta.* Esta es una transición o contacto de las arcillas lacustres con roca volcánica; se le encuentra en el Peñón de los Baños, el Peñón del Marqués, el cerro de la Estrella y el cerro del Tepeyac. La estratigrafía típica de estas zonas está integrada por la serie arcillosa lacustre, interrumpida por numerosas lentes duras de los materiales erosionados de los cerros vecinos.

4.3.- Estratigrafía de la zona de Lomas.

Generalidades.- La mayor parte de la zona de lomas se localiza al poniente de la ciudad, hasta los límites con el Estado de México. En el sur incluye las faldas de la Sierra del Chichinautzin, hasta el Valle de Chaco y en el norte el Peñón de los Baños, la Sierra de Guadalupe, los cerros del Chiquihuite y del Tigre, así como el cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina, los cuales separan a la subcuenca de Xochimilco – Chalco, de la de México – Texcoco.

Los materiales que se encuentran en Las Lomas del poniente son:

- *Tobas y lahares fracturados.* Estos materiales pueden presentar fracturas en direcciones concurrentes que generan bloques potencialmente inestables, los cuales pueden activarse bajo la acción de un sismo o por efecto de la alteración de las superficies de fracturamiento, al estar sometidos a humedecimiento por la infiltración de escurrimientos no controlados. En algunos casos las fallas locales en la superficie del corte podrían generar taludes invertidos de estabilidad precaria. Una característica de las tobas es que algunas de ellas son muy resistentes al intemperismo y se pueden

endurecer al exponerse al medio ambiente, mientras que otras son fácilmente degradables y erosionables.

- *Depósitos de arenas pumíticas y lahares de arenas azules.* Estos suelos se encuentran en estado compacto, semicompacto y en ocasiones están ligeramente cementados. Su cohesión (generada por la tensión superficial asociada a su bajo contenido de agua), permite hacer cortes verticales en éstos depósitos pero los ciclos de humedecimiento y secado pueden hacerlos fallar.
- *Lahares poco compactados y depósitos glaciales y fluvioglaciales.* La cementación y la compacidad de estos depósitos son muy erráticas, suelen variar de muy cementadas a sueltas. La erosión progresiva de origen eólico y fluvial ha generado depósitos de talud crecientes cuyo avance solo se detiene cuando alcanzan el ángulo de reposo del suelo granular en estado suelto.

De acuerdo a la descripción anterior se puede concluir que el agua y el viento son los principales agentes de erosión, por lo cual es necesario proteger estos materiales contra el intemperismo prolongado. El avance urbano desordenado ha invadido muchas de las barrancas de la zona de lomas en donde arbitrariamente suelen efectuarse cortes en los cuales es común que no se tome ninguna precaución. Actualmente muchas de las barrancas que han sido pobladas, son zonas de alto riesgo, a lo cual también ha contribuido significativamente la intensa deforestación. Aunque no han ocurrido deslizamientos masivos en estos taludes durante los últimos sismos intensos, no puede descartarse la posibilidad de que ocurran en un futuro, sobre todo en cortes ya intemperizados.

4.4.- Zonificación Geotécnica.

Generalidades. Como ya se ha comentado, Marsal y Mazari presentaron en 1959 la primera zonificación de suelos del Valle. El plano de Marsal y Mazari se incorporó a las Normas Técnicas para el Diseño de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal desde hace varias décadas y los nuevos conocimientos sobre el subsuelo se han tomado en cuenta en las versiones posteriores (figura 39). A continuación se describe la zonificación geotécnica de la Ciudad de México:

4.4.1.- Zona de lago. Se caracteriza porque en ella las arcillas blandas tienen grandes espesores. De acuerdo con la localización e historia se ha dividido en tres sub zonas, atendiendo a la importancia de dos factores independientes:

1.- El espesor y propiedades de la costra superficial y 2.- La consolidación inducida en cada sitio.

- a. Lago Virgen (LV). Aunque, a consecuencia de las acciones del hombre, ya no existen arcillas tan blandas como las que existieron hace 400 años, resulta

razonable identificar como arcillas en condición virgen a las más blandas de lo que ahora es el vaso del exlago de Texcoco. Sin embargo, como consecuencia del reciente desarrollo de esa zona las sobrecargas en la superficie se han incrementado e intensificado el bombeo profundo.

- b. Lago Centro I (LCI). Corresponde al sector no colonial de la ciudad, el cual se desarrolló a partir de principios de este siglo y ha estado sujeto a las sobrecargas generadas por construcciones pequeñas y medianas. Las propiedades mecánicas del subsuelo en esta zona representan una condición intermedia entre las del Lago Virgen y las del Lago Centro II. La resistencia de punta del cono eléctrico se ha incrementado por las sobrecargas.
- c. Lago Centro II (LCII). Esta subzona está limitada por la antigua traza de la ciudad y en ella la historia de cargas aplicadas en la superficie ha sido muy variable por lo cual se presentan las siguientes condiciones extremas: 1.- arcillas fuertemente consolidadas por rellenos y grandes sobrecargas de construcciones aztecas y coloniales. 2.- arcillas blandas, asociadas a lugares que han alojado plazas y jardines durante largos períodos de tiempo y 3.- arcillas muy blandas en los cruces de antiguos canales. Asimismo, el intenso bombeo para surtir de agua a la ciudad se refleja en el aumento general de la resistencia de los estratos de arcilla por efecto de la consolidación inducida.

4.4.2.- Zona de transición. De acuerdo al criterio de Marsal y Mazari, la frontera entre la Zona de Transición y la de Lago se definió a partir de los sitios donde desaparece la serie arcillosa inferior y en los cuales la Primer Capa Dura está aproximadamente a 20 m de profundidad con respecto al nivel medio de la planicie. La zona de Transición se dividió en dos subzonas, en función de su cercanía con la Zona de Lomas y del espesor de suelos relativamente blandos, las cuales son llamadas transiciones alta y baja, tienen diferentes características de resistencia al corte.

- a. Transición Alta (TAL). Es la más próxima a Las Lomas y presenta irregularidades estratigráficas debido a la presencia de depósitos aluviales cruzados. La frecuencia y disposición de estos depósitos depende de su cercanía a antiguas barrancas.
- b. Transición Baja (TBA). Colinda con la zona del lago y en ella la serie arcillosa superior tiene intercalaciones de estratos limo arenosos de origen aluvial, que se depositaron durante las regresiones del antiguo lago. Este proceso dio origen a una estratigrafía compleja, donde los espesores y propiedades de los materiales pueden tener variaciones importantes en cortas distancias, dependiendo de la ubicación del sitio en estudio con respecto a las barrancas, a los cauces de antiguos ríos y sus abanicos aluviales.

Según lo anterior, se puede decir que la estratigrafía de la parte superior de la transición baja es similar a la de la subzona de Lago Centro I o Centro II, excepto porque: 1.- la costra superficial está formada básicamente por depósitos aluviales con capacidad de carga no uniforme, 2.- los materiales compresibles se extienden únicamente a profundidades máximas de unos 20 m, 3.- existen interestratificaciones de arcillas y suelos limo arenosos y se presentan mantos colgados.

- c. Transición abrupta. Es la transición entre las zonas del Lago y los cerros aislados como el del Peñón de los Baños, donde las arcillas lacustres están intercaladas con numerosos lentes de materiales erosionados de los cerros y hasta lentes delgados de travertino silificado.

4.4.3.- Zona de Lomas (LOM). Los suelos de la Zona de Lomas presentan condiciones irregulares de compacidad y cementación las cuales inciden directamente en la estabilidad de las excavaciones. Con la excepción de los cortes efectuados en lahares compactos, en los demás depósitos pueden desarrollarse mecanismos de falla.

En la figura 32 se puede observar que el predio en estudio se encuentra situado dentro de la frontera entre Zona I denominada de Lago y Zona II denominada Zona de Transición Alta.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

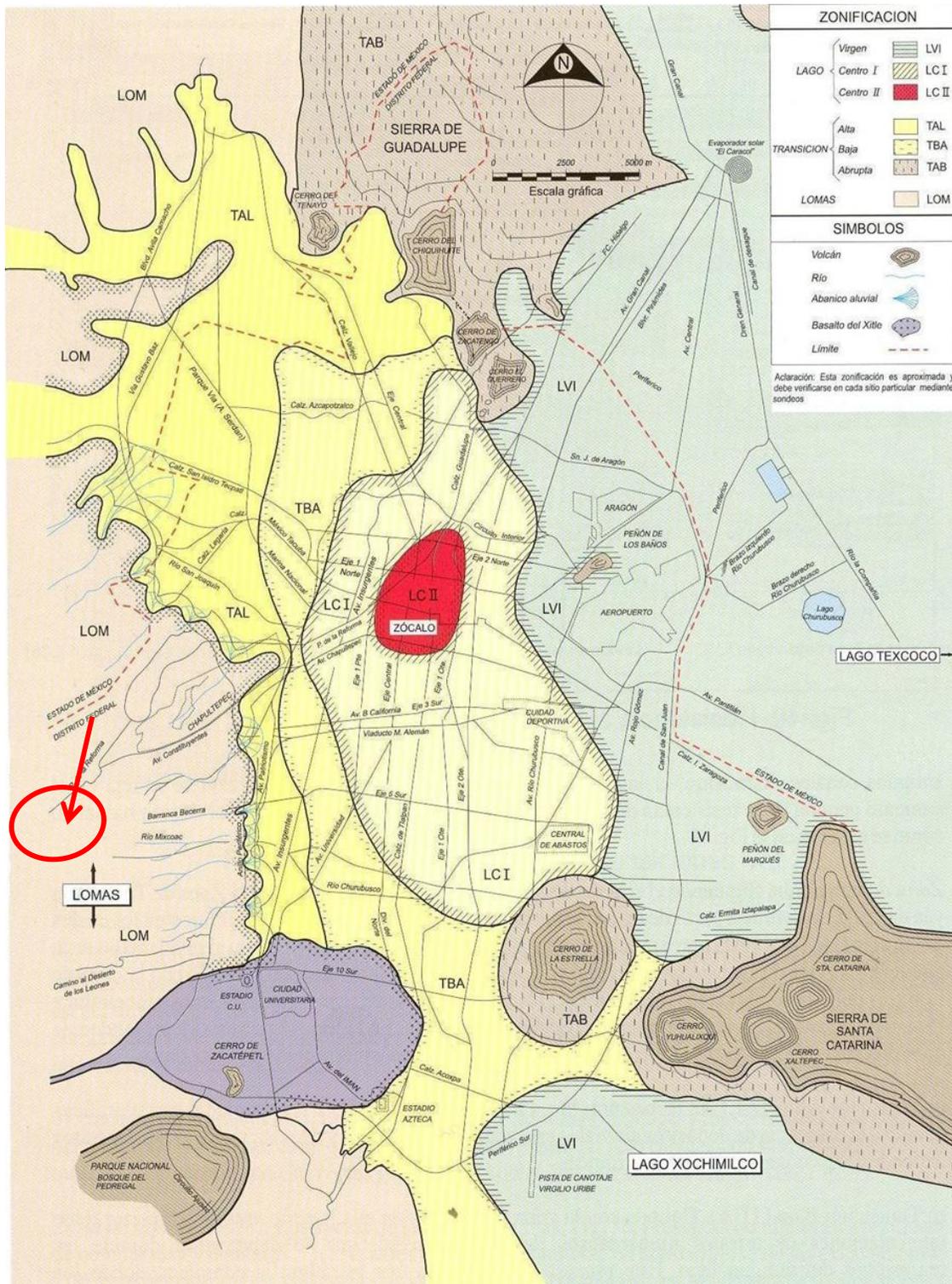


FIGURA 30.-ZONIFICACIÓN GEOTECNICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

4.5.- Descripción detallada de los Sondeos Mixtos.

De acuerdo a los sondeos profundos ejecutados en campo y a sus pruebas de laboratorio, se presenta a continuación la descripción a detalle de cada uno de ellos:

**POZOS A CIELO ABIERTO
“CERRADA MAGUEY”**

“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-1”

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.05	Firme de concreto
0.20 – 1.20	Relleno (tabique rojo, plásticos, pedacería de concreto) Arcilla poco arenosa, con gravas, de color café grisáceo.
1.20 – 2.20	Arcilla plástica, de color gris rosáceo, de consistencia blanda.
2.20 – 2.50	Arcilla limosa, café clara, (Toba volcánica).

“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-2”

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.06	Concreto.
0.06 – 0.80	(RELLENO) Arcilla poco limosa café, con poca arena, y grumos del mismo aislados.
0.80 – 1.60	(RELLENO) Limo poco arcilloso, de color gris claro, con boleos aislados de 6”.

“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-3”

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.10	Arcilla limosa, gris oscuro.
0.10 – 0.60	Material de relleno, pedacería de tabique rojo, concreto y gravas con arena.

PROFUNDIDAD (m)	“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-4” DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.15	Arcilla limosa, gris oscuro.
0.15 – 0.45	Material de relleno, pedacería de tabique rojo, concreto y gravas con arena.

PROFUNDIDAD (m)	“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-5” DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.15	Arcilla limosa, gris oscuro.
0.15 – 0.60	Material de relleno, pedacería de tabique rojo, concreto y gravas con arena.
0.60 – 0.70	Concreto simple.
0.70 – 1.50	Boleos empacados de arcilla, café, con arena y pedacería aislada de tabique rojo.

PROFUNDIDAD (m)	“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-6” DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.10	Arcilla limosa, gris oscuro.
0.10 – 0.60	Material de relleno: Limo arenoso poco arcilloso, gris oscuro, con pedacería de plásticos, concreto y gravas.
0.60 – 2.00	Material de relleno: Boleos de 3 a 7” empacados de arcilla poco limosa, café grisáceo.

PROFUNDIDAD (m)	“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-7” DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.10	Concreto simple.
0.10 – 0.60	Material de relleno: Arcilla limosa, café grisáceo oscuro, con arena y pedacería de plásticos, concreto, gravas y raicillas.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.60 – 1.00	Material de relleno: Limo arcilloso, gris claro, con poca arena y boleos de 8" aislados.

“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-8”	
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.11	Concreto armado con doble malla.
0.11 – 0.40	Arcilla, café grisáceo, poco limosa con poca arena y gravas aisladas.
0.40 – 1.10	Arcilla limosa, café grisáceo claro, con poca arena y grumos cementados del limo blanquizco.

