



FES Aragón

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

DISEÑO GEOTÉCNICO Y PROCESO CONSTRUCTIVO PARA UN
CENTRO COMERCIAL EN ZONA DE TRANSICIÓN ALTA.

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

RAMÓN ALEJANDRO GARCÍA RUIZ

ASESOR:

ING. GABRIEL ÁLVAREZ BAUTISTA



CIUDAD NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO, MARZO DE 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 la hermosa familia que me ha regalado, por permitirme estar aquí y brindarme las fuerzas necesarias para derribar todas las barreras que he encontrado a mi paso, gracias por poner en mi camino a tantas personas que de un modo u otro han participado en este trabajo.

A mis padres, Ramón García Borja y Margarita Ruiz Retana porque sin su ejemplo, dedicación y apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional, por sus enseñanzas brindadas que han forjado lo que he sido, soy y seré. Porque estoy sumamente orgulloso y agradecida, por el gran esfuerzo que han depositado en mí.

A mis hermanos, Mayra Guadalupe García Ruiz y Daniel García Ruiz, con mucho cariño. Porque han sido grandes pilares en los cuales me he podido apoyar. Gracias por su incondicional apoyo, aliento y motivación para terminar este trabajo, y lograr uno de mis más grandes anhelos.

También dedico este trabajo, al gran ángel que tengo y me cuida desde donde está, porque siempre me brindó sus consejos, cariño, comprensión y apoyo en los momentos buenos y malos de mi vida.

A mis amigos, en especial a Mario Blanco Hernández, quien me alentó y brindo su apoyo a lo largo de toda la carrera. Porque además, has sido un gran amigo y compañero de clases. Gracias por todo el apoyo, explicaciones; y sobre todo, gracias por la paciencia que me has tenido.

A todos mis profesores, que durante la carrera me brindaron todo su apoyo incondicional, que me ayudaron y alentaron a seguir adelante.

Inmensa gratitud a mi tutor, el Ing. Gabriel Álvarez Bautista, por sus enseñanzas, paciencia y apoyo que fueron fundamentales para desarrollar y culminar el presente trabajo.

¡Mi más sincero agradecimiento a todos!



ÍNDICE

Introducción.....	6
1.- ANTECEDENTES.....	7
1.1.- Localización.....	8
1.2.- Descripción del proyecto arquitectónico.....	9
1.3.- Topografía.....	14
1.4.- Colindancias.....	14
1.5.- Objetivos.....	15
2.- EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYES DE LABORATORIO	16
2.1.- Pozos a Cielo abierto.....	16
2.2.- Método de penetración estándar.....	19
2.3.- Muestreador Shelby.....	21
2.4.- Pruebas índices y mecánicas	37
2.4.1.- Contenido de humedad (w%).....	37
2.4.2.- Limite líquido (LL) y limite plástico (LP).....	37
2.4.3.- Densidad de sólidos ó peso específico relativo de los sólidos (Ss).....	40
2.4.4.- Consolidación.....	41
2.4.5.- Prueba rápida de compresión triaxial de resistencia al esfuerzo cortante (no consolidada-no drenada UU).....	43
3.- DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO	44
3.1.- Estratigrafía de la zona de Lago.....	44
3.2.- Estratigrafía de la zona de Transición.....	45
3.3.- Estratigrafía de la zona de Lomas.....	46
3.4.- Zonificación Geotécnica.....	46
3.4.1.- Zona de lago.....	47
3.4.2.- Zona de transición.....	48
3.4.3.- Zona de Lomas (LOM).....	49
3.5.- Descripción detallada de los Sondeos Mixtos.....	49
3.6.- Coeficiente sísmico.....	65
4.- DISEÑO GEOTÉCNICO	66
4.1.- Consideraciones generales	66
4.2.- Revisión del cajón de cimentación de la estructura ligera	67
4.2.1.- Cargas y características de proyecto	67
4.2.2.- Análisis de estabilidad.....	67
4.2.2.1.- Estado de falla general con cajón de cimentación	67
4.2.2.2.- Acciones	68
4.2.2.3.- Estado límite de falla en condiciones estáticas	68
4.2.2.4.- Estado límite de falla en condiciones dinámicas	68
4.2.2.5.- Estado de falla local con cajón de cimentación	70
4.2.2.6.- Incremento de esfuerzos debido al momento de volteo durante la eventualidad de un sismo.....	71