“POZO A CIELO ABIERTO CA No.-9”	
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.10	Concreto simple.
0.10 – 0.55	Material de relleno: Limo arcilloso, gris oscuro, con arena, pedacería de concreto y raicillas.
0.55 – 1.00	Limo arcilloso, gris claro, con grumos cementados del mismo y poca arena.

“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-10”	
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.85	Material de relleno: Arcilla limosa, café, con pedacería de gravas de concreto y plásticos.
0.85 – 3.10	Arcilla, café, con poca arena y gravillas aisladas de consistencia blanda.

“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-11”	
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.40	Material de relleno: Arcilla, café oscuro, con poca arena, raíces y pedacería aislada de concreto.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.40 – 0.85	Material de relleno: Arcilla poco limosa, café oscuro, con poca arena, raicillas y gravillas aisladas.
0.85 – 1.60	Limo arcilloso, gris claro, con arena y raicillas (Material natural) consistencia dura.

“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-12”	
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.50	Material de relleno: Arcilla, café oscuro, con poca arena, raíces y pedacería aislada de concreto.
0.50 – 0.90	Material de relleno: Arcilla, poco limosa, café oscuro con poca arena, raicillas y gravillas aisladas.
0.90 – 1.75	Arcilla poco limosa, café claro con poca arena fina y pequeñas oquedades.
1.75 – 2.60	Limo poco arcilloso, café claro, con poca arena fina y pequeñas oquedades.

“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-13”	
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 1.50	Material de relleno: Arcilla arenosa con pedacería de tabique rojo, concreto, plásticos y raicillas.
1.50 – 2.30	Limo arcilloso, gris claro, con poca arena micas y pequeñas oquedades.

“POZO A CIELO ABIERTO PCA No.-14”	
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.09	Piso de tabique rojo.
0.09 – 0.35	Arcilla poco limosa, café, y grumos cementados de limo gris blanquizco.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.35 – 0.80	Boleos empacados de limo poco arcilloso gris claro de consistencia dura.

SONDEOS DE PENETRACIÓN ESTANDAR

“CERRADA MAGUEY”

“DESCRIPCION DEL SONDEO DE PENETRACION ESTANDARSPT No.-1”

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 1.90	Material de relleno: Arcilla poco limosa café claro con poca arena fina y algunas gravillas, con contenidos de agua variables de 29 a 41%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar). Con golpes variables entre 2 y 15.
1.90 – 3.10	Arena fina media y gruesa, gris oscuro, con poco limo, con un contenido de agua entre 14 y 29%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar) con golpes variables entre 20 y 50.
3.10 – 7.90	Arcilla poco limosa, gris claro, con poca arena fina, con un contenido de agua entre 11 y 22%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar) con golpes variables entre 17 y 50.
7.90 – 9.10	Limo poco arcilloso, gris claro, con poca arena fina, con un contenido de agua entre 14 y 17%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar) con golpes variables entre 32 y 50.
9.10 – 14.85	Arena fina poco limosa, café grisácea claro, con algunas gravillas, con un contenido de agua entre 6 y 18%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar) con más de 50 golpes.

“DESCRIPCION DEL SONDEO DE PENETRACION ESTANDAR SPT No.-2”

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.30	Relleno (fragmentos de concreto, plásticos, pedacería de tabique rojo), con un contenido de agua de 24%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar). Con mayor de 50 golpes.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.30 – 3.00	Arcilla poco limosa, café grisáceo claro, con poca arena fina, con un contenido de agua entre 17 y 19%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar) con golpes variables entre 20 y 45.
3.00 – 5.20	Limo arenoso fino, gris claro, con un contenido de agua entre 10 y 12%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar) con golpes variables entre 38 y 50.
5.20 – 6.95	Limo arenoso fino, gris claro, con algunos grumos pumíticos, con un contenido de agua entre 9 y 11%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar) con más de 50 golpes.
6.95 – 14.75	Arena fina y media poco limosa, gris claro, con algunos grumos pumíticos, con un contenido de agua entre 8 y 24%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar). Con golpes variables entre 26 y 50.

“DESCRIPCION DEL SONDEO DE PENETRACION ESTANDAR SPT No.-3”

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 2.40	Material de relleno: Arcilla poco limosa, café obscuro, con poca arena fina, con un contenido de agua entre 11 y 35%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar). Con golpes variables entre 2 y 28.
2.40 – 10.80	Arcilla poco limosa, con un contenido de agua entre 11 y 35%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
10.80 – 11.83	Penetración Estándar). Con golpes variables entre 12 y 41. Limo, café grisáceo claro, con un contenido de agua entre 25 y 35%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar) con más de 50 golpes.
11.83 – 15.23	Arena fina media y gruesa, poco limosa, café grisáceo, con un contenido de agua entre 11 y 35%, con un I.R.P.E. (Índice de Resistencia a la Penetración Estándar) con golpes variables entre 36 y 50.

El nivel freático no se detectó con respecto al nivel del terreno actual, y en la fecha en que se realizó la exploración y hasta la máxima profundidad explorada, sin embargo se puede tener la posibilidad de filtraciones de tuberías de predios colindantes o inclusive de los colectores que pasan por las vías públicas.

En la figura 31 se muestra un corte estratigráfico general del subsuelo donde se muestran los perfiles de los sondeos profundos realizados a 15 m de profundidad.

CORTE ESTRATIGRAFICO

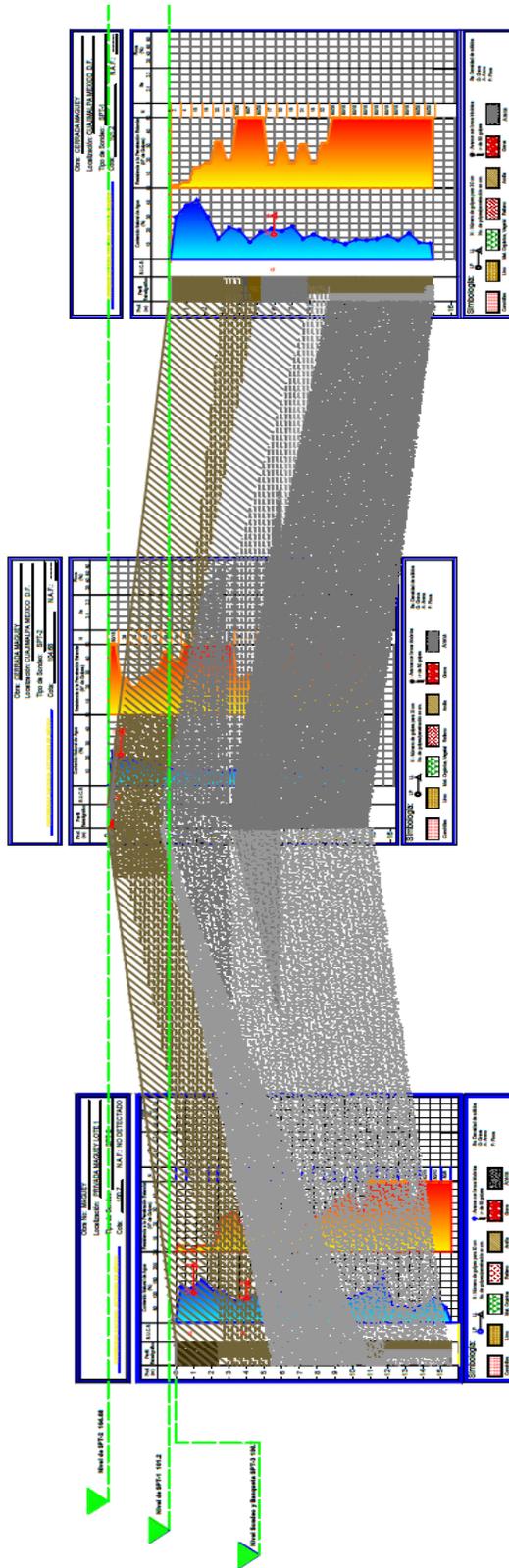
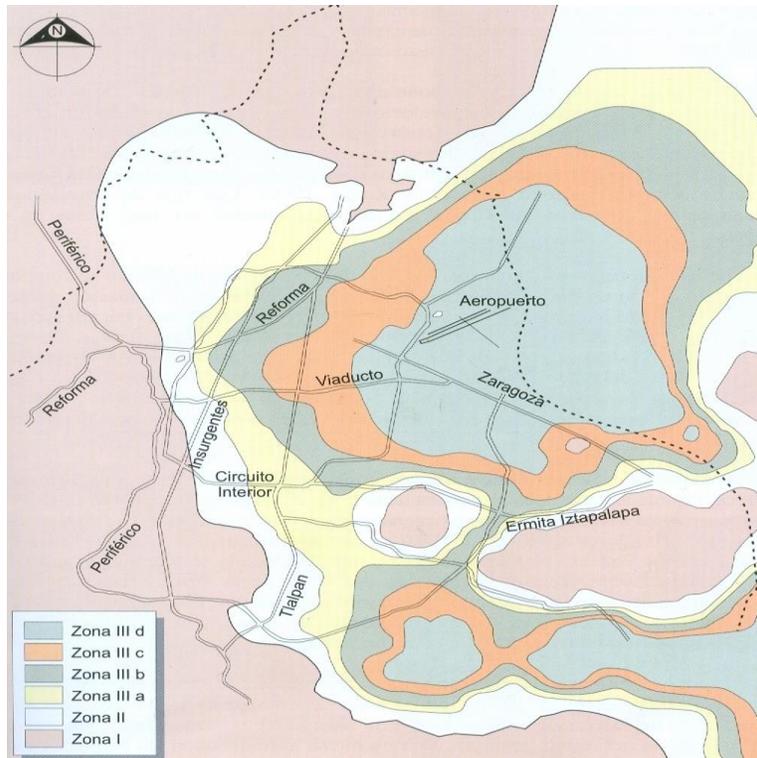


FIGURA 31. CORTE ESTRATIGRAFICO

4.6.- Coeficiente sísmico.

El coeficiente sísmico que deberá considerarse que actúa en la base de construcción por efecto de sismo, será igual a 0.16, por considerarse que el subsuelo en el sitio de interés tiene las características de la zona que el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal denomina Zona I de Lomas (Ver figura 32).



Zona sísmica del D.F.	C	a_0	T_a (s)	T_b (s)	r
Zona I	0.16	0.04	0.2	1.35	1.0
Zona II	0.32	0.08	0.2	1.35	1.33
Zona III _a	0.40	0.10	0.53	1.8	2
Zona III _b	0.45	0.11	0.85	3.0	2
Zona III _c	0.4	0.10	1.25	4.2	2
Zona III _d	0.30	0.10	0.85	4.2	2

FIGURA 32. ZONIFICACION SISMICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

5.- Diseño geotécnico y análisis de la cimentación.

Considerando las características arquitectónicas y estructurales del proyecto, la geometría del edificio, y las propiedades estratigráficas del subsuelo del sitio, se establece que la alternativa de cimentación se deberá resolver mediante una cimentación constituida mediante zapatas desplantadas a 1.5 m a partir del nivel máximo de excavación.

5.1.- Capacidad de carga de la cimentación.

La capacidad de carga de los materiales que subyacen a cimentación se calculó considerando que los materiales del subsuelo afectados por la superficie potencial de falla son suelos cohesivos-friccionantes y aplicando la siguiente expresión:

$$Q_a = \{ c N_c + P^v (N_q - 1) + 0.5 \gamma B N_\gamma \} F_R + P_v$$

donde :

Q_a : capacidad de carga admisible del suelo de apoyo de la cimentación, en ton/m²

c: cohesión del material de apoyo, en ton/m².

N_c: coeficiente de capacidad de carga, adimensional y dado por:

$$N_c = 5.14 (1 + 0.25 D_f/B + 0.25 B/L)$$

en la cual:

D_f : profundidad de desplante de la cimentación.

B: ancho del cimiento, en m.

L: largo del cimiento, en m.

P_v: presión vertical efectiva a la profundidad de desplante.

N_q: coeficiente de capacidad de carga, adimensional y dado por:

$$N_q = e \pi^{\tan \phi} \tan^2 (45 + \phi/2)$$

siendo:

φ: ángulo de fricción interna del suelo de apoyo, en grados.

El coeficiente N_q se multiplicará por 1+(B/L)tanφ para cimientos rectangulares y por 1 + tan φ para cimientos cuadrados o circulares.

γ : peso volumétrico del suelo, arriba del nivel de desplante, en ton/m³.

N_γ : coeficiente de capacidad, adimensional y dado por:

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi$$

El coeficiente N_γ se multiplicará por 1-0.4(B/L) para cimientos rectangulares o por 0.6 para cimientos circulares o cuadradas.

F_R: factor de resistencia, adimensional e igual a 0.35

Se consideró una cohesión de 8 ton/m², un ángulo de fricción de 18°, un peso volumétrico de 1.6 ton/m³ y nivel de desplante 1.5 m con respecto al piso terminado (obtenidos de la correlación de la prueba de penetración estándar y las propiedades físicas de otros materiales semejantes a los materiales de apoyo), se obtuvo la capacidad de carga admisible de diseño en condiciones estática y dinámica será 19 y 23 ton/m² respectivamente.

5.1.2.-Dimensionamiento de la cimentación.

Para el dimensionamiento de la cimentación se deberá tomar la carga que resulte mayor de las siguientes condiciones:

- a) Condiciones estáticas, que considera la combinación de cargas permanentes más carga viva con intensidad máxima, afectadas por un factor de carga de 1.4.
- b) Condiciones dinámicas, que considera la combinación de cargas permanentes más carga viva con intensidad instantánea y acción accidental más crítica (incremento de carga provocada por el momento de volteo debido al sismo), afectadas por un factor de carga de 1.1.

Una vez dimensionada la cimentación se hará la revisión de los estados límite de falla con el siguiente procedimiento.

5.1.3.- Estado límite de falla.

Se hará la revisión del estado límite de falla en condiciones estáticas y dinámicas satisfaciendo las siguientes desigualdades:

5.1.3.1 Estado límite de falla en condiciones estáticas.

Una cimentación será segura ante el estado límite de falla en condiciones estáticas, satisfaciendo la siguiente desigualdad:

$$\frac{\sum Q F_c}{A} < R F_R$$

Donde:

ΣQ : combinación de cargas permanentes (incluyendo el peso de la cimentación) más cargas vivas con intensidad máxima.

F_c: factor de carga igual a 1.4

R: capacidad de carga del suelo de apoyo para la cimentación.

A: área de la base de la cimentación.

F_R: factor de resistencia.

Una vez dimensionada la cimentación se hará la revisión correspondiente

5.1.3.2.- Estado límite de falla en condiciones dinámicas.

Una cimentación será segura ante el estado límite de falla en condiciones dinámicas, si cumple la siguiente desigualdad:

$$\frac{\sum Q F_c}{A} < R F_R$$

Donde:

- $\sum Q$: combinación de cargas permanentes (incluyendo el peso de la cimentación) más cargas vivas con intensidad instantánea y acción accidental más crítica (incremento de carga provocada por el momento de volteo debida a sismo).
- F_c : factor de carga, igual a 1.1.
- R : capacidad de carga del suelo de apoyo, para la cimentación.
- A : área de la base de la cimentación.

Una vez dimensionada la cimentación se hará la revisión correspondiente.

5.1.3.3.- Estado límite de servicio

La revisión del estado límite de servicio correspondiente al cálculo de los asentamientos, se realizó considerando que la deformación que sufrirán los materiales del subsuelo será básicamente elástica.

La estimación de los asentamientos que sufrirá la cimentación se hizo empleando la siguiente fórmula de la teoría de Elasticidad dado por la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{1 - u^2}{E} P B I \delta$$

Donde:

- δ : asentamiento bajo la cimentación, en m.
- u : relación de Poisson, adimensional.
- E : módulo de elasticidad del suelo de apoyo de cimentación, en ton/m²
- P : presión de contacto aplicada por la cimentación, en ton/m².
- B : ancho de la cimentación, en m.
- $I \delta$: factor de influencia que depende de la forma de área cargada y el punto en que se estima el asentamiento adimensional.

Considerando un módulo de elasticidad del manto de apoyo de 1,500 ton/m², una relación de Poisson de 0.40 (obtenidos de correlacionar estos con sus propiedades índice), se obtuvieron los asentamientos elásticos inferiores a 6 cm, los que se observan resultan admisibles.

6.- Procedimiento constructivo y protección a colindancias.

Con objeto de dar rapidez y seguridad a la excavación que alojará a los sótanos del edificio, resulta necesario que esta se efectúe limitándola mediante el uso de un ademe anclado.

6.1.- Procedimiento constructivo para la excavación.

A continuación se presenta la alternativa que se juzga más adecuada para el procedimiento constructivo general que deberá seguirse para efectuar la excavación que alojará a los dos niveles de estacionamiento.

Tomando en cuenta la magnitud del área que se proyecta excavar entre 0.0 y 6.0 m de profundidad para alojar a los dos niveles de estacionamiento y dejando un área de suelo que mantendrá en pie un árbol, se establece que se deberá realizar la excavación en el perímetro, y dejar mediante un sistema de anclaje estabilidad a los taludes producidos por la excavación. El anclaje se realizará dejando una berma perimetral de un metro de la banquetta y en talud 0.5 : 1.0 la cual se retirará en módulos de 4 m de ancho, que se abrirán en forma alternada y de manera simultánea.

Esta estabilización deberá llevarse a cabo conforme progresa el corte. Adicionalmente se dejarán lloraderos constituidos por tubos de PVC de 20 cm de longitud dispuestos en una retícula de 2m por 2m en el sentido horizontal y vertical con una ligera inclinación hacia la excavación.

Hasta no haber anclado en su totalidad el módulo abierto se procederá abrir el siguiente módulo.

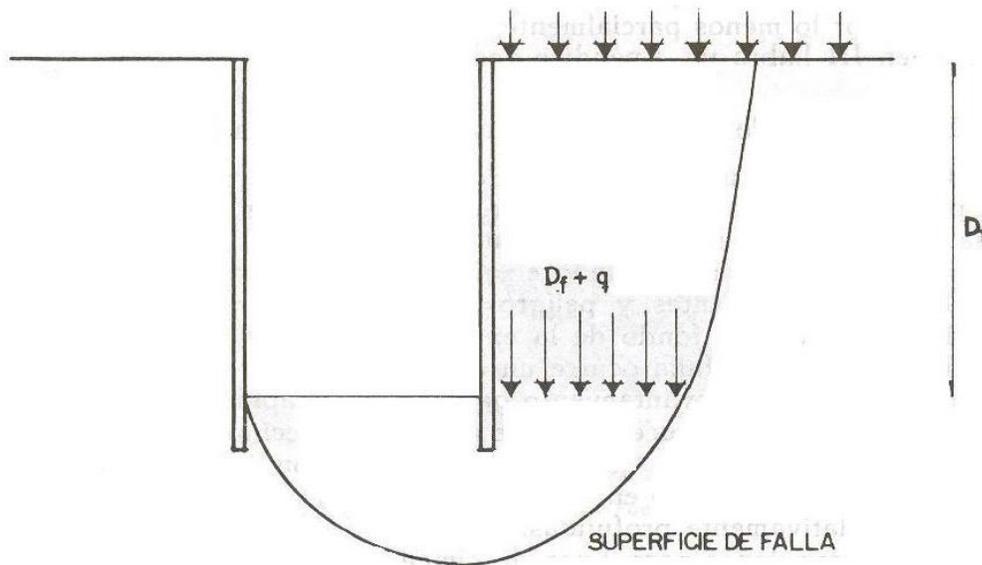
Cuando se tengan construido el cinturón propuesto se procederá a excavar hasta alcanzar el nivel de máxima excavación protegiendo los taludes perimetrales contra intemperismo mediante la colocación de un concreto lanzado de 6 cm de espesor aplicado sobre una malla electrosoldada 6x6/6-6 debidamente anclada al talud con varillas de ½ " de 25 cm de longitud, dejando sobresalida la varillas 6 cm que servirá como escantillón para medir el espesor de concreto lanzado colocado en el lugar, y adicionalmente un cinturón de anclas de fricción postensadas y temporales.

Únicamente al primer cinturón de anclas en la colindancia con vía pública se le deberá dar una mayor inclinación que el subsecuente debido a la existencia de servicios públicos, con el objeto de no interferir en la trayectoria de los colectores de la vía pública, a los cuales se les deberá hacer un levantamiento detallado para conocer su trayectoria y profundidad con respecto al nivel de banquetta.

Dado que se desconoce los niveles de las colindancias, es necesario que durante los trabajos de excavación se ubiquen los puntos de aplicación de las anclas en campo, y se retiren las bardas que no tengan suficiente rigidez.

6.2.- Revisión de la falla de fondo por cortante.

En virtud de que durante la excavación se presentarán condiciones como las mostradas en la siguiente figura y se revisó el factor de seguridad contra falla de fondo por corte suponiendo un mecanismo de falla como el que se muestra a continuación:



Mecanismo de falla de fondo en excavaciones

FALLA DE FONDO

En el análisis se aplicó el criterio de Bjerrum dado por la siguiente expresión:

$$F_s = \frac{c N_c}{\gamma D_f + q}$$

donde:

F_s: factor de seguridad contra falla de fondo por corte.

c : cohesión media del suelo a lo largo de la superficie potencial de falla.

γ : peso volumétrico natural del suelo.

D_f: profundidad máxima de excavación.

q : sobrecarga aplicada en la superficie del terreno.

N_c: factor de capacidad de carga que es función de la relación D/B, siendo:

B: el ancho de la excavación.

Considerando una excavación a 6.0 m de profundidad, una cohesión media de 8 ton/m², un ancho medio de 18 m y una sobrecarga superficial uniformemente distribuida de 2.0ton/m² se obtuvo un factor de seguridad de 2.45 que es admisible a corto plazo.

6.3.- Procedimiento Constructivo para el anclaje.

En todo el perímetro deberá preverse la colocación de un tapial para tener medidas de seguridad para la obra. Previo a la realización de cualquier excavación se deberá instrumentar todo el perímetro para observar su comportamiento antes, durante y al término de la excavación que permita tomar medidas preventivas y correctivas.

Para retirar los restos de cimentaciones antiguas se excavará 1.0m de profundidad mínima toda el área que ocupará la estructura y en algunos casos lo que se necesario.

Conforme se vaya perfilando el talud en los módulos que se abran, se irá colocando el concreto lanzado que con 6 cm de espesor y de 150 kg/cm² de resistencia a los 28 días, aplicado sobre con una malla electrosoldada 6x6/6-6 debidamente anclada al talud.

Se realizará la perforación de los barrenos con la longitud e inclinación especificada, ver figuras 33 a 37, con perforadoras de rotomartillo neumático, el diámetro real de la perforación será de 4" (10cm), para el desalojo del material de corte dentro de la perforación se utilizará aire a presión.

Cuando se alcance la longitud de proyecto se verificará que el barreno no se haya bloqueado. Si hubiera caídos se introducirá nuevamente la tubería de la perforación y se aplicará una lechada de agua–cemento que permita estabilizar las paredes del barreno y se efectúa su reperfuración. Una vez que la perforación se encuentre limpia se coloca en su interior el tensor, para lo cual a la parte inicial del ancla, se fijará una cabeza punta de bala con el fin que al introducir el ancla en el barreno las puntas de los torones no se atoren en la perforación ni generen caídos durante la instalación. El tensor se fijará al suelo mediante la inyección a presión de lechada de cemento.

Tan pronto se concluya la perforación se introduzca el tensor, se inyectará el ancla, obturando la boca del barreno para uniformizar la presión de inyección. La mezcla a inyectar consistirá de una lechada compuesta con agua-cemento, en proporción 1:2, respectivamente.

El agua a utilizar será limpia y debe mezclarse perfectamente con el cemento para disolver todos los grumos y obtener una mezcla homogénea: una vez logrado esto, se colocará una lechada en el recipiente de la bomba de inyección.

Para efectuar la inyección se empleará una bomba de propulsión o neumática que tenga un rendimiento tal que permita inyectar con economía y eficiencia el volumen de lechada que requieren las anclas. La inyección se deberá realizar a una presión de 10 Kg/cm² en la siguiente forma:

- a) Adaptar la manguera de la bomba a al tensor, iniciando la inyección desde el fondo de la perforación.
- b) Accionar la válvula de salida de la bomba para iniciar la inyección, verificando mediante manómetro, que la presión no sea menor que el valor especificado.
- c) Debido a las características granulométricas de los materiales que alojarán los tensores, el volumen de inyección es posible que tenga un sobre volumen por la posible existencia de algunas fisuras en el terreno dentro de su masa lo cual será verificado en campo al momento de la perforación, por lo que al detectarse alguna fuga en el proceso de inyección y en función del su volumen vaciado se evaluará en qué momento se suspenderá la inyección.

La pérdida de lechada en algunos casos puede ser tan importante que aun inyectando una gran cantidad de lechada en una vez, no se cubra la totalidad del tensor en su longitud adherente (bulbo), necesario para que el ancla adquiera capacidad de proyecto. De ocurrir lo anterior el procedimiento de inyección se hará por etapas, la primera se suspenderá una vez que se detecte la pérdida de lechada en base al volumen inyectado, limpiando el orificio central de las barras, inyectando aire y agua para su completa limpieza, dejando listo para una inyección posterior, una vez que la lechada inyectada inicialmente haya fraguado.

De ocurrir el mismo problema en una segunda inyección se aplicará el mismo procedimiento. Como medida complementaria tendiente a lograr una completa inyección del barreno, se introducirá una manguera secundaria a este junto a la barra de perforación, hasta la profundidad del bulbo (longitud del ancla) y se inyectará a través de ella si se presentan problemas de inyección a través del orificio de la manguera de inyección en el área central del tensor.

Las anclas serán de fricción y postensadas, de 10 cm de diámetro, con un desarrollo de 10 grados con respecto a la horizontal y casi ortogonal a la superficie del talud con distribución reticular de 3.0 m en el sentido horizontal, iniciando a 1.50 m a partir de la corona del talud. Las características del anclaje se indican en las figuras 33 a 37.