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



4.2.2.7.- Asentamientos diferidos	72
4.2.2.8.- Expansiones elásticas.....	72
4.2.2.9.- Empujes sobre los muros perimetrales de los cajones de cimentación	73
4.2.2.10.- Falla de fondo	76
4.3.- Revisión del cajón de cimentación de la estructura pesada	76
4.3.1.- Cargas y características de proyecto	76
4.3.2.- Análisis de estabilidad.....	77
4.3.2.1.- Estado de falla general con cajón de cimentación	77
4.3.2.2.- Acciones	77
4.3.2.3.- Estado límite de falla en condiciones estáticas	78
4.3.2.4.- Estado límite de falla en condiciones dinámicas	78
4.3.2.5.- Estado de falla local con cajón de cimentación	80
4.3.2.6.- Incremento de esfuerzos debido al momento de volteo durante la eventualidad de un sismo.....	80
4.3.2.7.- Asentamientos diferidos	82
4.3.2.8.- Expansiones elásticas.....	82
4.3.2.9.- Empujes sobre los muros perimetrales de los cajones de cimentación	83
4.3.2.10.- Falla de fondo	86
4.4.- Alternativa con Pilas de sección constante	86
4.4.1.- Capacidad de Carga.....	86
4.4.2.- Estado límite de servicio.....	92
4.4.3.- Asentamientos diferenciales.....	93
5.3.5.- Módulo de reacción vertical.....	93
5.- ESTABILIDAD DE TALUDES	94
5.1.- Estabilidad de taludes Mediante Sistema Muro Milán	94
5.1.1.- Procedimiento constructivo	94
5.1.2.- Estabilidad de taludes considerando falla por traslación.....	95
5.1.3.- Revisión por falla de empotramiento en Muro Milán	95
5.1.4.- Abatimiento del nivel freático	95
5.1.5.- Trabajos previos al procedimiento constructivo.....	96
5.1.6.- Secuencia del procedimiento constructivo	96
6.- PROCESO CONSTRUCTIVO	97
6.1.- Procedimiento constructivo	97
6.1.1.- Protección a colindancias	97
6.2.- Proceso Constructivo del Muro Milán	109
6.2.1.- Construcción del Brocal guía para equipo guiado	109
6.2.2.- Excavación del tablero	109
6.2.3.- Colocación de juntas	111
6.2.4.- Colocación correcta de juntas	111
6.2.5.- Colocación del armado.....	112
6.2.6.- Colado del elemento	113
6.2.7.- Recomendaciones para el colado	114
6.3.- Procedimiento constructivo de pilas	115



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



6.4.- Alternativa de excavación con sistema Top-Down	117
6.5.- Sistema de retención.....	123
6.6.- Proceso de construcción de muro Milán	125
6.6.1.- Muros guía (pre trinchera) o Brocales	125
6.6.2.- Fluido para excavación (Lodo bentonítico).....	125
6.6.3.- Selección del equipo de perforación	126
6.6.4.- Perforación o excavación de zanjas	126
6.6.5.- Colocación del armado.....	126
6.6.6.- Maniobras de izaje	127
6.6.7.- Centrado del acero de refuerzo.....	127
6.6.8.- Juntas	128
6.6.9.- Machihembrado contra infiltraciones	128
6.7.- Sistema de bombeo.....	128
6.8.- Instrumentación.....	133
6.9.- Excavaciones	135
Conclusiones.....	137
Bibliografía.....	137
Anexo (Ensayes de laboratorio).....	138



Introducción

La Mecánica de Suelos dentro de la ingeniería civil forma una parte medular para el desarrollo de cualquier proyecto por el hecho de marcar la pauta sobre el cómo se diseña algún inmueble desde sus cimientos, hasta las consideraciones que rigen en el diseño estructural de acuerdo al tipo de suelo en que se desplante.

Gracias a su amplia intervención en todas las ramas de ingeniería civil, el presente trabajo se elaboró con el propósito de aplicar los conceptos y teorías fundamentales en la mecánica de suelos, con la finalidad de determinar la elección más viable y óptima para la cimentación dentro de un centro comercial localizado en la Colonia Guadalupe Tepeyac, en donde se analizaron alternativas y mediante el análisis de cada una de ellas se determinó cuál de éstas brinda los mejores estándares de seguridad, factibilidad y estabilidad para la propia estructura durante su vida útil, apegándose a los criterios establecidos por las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones del Distrito Federal.

De acuerdo a los requerimientos arquitectónicos del proyecto y del sitio de interés, se desarrollaron trabajos de exploración en campo del suelo y por medio de ellos se extrajeron muestras para ser sometidas al laboratorio y en base a los resultados obtenidos se determinaron los parámetros que gobiernan el diseño geotécnico y estructural, además de dictaminar la metodología para la ejecución de los procesos constructivos que conciernen a la propia cimentación y a las estructuras colindantes.