PLANTA DE ESQUEMATICA DE ANCLAJE

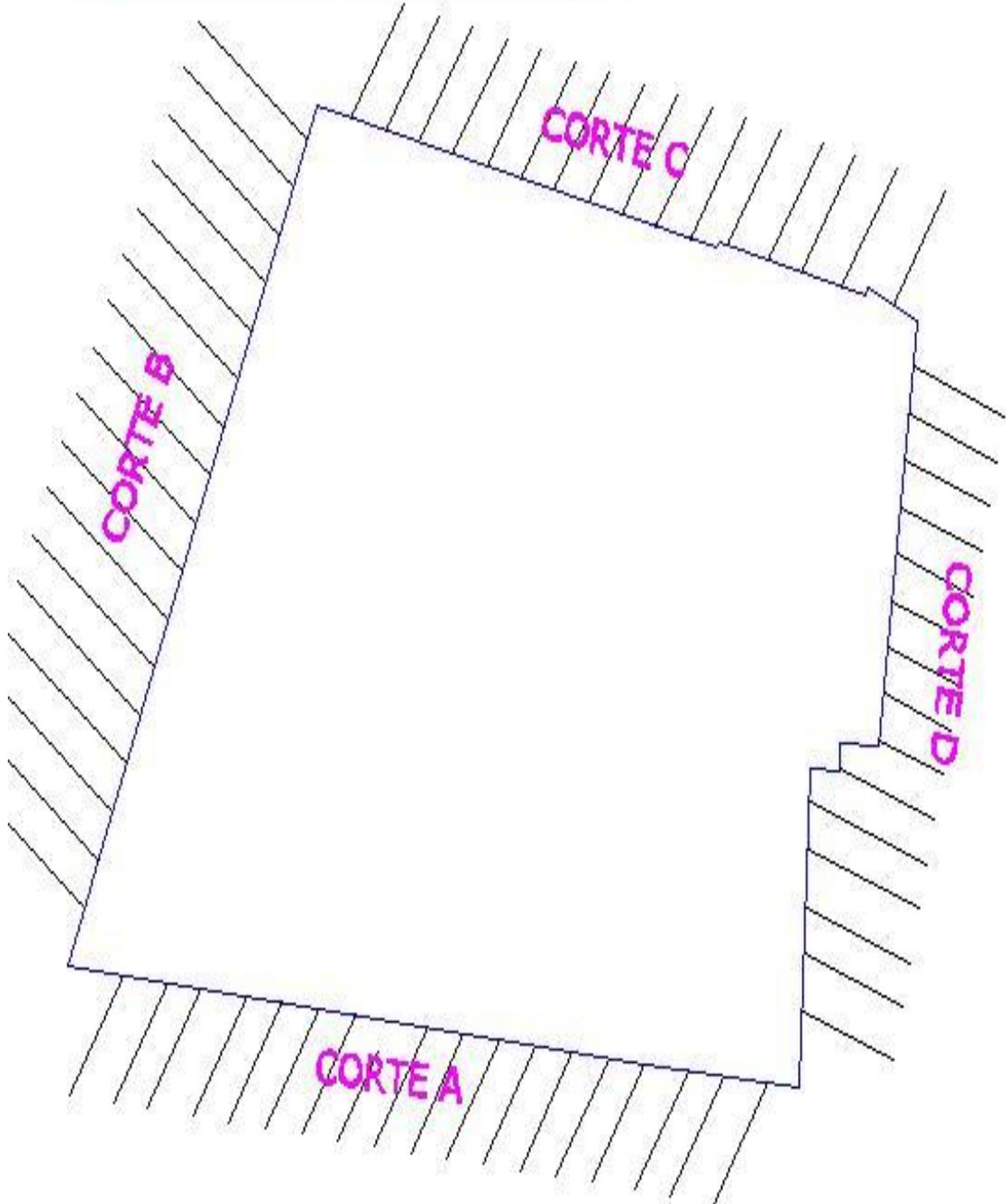


FIGURA 33. PLANTA ESQUEMATICA DE ANCLAJE

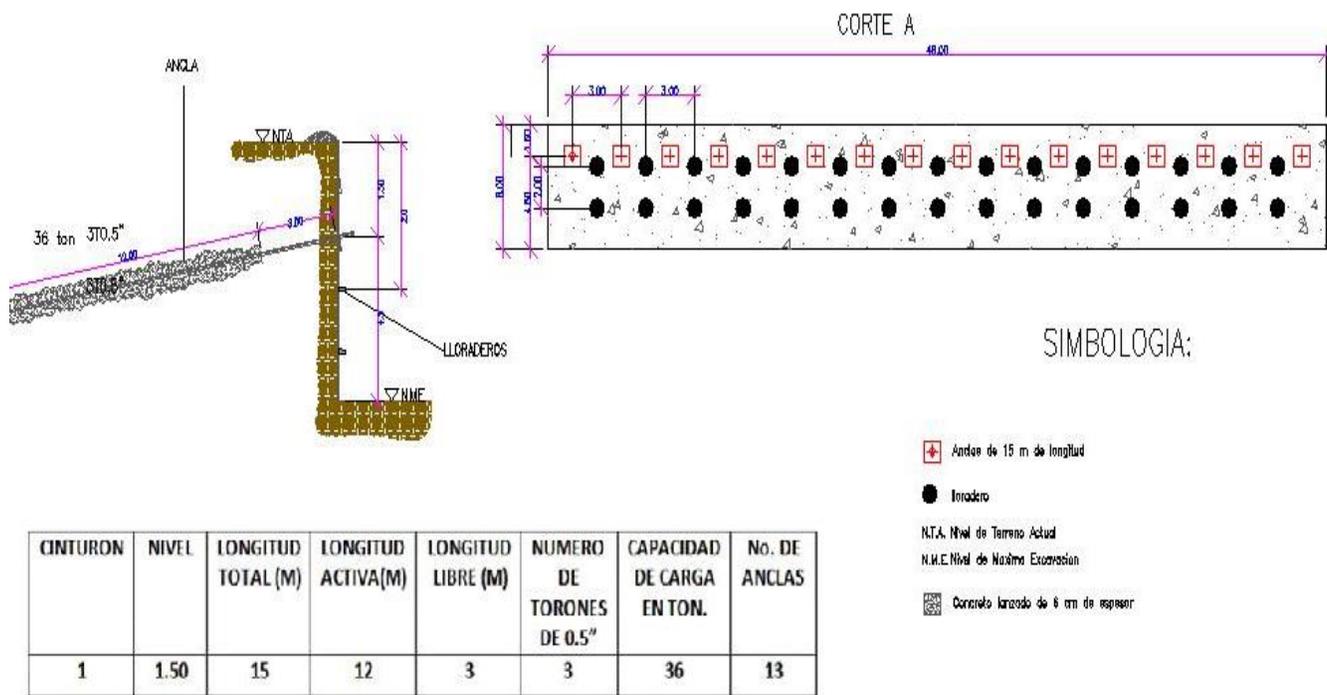


FIGURA 34. SEMBRADO DE ANCLAS EN CORTE A-A'

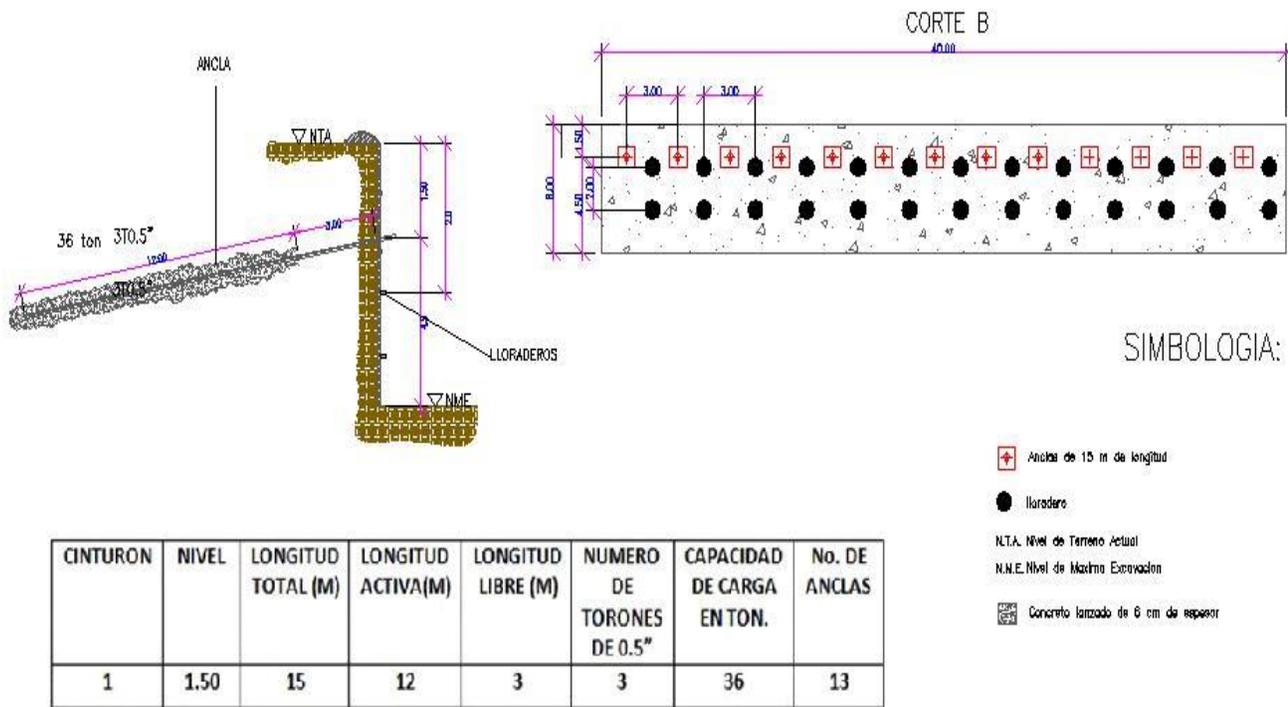


FIGURA 35. SEMBRADO DE ANCLAS EN CORTE B-B'

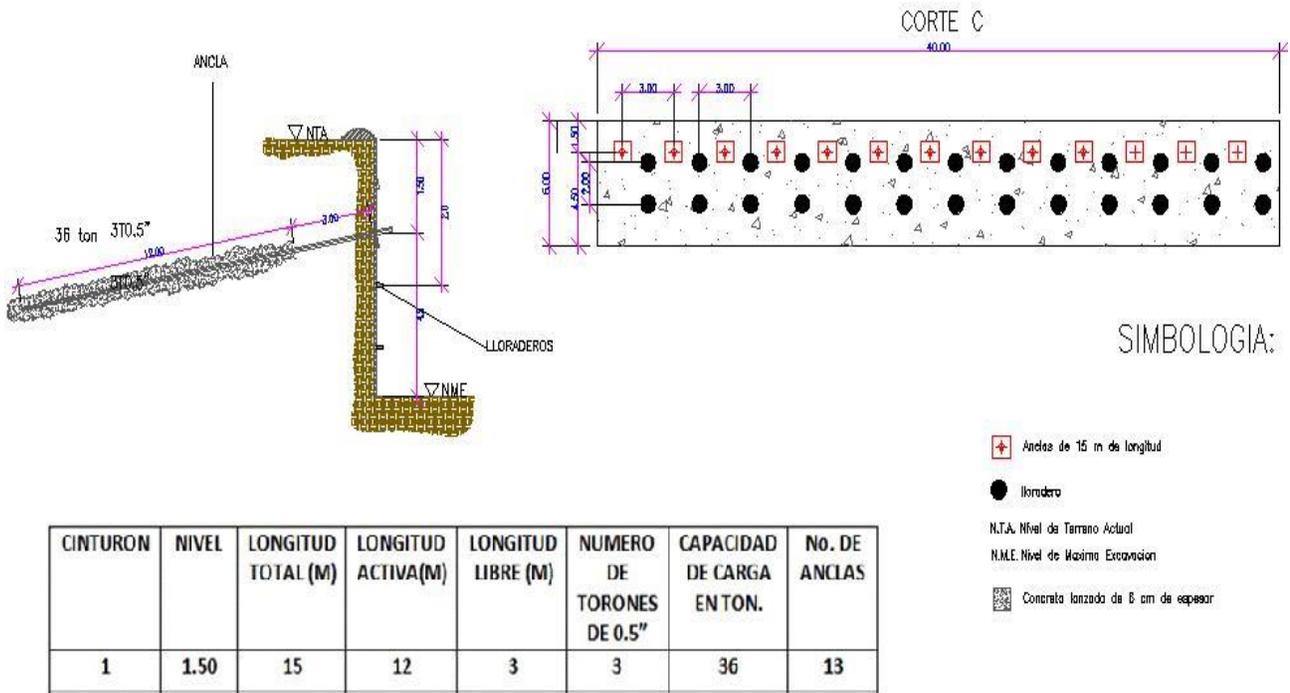


FIGURA 36. SEMBRADO DE ANCLAS EN CORTE C-C'

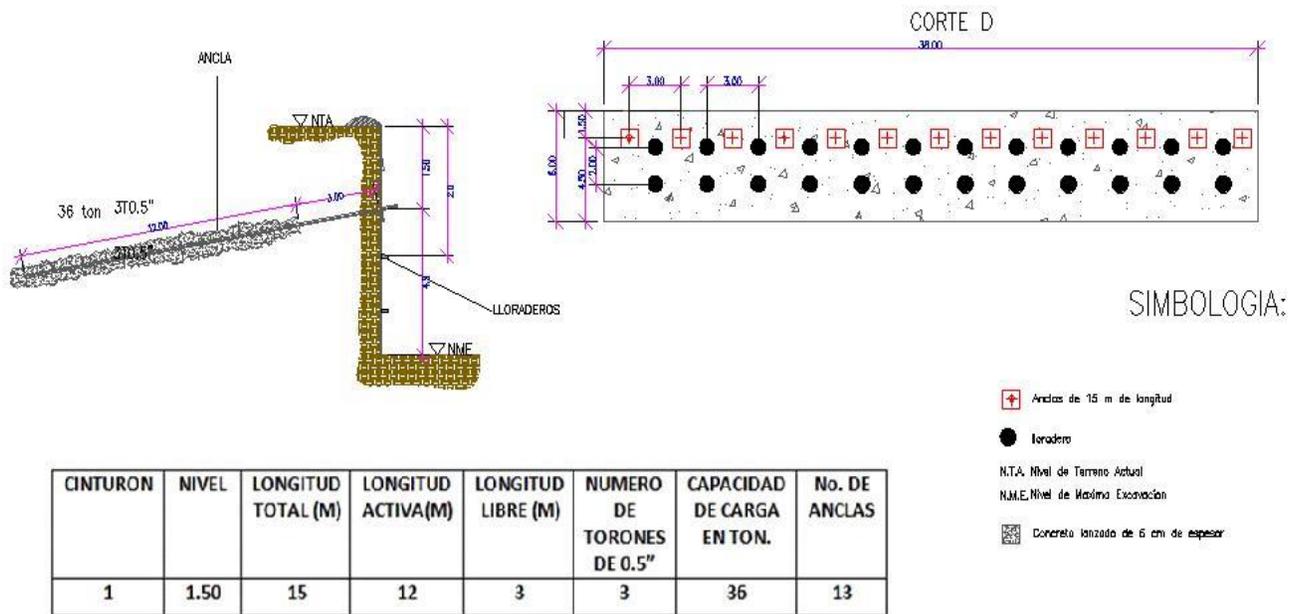


FIGURA 37. SEMBRADO DE ANCLAS EN CORTE D-D'

Con objeto de garantizar la adecuada capacidad de las anclas, será necesario verificar la resistencia de la lechada empleada, para ello se deberá tomar, cuando

menos, una muestra de cada 5 anclas inyectadas. Cada muestra consistirá en 3 probetas, las cuales se probarán a edades de 1,3 y 7 días; cada muestra deberá acompañarse de datos de fecha y localización en que se emplea la lechada. Para considerar adecuada la lechada empleada, la resistencia a la compresión a los 7 días de edad, no deberá ser menor a 100 Kg/cm², la relación agua-cemento podrá variarse para satisfacer este requisito.

6.4.- Tensión y longitud de anclas.

En el análisis se consideró que la longitud activa de las anclas se encontrara por detrás de las zonas de posible deslizamiento.

El ancla transfiere su carga al suelo a través de la resistencia friccionante entre el interfase ancla-suelo; Broms (1968) y Littlejohn (1970) establecieron la siguiente ecuación para estimar la carga por fricción.

$$P = P_i \tan \phi D L \pi F_R$$

donde:

P: capacidad del ancla, en ton.

P_i: presión de inyección de la lechada , Kg/cm²

D: diámetro de cuerpo del ancla, igual a 10 cm

L: longitud del ancla, en m

φ: ángulo de fricción interna del suelo en el que se instalará el ancla.

π: 3.1416

F_R: factor de reducción igual a 0.7

Se obtuvieron las capacidades, longitudes y distribución de anclas mostradas en las figuras 34 a 37.

La carga de tensión que se realiza en cada una de las anclas y el método de aplicación de la carga será el siguiente:

- Se aplicara la tensión en incrementos de 25% de la tensión de proyecto, hasta alcanzar el 110% de la tensión de diseño.
- Se mantendrá esta tensión por 5 minutos, después se descargara totalmente.
- Se volverán a tensar las anclas en incrementos del 25% de la tensión de proyecto, hasta alcanzar esta, y se sujetará el ancla a la estructura de repartición

Una vez perfilado el talud a la pendiente correspondiente y alcanzado el primer nivel de anclaje se procederá a perfilar una caja de 10 cm de profundidad y dimensiones de 1.0 x 1.0 m, cuyo centro coincida con la posición de las anclas.

En las cajas labradas se podrán colocar tramos de 1.0 x 1.0 m de una parrilla de varillas 3/8" a cada 15 cm en las dos direcciones o bien podrá colocarse concreto lanzado con fibra metálica, y en toda el área del talud ya perfilado con la pendiente

del proyecto se colocara sobre el talud un concreto lanzado con fibra metálica, en el que el ancla atravesará la placa de concreto lanzado se dejaron unos tramos de tubo de PVC de 5" de diámetro a través de los cuales se efectuarán las perforaciones en que se instalarán las anclas.

Se aplica una capa de concreto lanzado de 6 cm de espesor y en el punto de aplicación se colocará un sobre espesor de 20 cm más.

A continuación se realizan las perforaciones en que se instalarán las anclas, atravesando el muro de concreto lanzado en los sitios en que se dejaron las preparaciones para tal motivo. Siguiendo el procedimiento de perforación, introducción del tensor, inyección y tensado de las anclas que se indicaron en los incisos anteriores.

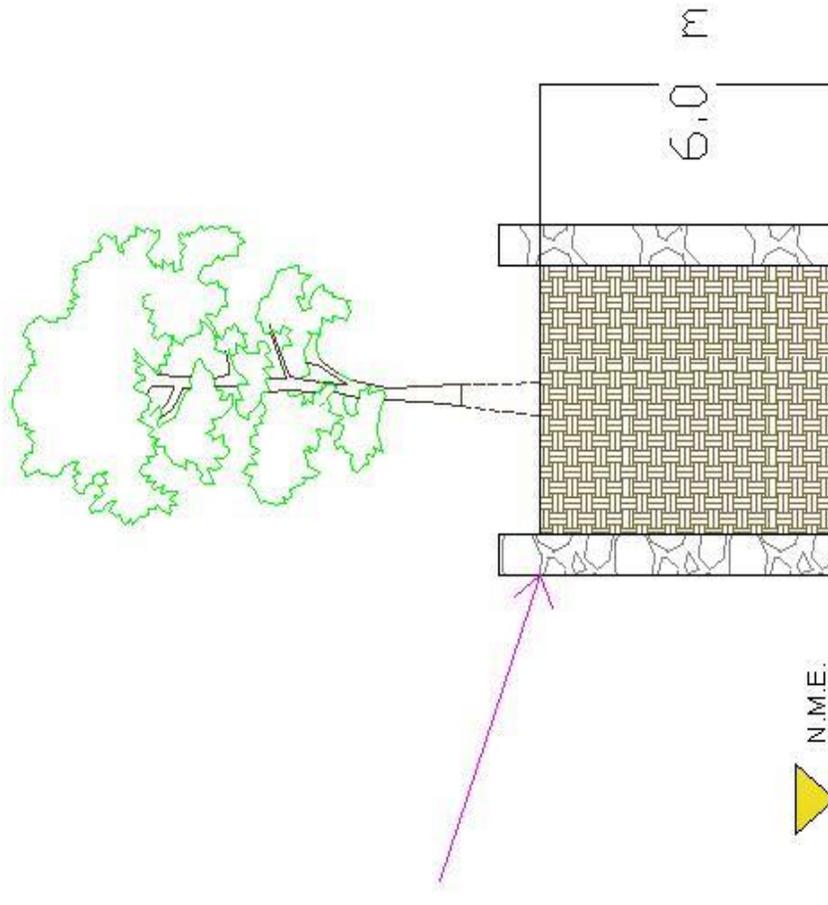
Una vez tensadas las anclas correspondientes al primer nivel de anclaje se procederá con el perfilado del talud hasta el nivel de la siguiente línea de anclaje, procediendo enseguida a la colocación del lanzado de concreto, a la instalación y tensado de las anclas del segundo nivel, en forma semejante a lo realizado para el primer nivel de anclaje, y así sucesivamente para los siguientes niveles de anclaje hasta alcanzar con el talud de proyecto el nivel máximo de excavación.

Durante la excavación, conformación y anclado de los taludes un ingeniero especialista de Mecánica de Suelos deberá verificar que las características de los materiales corresponden a los considerados en los análisis y en caso necesario de acuerdo al comportamiento de los taludes y de los materiales encontrados, establecer los ajustes o modificaciones al procedimiento de excavación y retención propuesta.

6.5.- Murete para contención del árbol.

Dado que se realizara la excavación en todo el terreno exceptuando la parte central donde se ubica el árbol, se tendrá que contener con un murete de mampostería para confinarlo. Como se muestra en la figura 38.

PREPARACION PARA EL ARBOL



Murete de mamposteria
que albergara el arbol

FIGURA 38. PREPARACION PARA EL DETALLE DE MURETE EN ARBOL.

6.6.- Instrumentación.

A continuación se presentan las recomendaciones de instrumentación para el control de la excavación a – 6.0 m de profundidad, que alojara a los sótanos y a la cimentación del proyecto.

Previamente al inicio de los trabajos de excavación se instrumentará el suelo que rodeará a la excavación para verificar que la construcción se realice dentro de la seguridad proyectada así como para advertir el desarrollo de condiciones de inestabilidad, y obtener información básica del comportamiento del suelo, que comparado con el previsto en el diseño, permita concluir sobre la confiabilidad del mismo, detectar errores y en caso necesario fundamentar modificaciones en los análisis y en la construcción.

Mediante la instrumentación se observará el comportamiento de la masa de suelo en la que se efectuará la excavación, a través de la determinación de la evolución con el tiempo de las deformaciones verticales y horizontales, en los puntos más representativos de la masa de suelo.

Se instalarán referencias superficiales constituidas por bancos de nivel superficiales. La información recopilada de la instrumentación debe ser constante examinada por un ingeniero especialista en mecánica de suelos para asegurarse que se obtiene con ella la utilidad que se le consideró.

Los instrumentos de medición se deben instalar siguiendo las recomendaciones que se describen a continuación, en los que también se indica la frecuencia de las mediciones.

6.7.- Referencias Superficiales.

Tendrá por objeto medir los desplazamientos horizontales y verticales que ocurran en la superficie del terreno que circundará la excavación. Estas mediciones permiten detectar oportunamente el desarrollo de condiciones de inestabilidad, o bien deformaciones inadmisibles.

Las referencias superficiales son puntos fijos de la superficie del terreno que se instalarán definiendo líneas de colimación paralelas al borde de la excavación, observando las líneas de colimación con un tránsito, se detectan los desplazamientos horizontales, mientras que con el nivel óptico y estadales se determinan los desplazamientos verticales.

Las características de las referencias superficiales antes mencionadas se describen a continuación:

6.7.1.- Testigo Superficial.

Es un cilindro de concreto simple de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, con un perno convencional empotrado en su extremo superior: el perno es de cabeza esférica de 5/8x4 pulgadas y tiene una línea grabada en la dirección perpendicular a la ranura para desarmador. La ranura sirve de guía a la regla de medición, que está graduada en milímetros, y cuenta con un nivel de burbuja y mira para enfocar el tránsito.

6.7.2.- Criterio de Instalación.

Los testigos superficiales se instalarán principalmente definiendo líneas de colimación, apoyadas en dos puntos de referencia fijos, alejados de los extremos de la excavación para evitar que sufran desplazamientos durante el proceso de construcción.

Las líneas de colimación serán paralelas al borde de la excavación, señalando una a cada lado de la excavación, en la colindancia con la vía pública; la separación entre testigos superficiales será de 5 m.

Todas las referencias deberán instalarse antes de la excavación, según los procedimientos que se describen a continuación:

a) Testigos superficiales.

- Se trazan las líneas de colimación paralelas a la excavación y a las distancias recomendadas.
- Se perforarán los sitios que alojarán los testigos.
- Se colocarán los testigos en las perforaciones, confinándolos con mortero, inmediatamente se comprueba con un tránsito la alineación de la línea grabada.
- Se marcarán los testigos con su clave de identificación y se protegen hasta que haya fraguado el mortero.

6.7.3.- Procedimiento de medición.

El tránsito que se utilice deberá tener plomada óptima de centrado y precisión de 15 seg.; las mediciones se harán dos veces en cada posición del aparato.

Es indispensable que se compruebe frecuentemente el ajuste del eje vertical del aparato. El nivel topográfico deberá ser de precisión, con radio de curvatura de 20 m y amplificación de 25 diámetros.

Las nivelaciones serán diferenciales, con el aparato nivelado equidistante a los puntos de medición y lecturas máximas a 100 m, utilizando estadales con nivel de burbuja y graduados en milímetros; las mediciones se efectuarán cuando la reverberación sea mínima.

Los desplazamientos horizontales se registrarán con la ayuda del tránsito y la regla metálica, colocándola en cada una de las ranuras de las cabezas de los tornillos, deslizándola horizontalmente hasta que la mira coincida con la línea de colimación.

En la escala posterior de la regla, el cadenero medirá el desplazamiento horizontal entre la marca del perno y la mira; la medición se realizará con aproximadamente de + 0.5 mm.

6.8.- Banco de nivel flotante.

Este dispositivo permite determinar los movimientos verticales causados por las expansiones y hundimientos generales en el fondo de la excavación a cielo abierto.

Las mediciones en este instrumento deberán estar referidas a un banco de nivel profundo, *sí* el instrumento se encuentra en la zona de lago o a una mojonera de concreto si se encuentra cerca de las lomas.

Los elementos que lo integran son: a) tubo galvanizado de 1.0 pulg. de diámetro, en tramos de un metro cuya longitud es la profundidad de instalación del banco, b) muerto de concreto de $f'c = 100 \text{ Kg./cm}^2$ de 4 pulgadas de diámetro y 30 cm de altura, colocado en la parte inferior de la tubería, c) cople de unión entre el tubo galvanizado y el muerto de concreto, d) tapón para nivelación colocado en la parte superior del tubo..

6.8.1.- Profundidad de instalación.

La profundidad de instalación del banco de nivel flotante debe ser de 1.2 m abajo del nivel máximo de excavación.

Debe efectuarse una perforación de 6" de diámetro con una máquina que cuente con equipo para el lavado del pozo.

6.8.2.- Instalación.

Se baja el cilindro de concreto a la parte inferior del pozo, acoplándole los tramos de un metro de tubo galvanizado. Debe asegurarse que el cilindro de concreto apoye firmemente en el fondo del pozo por lo que se debe cuidar la profundidad de perforación.

Después de instalado el banco de nivel flotante, deberá rellenarse con grava de tamaño máximo de 3/4 de pulg.

La parte superior del aparato deberá estar protegida con un tubo de fierro de 6" de diámetro que cuente con tapón tapa. Las características de instalación de la protección del aparato dependerán de su ubicación como sigue:

Vía pública; el tubo protector debe estar embebido en concreto pobre, el tapón capa debe estar a nivel de piso y tener un candado de seguridad.

Obra: el tubo protector deberá instalarse en una perforación rellena con tepetate compactado, no deberá tener candado y deberá sobresalir 20 cm. para que sea visible.

6.8.3.- Medición.

Variarán dependiendo de los requerimientos y avances de la obra; puede ser desde una lectura cada 15 días para verificación de hundimiento, regionales, hasta una lectura por día para el control de las expansiones o hundimientos durante la excavación y construcción respectivamente.

Durante la excavación los tubos deberán desacoplarse por tramos de 1 m modificando el nivel de referencia original. Por su facilidad de instalación, el tapón protector deberá instalarse al fondo de la excavación cada vez que se desacople la tubería.

Las mediciones del banco de nivel flotante forman parte del control topográfico de la excavación.

7.- Conclusiones.

El objetivo fundamental de este trabajo es dar a conocer la importancia de un estudio de mecánica de suelos en la vida cotidiana, ya que es un requisito muy importante para la construcción de cualquier edificación. La aportación principal consiste en la obtención de parámetros de diseño y así proponer una alternativa de cimentación adecuada a las necesidades del proyecto, anterior a esto es necesario llevar a cabo una exploración en el sitio de interés donde se extraerán muestras de campo y se analizarán en el laboratorio para la obtención de dichos parámetros mencionados anteriormente.

En este trabajo se solicitó el Estudio de Mecánica de Suelos realizado en un predio con una superficie aproximada de 1,825 m², que se ubica en la Calle Cerrada de Maguey lotes 21, 23 y 25, Colonia San José de los Cedros, en la delegación Cuajimalpa, México D.F., donde se tiene proyectada la construcción de una estructura conformada por dos sótanos para estacionamiento y dos niveles superiores. Para llevar a cabo dicha exploración fue necesario efectuar tres sondeos profundos de tipo penetración estándar a 15 m de profundidad con maquinaria rotatoria Long Year 34 y la excavaron 14 pozos a cielo abierto, de los cuales siete se excavaron en el lote 25, cinco en el lote 23 y dos en el lote 21, realizados entre 0.60 y 3.10 m de profundidad.

De acuerdo a la zonificación geotécnica del Valle de México, el sitio en estudio se localiza en la zona denominada geotécnicamente de Lomas. Como resultado de la exploración y muestreo del subsuelo, la estratigrafía general es la siguiente: entre la superficie y una profundidad variable entre 80 cm y 1.2m de profundidad se tienen materiales de relleno de mala calidad constituidos por arcilla poco limosa café claro con poca arena fina y algunas gravillas, de consistencia blanda, excepto en el predio No. 25 donde en la parte frontal se detectó un espesor de relleno de baja resistencia con espesor de 2.5 m de profundidad y los cuales deberán ser recortados y ser sustituidos por lo menos en una profundidad de metro y medio. Subyaciendo al estrato anterior se tiene una toba volcánica blanda conformada por arena fina media y gruesa, gris obscura, con poco limo, y arcilla poco limosa, gris claro, con poca arena fina, de consistencia variable entre firme y dura.

Gracias a la exploración que se realizó en el predio de estudio se pudo conocer que tipos de materiales predominan en la zona donde se localiza el predio de interés y así poder hacer un buen diseño geotécnico y poder dar recomendaciones para su proceso constructivo como se muestran en este trabajo.

Bibliografía

- Juárez, B. E; Rico, R. A. *Mecánica de Suelos Tomo I, Fundamentos de la Mecánica de Suelos*, Editorial Limusa, México 2012.
- Juárez, B. E; Rico, R. A. *Mecánica de Suelos Tomo II, Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos*, Imprenta Nuevo Mundo, México 1967.
- Rico, R. A.; Del Castillo, M. H. *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*, Editorial Limusa, México 1978.
- E. Bowles, Joseph, *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*, Editorial McGraw-Hill, México 1981.
- Santoyo, V. E.; Ovando, S. E.; Mooser, F.; León, P. E. *Síntesis Geotécnica de la Cuenca del Valle de México*, TGC, México 2005.
- Braja M. Das, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Editorial CENGAGE Learning, México 2014.
- Braja M. Das, *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*, Editorial CENGAGE Learning, México 2012.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones.
- NTC, *Diseño y Construcción de Cimentaciones*, UNAM, No. 405, México 1977.

**Anexo
Ensayes de
Laboratorio**

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **MAGUEY NO. 25**

SONDEO: **PCAS**

FECHA:

29-mar-12

Muestra N°	Profundidad m.	Tara N°	tara	W/h+t gr.	W/s+t gr.	w %	TORC. kg/cm²	CLASIFICACION
PCA-1 BOLSA	0.00 0.85	146	25.10	121.60	105.60	19.88		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
BOLSA	0.85 3.10	38	27.00	134.40	104.30	38.94		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA
PCA-2 BOLSA	0.00 0.40	99	25.30	126.30	108.10	21.98		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA Y RAICILLAS
BOLSA	0.40 0.85	191	25.30	137.00	117.10	21.68		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA Y RAICILLAS
MC	1.40 1.60	185	25.40	99.30	89.50	15.29		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA Y ALGUNAS GRAVILLAS
PCA-3 BOLSA	0.50 0.90	124	25.60	116.10	99.00	23.30		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
BOLSA	0.90 1.75	174	24.10	121.40	104.30	21.32		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
BOLSA	1.75 2.60	203	24.00	129.00	113.40	17.45		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
PCA-4 BOLSA	0.00 1.50	95	25.40	118.30	106.10	15.12		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA Y ALGUNAS GRAVAS HASTA 11/2" Y RAICILLAS
BOLSA	1.50 2.30	94	25.70	143.40	131.60	11.14		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FIN (MATERIAL CEMENTADO)
PCA-5 BOLSA	0.35 0.80	129	25.50	116.80	106.80	12.30		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA Y GRAV. HASTA 2"

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **CERRADA DE MAGUEY**

SONDEO: **SPT-1**

FECHA:

23-mar-12

Muestra N°	Profundidad m.	Tara N°	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm ²	CLASIFICACION
1	0.10 0.70	115	26.20	131.70	107.50	29.77		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA Y ALGUNAS GRAVILLAS
2	0.70 1.30	197	25.00	100.30	79.60	37.91		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA Y ALGUNAS GRAVILLAS
3	1.30 1.90	182	24.60	102.60	79.80	41.30		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FIN Y ALGUNAS GRAVAS SUB-REDONDEADAS
4	1.90 2.50	141	25.40	107.00	88.40	29.52		ARENA FINA MEDIA Y GRUESA GRIS OSCURO CON GRAVAS HASTA 1"
5	2.50 3.10	111	25.60	97.70	88.80	14.08		ARENA FINA MEDIA Y GRUESA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OBSCURO
6	3.10 3.70	45	27.30	132.00	113.20	21.89		ARCILLA ARENOSA CAFÉ ROJIZO CON GRAVILLAS
7	3.70 4.10	157	24.00	124.80	108.00	20.00		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA Y GRAVILLAS
8	4.30 4.52	120	25.90	99.30	91.50	11.89		GRAVAS HASTA 1" GRIS OSCURO
9	4.90 5.25	158	24.30	115.00	100.80	18.56		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ GRISACEI OBSCURO CON POCA ARENA FINA
10	5.50 6.10	40	26.00	119.30	103.10	21.01		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FIN
11	6.10 6.70	151	24.20	100.90	88.40	19.47		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA FINA
12	6.70 7.30	127	25.40	101.40	87.30	22.78		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA FINA
13	7.30 7.90	65	25.00	112.00	101.20	14.17		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA FINA Y UN GRUMO CAFÉ ROJIZO
14	7.90 8.50	135	25.70	101.20	90.20	17.05		LIMO POCO ARCILLOSO GRIS CLARO CON POCA ARENA FINA

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **CERRADA DE MAGUEY**

SONDEO: **SPT-2**

FECHA:

23-mar-12

Muestra N°	Profundidad m.	Tara N°	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm ²	CLASIFICACION
1	0.00 0.30	123	25.20	96.90	82.90	24.26		ARENA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON FRAGMENTOS DE CONCRETO Y TABIQUE ROJO (RELLENO)
2	0.60 1.20	169	24.00	113.90	99.20	19.55		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FIN
3	1.20 1.80	99	25.30	132.80	115.20	19.58		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FIN
4	1.80 2.40	209	25.50	128.50	112.80	17.98		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FIN
5	2.40 3.00	114	25.60	110.20	97.40	17.83		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
6	3.00 3.60	124	25.60	119.20	109.40	11.69		LIMO ARENOSO FINO GRIS CLARO
7	3.60 4.20	183	24.20	94.50	87.00	11.94		LIMO ARENOSO FINO GRIS CLARO
8	4.20 4.65	185	25.40	111.90	102.40	12.34		LIMO ARENOSO FINO GRIS CLARO
9	4.80 5.20	85	25.70	111.00	102.60	10.92		LIMO ARENOSO FINO GRIS CLARO
10	5.40 5.65	173	24.00	125.20	114.90	11.33		LIMO ARENOSO FINO GRIS CLARO CON ALGUNOS GRUMOS POMITICOS
11	6.00 6.45	171	24.10	112.00	104.60	9.19		LIMO ARENOSO FINO GRIS CLARO CON ALGUNOS GRUMOS POMITICOS
12	6.60 6.95	215	23.70	106.80	98.90	10.51		LIMO ARENOSO FINO GRIS CLARO CON ALGUNOS GRUMOS POMITICOS
13	7.20 7.80	139	25.40	116.80	107.80	10.92		ARENA FINA Y MEDIA POCO LIMOSA GRIS CLARO
14	7.80 8.40	106	25.70	124.40	112.10	14.24		ARENA FINA Y MEDIA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON ALGUNOS GRUMOS POMITICOS

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **CERRADA DE MAGUEY**

SONDEO: **SPT-3**

FECHA:

23-mar-12

Muestra N°	Profundidad m.	Tara		W _{h+t} gr.	W _{s+t} gr.	w %	TORC. kg/cm ²	CLASIFICACION
		N°	gr.					
1	0.00	46	26.90	109.70	92.80	25.64		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
	0.60							
2	0.60	196	23.40	120.40	101.20	24.68		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
	1.20							
3	1.20	121	25.80	95.90	79.50	30.54		ARCILLA CAFÉ OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA
	1.80							
4	1.80	8	25.70	117.20	100.20	22.82		ARCILLA CAFÉ OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA
	2.40							
5	2.40	64	24.90	113.70	97.40	22.48		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
	3.00							
6	3.00	178	24.20	102.90	92.40	15.40		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA FINA
	3.60							
7	3.60	102	25.70	99.70	89.20	16.54		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
	4.20							
8	4.20	135	25.70	86.60	76.30	20.36		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
	4.80							
9	4.80	174	24.10	108.60	95.60	18.18		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
	5.40							
10	6.00	127	25.40	99.20	85.40	23.00		ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO
	6.60							
11	6.60	143	25.30	109.20	91.30	27.12		ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO
	7.20							
12	7.20	157	24.00	123.80	104.10	24.59		ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ
	7.80							
13	7.80	45	27.30	129.50	112.30	20.24		ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO
	8.40							
14	8.40	179	24.10	164.60	139.80	21.43		ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO
	9.00							

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO: SPT - 1 PROFUND.: 2.50 - 3.10 m.

MUESTRA: 5

DATOS:

W TARA: 25.60 Gr Ws+T 88.80 Gr

Ws: 63.20 Gr

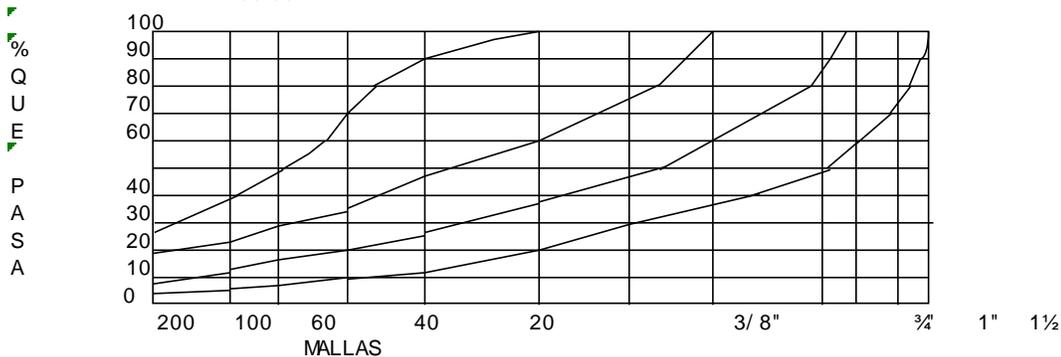
MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"	19.10	30.22	69.78
3/8"	4.80	7.59	62.18
1/4"	5.40	8.54	53.64
N°4"	4.50	7.12	46.52
10.00	6.90	10.92	35.60
20.00	7.40	11.71	23.89
40.00	4.30	6.80	17.09
60.00	2.10	3.32	13.77
100.00	2.20	3.48	10.28
200.00	1.20	1.90	8.39
PASA 200	5.30	8.39	0.00
SUMA	63.20	0.00	0.00

GRAVA 53.48 %

ARENA 38.13 %

FINOS 8.39 %

SUMA= 100.00 %



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO: SPT - 1

PROFUND.: 5.50 - 6.10 m.

MUESTRA: 10

DATOS:

W TARA: 26.00 Gr

Ws+T 103.10 Gr

Ws: 77.10 Gr

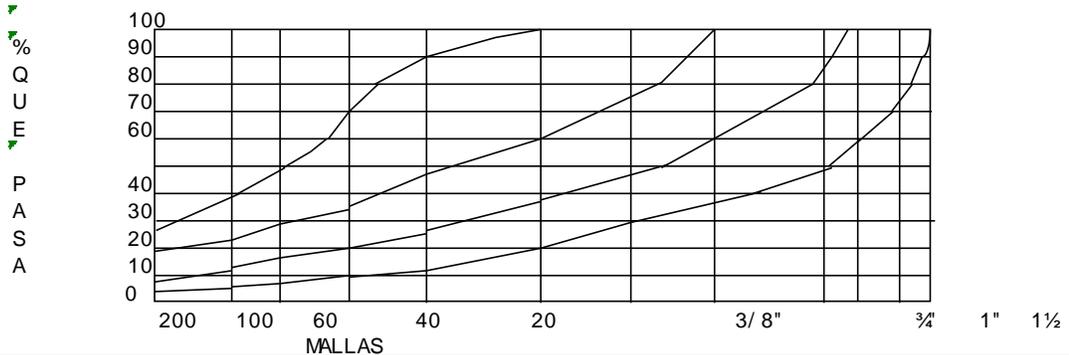
MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.90	1.17	98.83
Nª4"	0.60	0.78	98.05
10.00	1.30	1.69	96.37
20.00	3.80	4.93	91.44
40.00	6.10	7.91	83.53
60.00	4.50	5.84	77.69
100.00	7.50	9.73	67.96
200.00	6.60	8.56	59.40
PASA 200	45.80	59.40	0.00
SUMA	77.10	0.00	0.00

GRAVA 1.95 %

ARENA 38.65 %

FINOS 59.40 %

SUMA= 100.00 %



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO: SPT - 1 PROFUND.: 9.70 - 10.00 m.

MUESTRA: 17

DATOS:

W TARA: 27.00 Gr Ws+T 107.60 Gr

Ws: 80.60 Gr

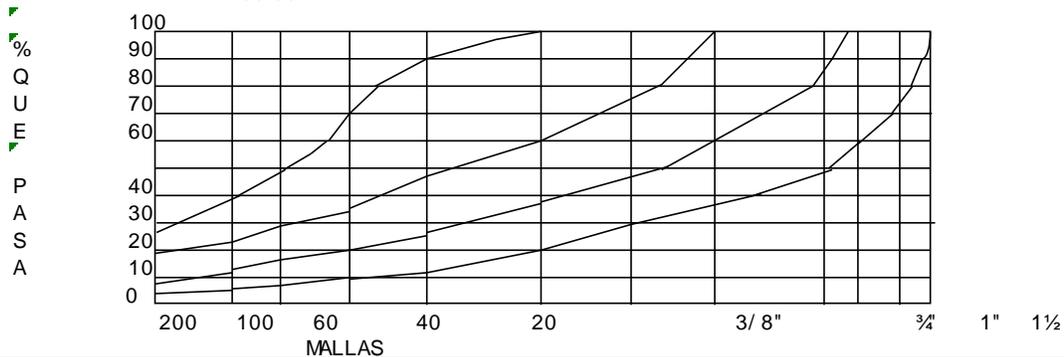
MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"	9.80	12.16	87.84
1/4"	4.80	5.96	81.89
Nª4"	4.50	5.58	76.30
10.00	6.80	8.44	67.87
20.00	6.10	7.57	60.30
40.00	5.90	7.32	52.98
60.00	3.80	4.71	48.26
100.00	6.20	7.69	40.57
200.00	5.10	6.33	34.24
PASA 200	27.60	34.24	0.00
SUMA	80.60	0.00	0.00

GRAVA 23.70 %

ARENA 42.06 %

FINOS 34.24 %

SUMA= 100.00 %



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO: SPT - 1

PROFUND.: 13.90 - 14.25 m.

MUESTRA: 24

DATOS:

W TARA: 25.60 Gr

Ws+T 112.30 Gr

Ws: 86.70 Gr

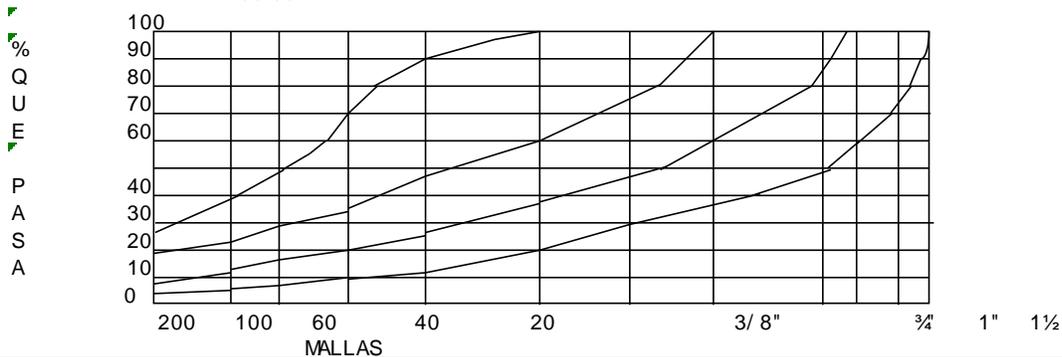
MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"	3.60	4.15	95.85
3/8"	2.70	3.11	92.73
1/4"	5.30	6.11	86.62
Nº4"	2.00	2.31	84.31
10.00	4.40	5.07	79.24
20.00	11.10	12.80	66.44
40.00	12.00	13.84	52.60
60.00	6.90	7.96	44.64
100.00	10.30	11.88	32.76
200.00	8.40	9.69	23.07
PASA 200	20.00	23.07	0.00
SUMA	86.70	0.00	0.00

GRAVA 15.69 %

ARENA 61.25 %

FINOS 23.07 %

SUMA= 100.00 %



ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO: SPT-2 PROFUND.: 3.60-4.20 m.

MUESTRA: 7

DATOS:

W TARA: 24.20 Gr Ws+T 87.00 Gr

Ws: 62.80 Gr

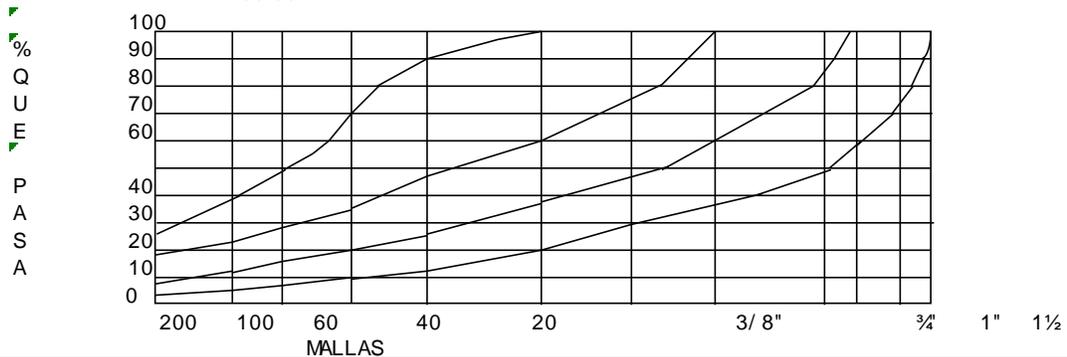
MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"	0.00		
1/2"	5.00	7.96	92.04
3/8"	0.00		
1/4"	2.90	4.62	87.42
Nª4"	0.80	1.27	86.15
10.00	3.10	4.94	81.21
20.00	6.10	9.71	71.50
40.00	5.90	9.39	62.10
60.00	3.60	5.73	56.37
100.00	6.40	10.19	46.18
200.00	5.50	8.76	37.42
PASA 200	23.50	37.42	0.00
SUMA	62.80	0.00	0.00

GRAVA 13.85 %

ARENA 48.73 %

FINOS 37.42 %

SUMA= 100.00 %



ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO: SPT-2

PROFUND.: 8.40-9.00 m.

MUESTRA: 15

DATOS:

W TARA: 23.60 Gr

Ws+T 98.60 Gr

Ws: 75.00 Gr

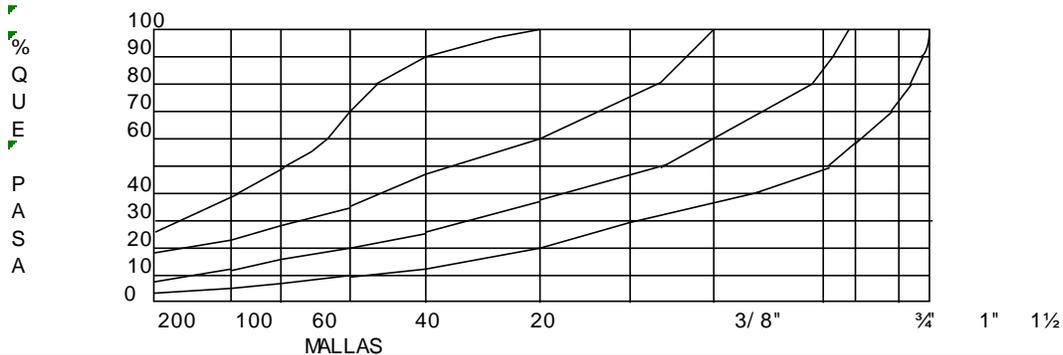
MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"	0.00		
3/8"	12.90	17.20	82.80
1/4"	5.40	7.20	75.60
Nº4"	4.30	5.73	69.87
10.00	4.80	6.40	63.47
20.00	7.10	9.47	54.00
40.00	7.10	9.47	44.53
60.00	3.70	4.93	39.60
100.00	6.40	8.53	31.07
200.00	5.30	7.07	24.00
PASA 200	18.00	24.00	0.00
SUMA	75.00	0.00	0.00

GRAVA 30.13 %

ARENA 45.87 %

FINOS 24.00 %

SUMA= 100.00 %



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO: SPT-3 PROFUND.: 0.60-1.20 m.

MUESTRA: 2

DATOS:

W TARA: 23.40 Gr Ws+T 101.20 Gr

Ws: 77.80 Gr

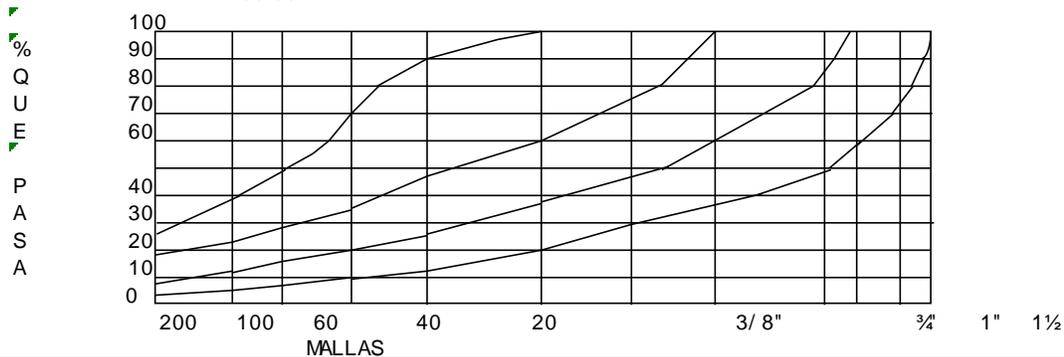
MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"	0.00		
3/8"	2.30	2.96	97.04
1/4"	0.60	0.77	96.27
Nª4"	1.40	1.80	94.47
10.00	2.30	2.96	91.52
20.00	5.20	6.68	84.83
40.00	3.80	4.88	79.95
60.00	4.40	5.66	74.29
100.00	6.60	8.48	65.81
200.00	3.80	4.88	60.93
PASA 200	47.40	60.93	0.00
SUMA	77.80	0.00	0.00

GRAVA 5.53 %

ARENA 33.55 %

FINOS 60.93 %

SUMA= 100.00 %



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO: SPT-3 PROFUND.: 3.60-4.20 m.

MUESTRA: 7

DATOS:

W TARA: 25.70 Gr Ws+T 89.20 Gr

Ws: 63.50 Gr

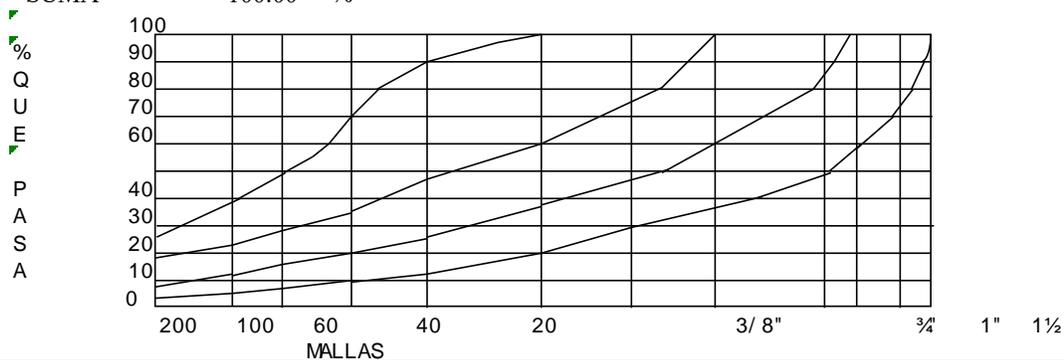
MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"	0.00		
3/8"	1.40	2.20	97.80
1/4"	0.50	0.79	97.01
N°4"	0.00	0.00	97.01
10.00	0.80	1.26	95.75
20.00	3.80	5.98	89.76
40.00	5.00	7.87	81.89
60.00	4.60	7.24	74.65
100.00	7.00	11.02	63.62
200.00	5.30	8.35	55.28
PASA 200	35.10	55.28	0.00
SUMA	63.50	0.00	0.00

GRAVA 2.99 %

ARENA 41.73 %

FINOS 55.28 %

SUMA= 100.00 %



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO: SPT-3 PROFUND.: 9.60-10.20 m.

MUESTRA: 16

DATOS:

W TARA: 24.30 Gr Ws+T 125.70 Gr

Ws: 101.40 Gr

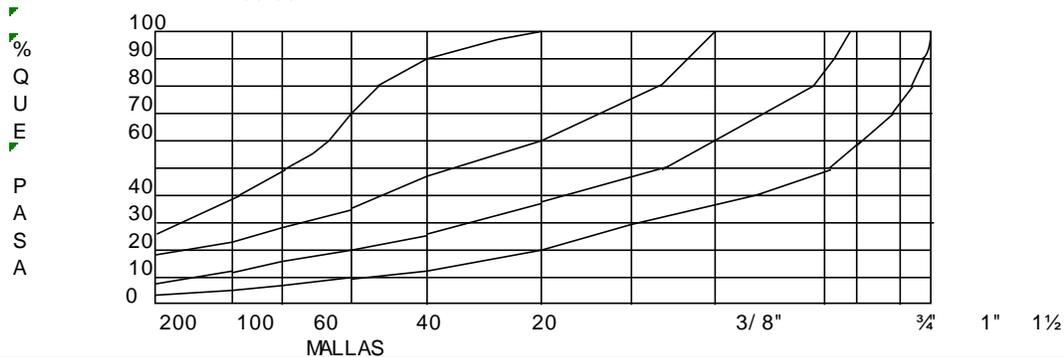
MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"	0.00		
1/2"	2.70	2.66	97.34
3/8"	0.00		
1/4"	0.60	0.59	96.75
Nª4"	1.60	1.58	95.17
10.00	2.00	1.97	93.20
20.00	4.60	4.54	88.66
40.00	26.00	25.64	63.02
60.00	14.50	14.30	48.72
100.00	17.90	17.65	31.07
200.00	8.90	8.78	22.29
PASA 200	22.60	22.29	0.00
SUMA	101.40	0.00	0.00

GRAVA 4.83 %

ARENA 72.88 %

FINOS 22.29 %

SUMA= 100.00 %



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO Nº: SPT-1 MUESTRA: 10 PROF.: 5.60-6.10 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	86	15.30	12.25	2.20	30.35
28	148	15.50	12.37	2.20	30.78
20	10	15.20	12.10	2.20	31.31
12	26	15.10	12.00	2.20	31.63

LIMITE PLASTICO

	149	6.40	5.80	2.20	16.67
	53	6.20	5.60	2.20	17.65

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
30.97	17.16	13.81	CL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO Nº: SPT-2 MUESTRA: 2 PROF.: 0.60-1.20 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
33	4	15.10	11.55	2.20	37.97
24	131	14.90	11.37	2.20	38.50
17	91	15.00	11.40	2.20	39.13
9	121	14.50	11.00	2.20	39.77

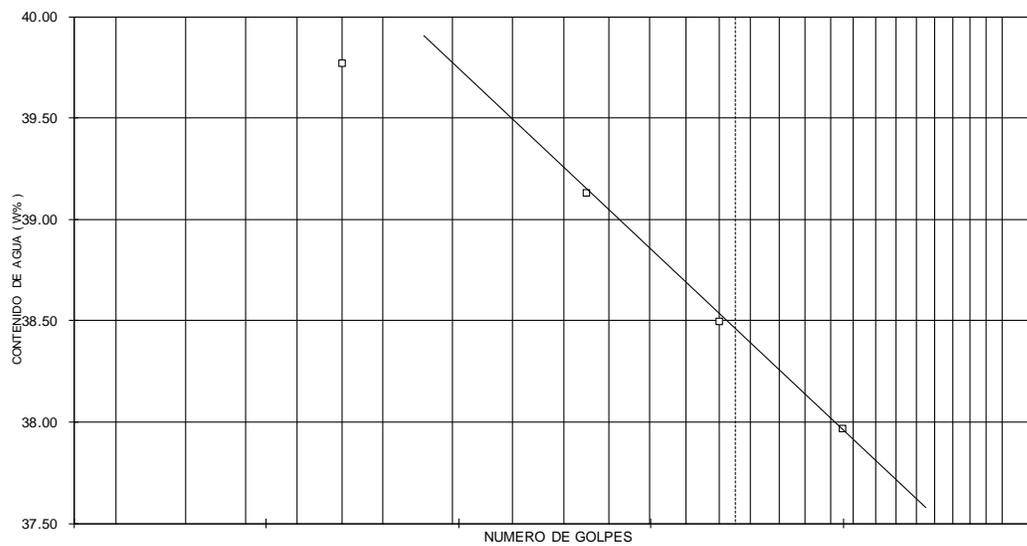
LIMITE PLASTICO

	108	6.10	5.40	2.30	22.58
	74	6.20	5.50	2.30	21.88

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
38.45	22.23	16.22	CL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO N°: SPT-3 MUESTRA: 2 PROF.: .60-1.20 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO

N° GOLPES	N° tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	117	16.30	12.28	2.30	40.28
28	119	16.20	12.15	2.20	40.70
20	110	15.90	11.90	2.20	41.24
12	143	15.80	11.80	2.20	41.67

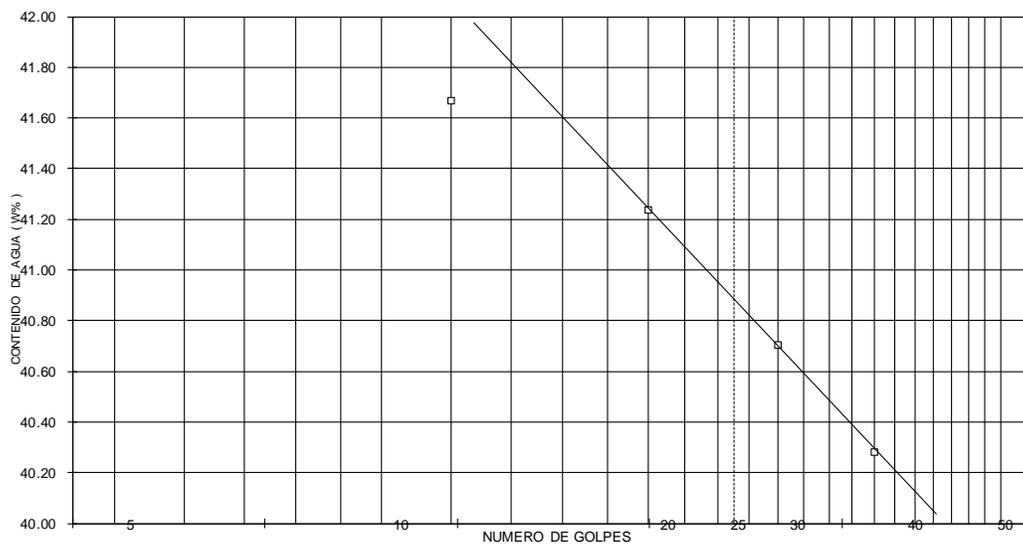
LIMITE PLASTICO

	64	6.30	5.70	2.80	20.69
	56	6.10	5.50	2.80	22.22

CONTRACCION LINEAL

barra n°	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
40.87	21.46	19.41	CL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO N°: SPT-3 MUESTRA: 7 PROF.: 3.60-4.20 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
33	76	15.00	12.19	2.20	28.13
25	142	14.60	11.85	2.20	28.50
18	45	14.90	12.05	2.20	28.93
9	47	14.50	11.70	2.20	29.47

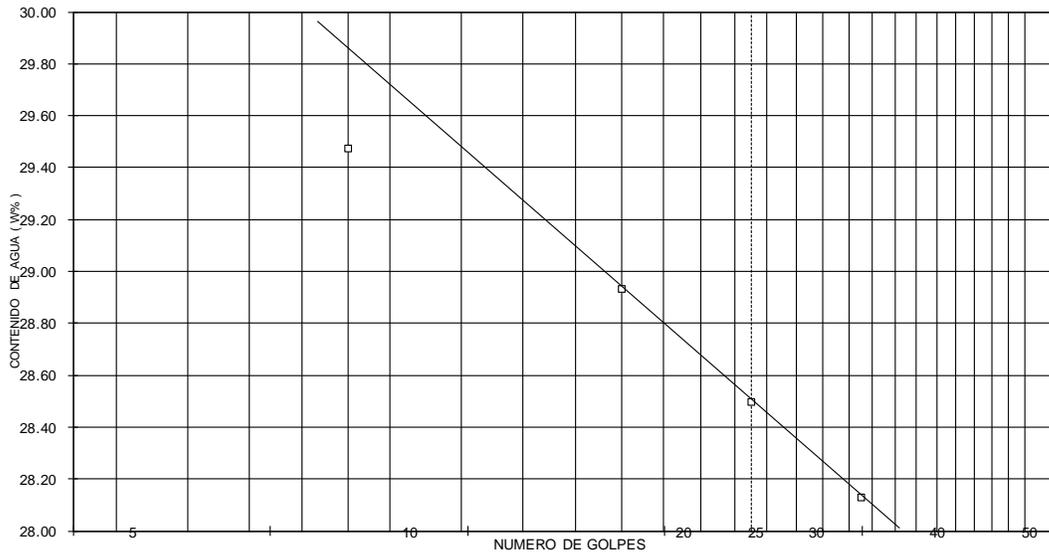
LIMITE PLASTICO

	71	6.10	5.60	2.70	17.24
	57	6.20	5.70	2.90	17.86

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
28.50	17.55	10.95	CL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO Nº: SPT-1 MUESTRA: 10 PROF.: 5.60-6.10 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	86	15.30	12.25	2.20	30.35
28	148	15.50	12.37	2.20	30.78
20	10	15.20	12.10	2.20	31.31
12	26	15.10	12.00	2.20	31.63

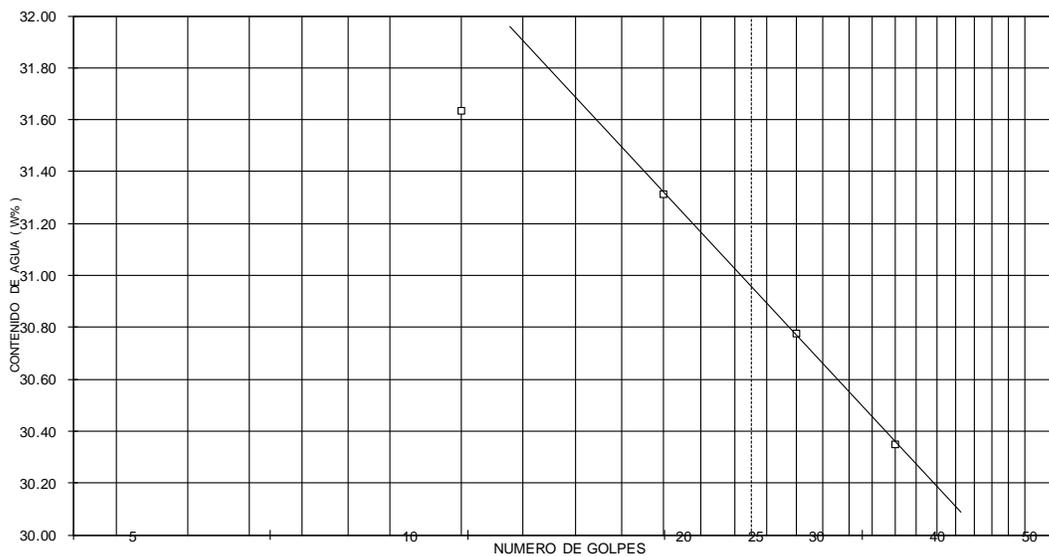
LIMITE PLASTICO

	149	6.40	5.80	2.20	16.67
	53	6.20	5.60	2.20	17.65

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
30.97	17.16	13.81	CL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
PROCEDENCIA:		<u>CERRADA DE MAGUEY</u>			
SONDEO Nº:	<u>SPT-2</u>	MUESTRA:	<u>2</u>	PROF.:	<u>0.60-1.20</u> m.
DESCRIPCION DEL MATERIAL:		<u>ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO</u>			
LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
33	4	15.10	11.55	2.20	37.97
24	131	14.90	11.37	2.20	38.50
17	91	15.00	11.40	2.20	39.13
9	121	14.50	11.00	2.20	39.77
LIMITE PLASTICO					
	108	6.10	5.40	2.30	22.58
	74	6.20	5.50	2.30	21.88
CONTRACCION LINEAL					
	barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)	
	L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S	
	38.45	22.23	16.22	CL	

Numero de Golpes	Contenido de Agua (W%)
33	37.97
24	38.50
17	39.13
9	39.77

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO N°: SPT-3 MUESTRA: 2 PROF.: .60-1.20 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	117	16.30	12.28	2.30	40.28
28	119	16.20	12.15	2.20	40.70
20	110	15.90	11.90	2.20	41.24
12	143	15.80	11.80	2.20	41.67

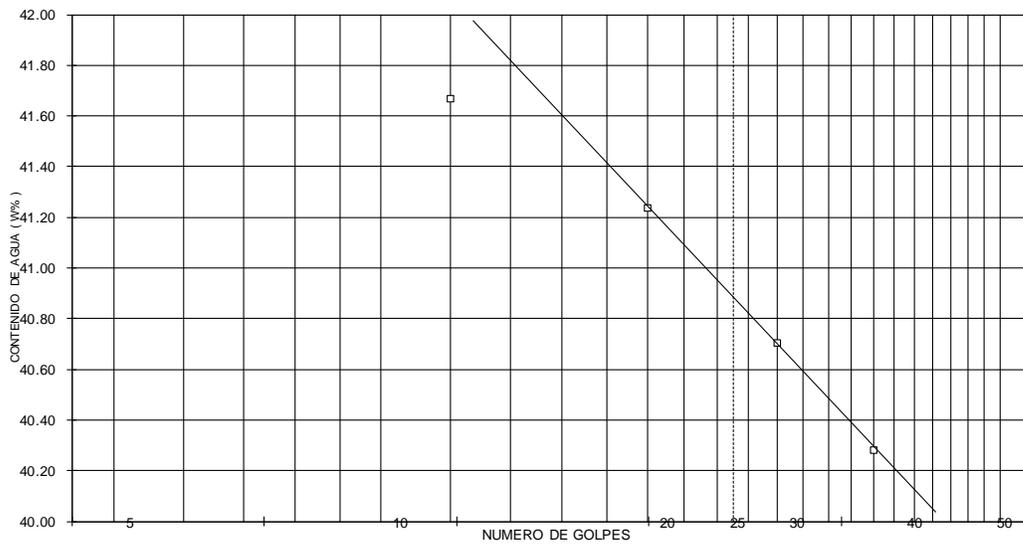
LIMITE PLASTICO

	64	6.30	5.70	2.80	20.69
	56	6.10	5.50	2.80	22.22

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
40.87	21.46	19.41	CL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO Nº: SPT-3 MUESTRA: 2 PROF.: .60-1.20 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	117	16.30	12.28	2.30	40.28
28	119	16.20	12.15	2.20	40.70
20	110	15.90	11.90	2.20	41.24
12	143	15.80	11.80	2.20	41.67

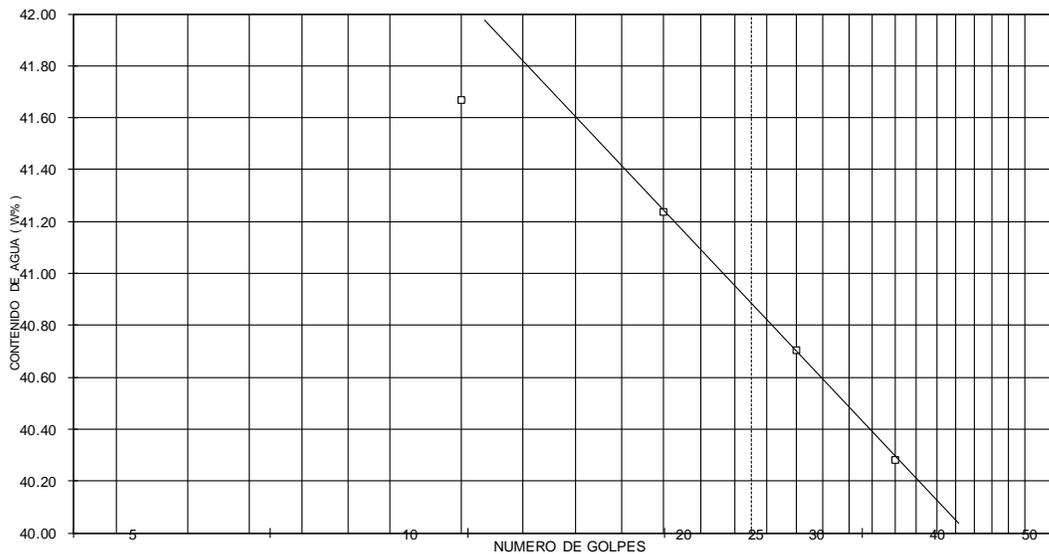
LIMITE PLASTICO

64	6.30	5.70	2.80	20.69
56	6.10	5.50	2.80	22.22

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
40.87	21.46	19.41	CL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: CERRADA DE MAGUEY

SONDEO N°: SPT-3 MUESTRA: 7 PROF.: 3.60-4.20 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
33	76	15.00	12.19	2.20	28.13
25	142	14.60	11.85	2.20	28.50
18	45	14.90	12.05	2.20	28.93
9	47	14.50	11.70	2.20	29.47

LIMITE PLASTICO

	71	6.10	5.60	2.70	17.24
	57	6.20	5.70	2.90	17.86

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
28.50	17.55	10.95	CL