1.- ANTECEDENTES

Origen de los suelos

Toda obra de ingeniería civil debe estar desplantada sobre cierto tipo de suelo, o bien, sobre un manto rocoso. El diseño de cimentaciones para cualquier tipo de estructura, como puede ser un edificio, un puente o una presa, requiere por lo general del reconocimiento de factores tales como: el tipo de suelo, los asentamientos permisibles de la estructura, la magnitud y distribución de las cargas, sismicidad, hundimiento regional, la presencia de aguas freáticas, la velocidad máxima del viento, las condiciones geológicas del suelo en cuestión, entre otros. En consecuencia, es de vital importancia conocer las características de los materiales sobre los que se desplantará una estructura, con el propósito de mantener su estabilidad y seguridad durante el tiempo de su vida útil.

Haciendo un enfoque del origen de los suelos en la Cuenca del Valle de México (debido a que el predio en estudio se encuentra dentro de ésta cuenca), investigaciones realizadas han demostrado que los suelos de la planicie lacustre se formaron durante los periodos Pleistoceno y Holoceno, donde el primero duró más de un millón de años y el segundo, también llamado Reciente, tuvo 10,000 años de duración.

La Cuenca del Valle de México se caracteriza debido a su composición, en gran parte, por suelos de tipo arcilloso. Los suelos arcillosos blandos son la consecuencia del proceso de depositación y alteración fisicoquímica de los materiales aluviales y de las cenizas volcánicas en el ambiente lacustre, donde existían abundantes colonias de microorganismos y vegetación acuática. El proceso sufrió largas interrupciones durante los periodos de intensa sequía, en los que el nivel del lago bajó y se formaron costras endurecidas por deshidratación como consecuencia del secado solar. Otras breves interrupciones fueron provocadas por violentas etapas de actividad volcánica, que cubrieron toda la cuenca con mantos de arenas basálticas o pumíticas. Eventualmente, en los periodos de sequía también ocurrían erupciones volcánicas, las que formaron costras duras cubiertas por arenas volcánicas. La velocidad con la que se depositaron los suelos es del orden de un metro por cada cuatro mil años, lo cual se ha fechado con pruebas de carbono 14. La costra superficial data de los últimos 8,000 años.

El proceso descrito anteriormente formó una secuencia ordenada de estratos de arcilla blanda, separados por lentes duros de limos y arcillas arenosas, costras secas y arenas basálticas o pumíticas, de las emisiones volcánicas. Los espesores de las costras duras por deshidratación solar tienen cambios graduales en consecuencia a las condiciones topográficas del fondo del lago y alcanzan su mayor espesor hacia las orillas del vaso; la zona donde su influencia llega a reducir notablemente su espesor y aún llegan a desaparecer es al centro del mismo. Una prueba de ello es el Lago de Texcoco, donde se demuestra que en ésta región del lago se tuvieron escasos y breves periodos de sequía.

Los suelos duros o tobas rojizas arcillosas de las Lomas son la consecuencia de la alteración del polvo volcánico depositado en un clima relativamente caliente, ya que en dicha condición se producen suelos con coloides. Los depósitos fluviales que se reconocen hoy en algunos puntos de las Lomas, así como en el pie de ellas en la transición a la planicie central, forman grandes abanicos aluviales. Algunos incluso se encuentran bajo las arcillas y penetran hasta unos 10 km dentro de la planicie y se

depositaron al final de los períodos glaciales cuando crecieron arroyos y ríos caudalosos, durante los deshielos.

En algunos sectores del Valle se formaron manchas delgadas de sedimentos hidrotermales, rocas calizas originadas por la precipitación de los carbonatos y sólidos en las charcas y canales por donde se acumulaban y escurrían las aguas calientes que brotaban en varios sitios. Esos sedimentos hidrotermales se formaron al pie de algunas de las eminencias orográficas del norte de la zona lacustre y a ambos lados de la Sierra de Santa Catarina, cuando los manantiales que contenían aguas calientes eran muy activos. Algunos quedaron cubiertos por suelos y ahora aparecen intercalados con la arcilla como lentes de gran dureza.

En el subsuelo se identifican al menos cuatro mantos de sedimentación de arcillas, los cuales corresponden al número de antiguos lagos, donde el estrato superior tiene los suelos más blandos, el que le subyace es menos blando y los dos estratos profundos son de arcillas comparativamente duras.

1.1.- Localización.

Se proyecta la construcción de un centro comercial ubicado en Prolongación Calzada de los Misterios No. 62, Colonia Guadalupe Tepeyac, Delegación Gustavo A. Madero, Ciudad de México, el cual estará constituido en dos cuerpos, uno conformado por un sótano, planta baja y un nivel superior y otro constituido por un sótano y un estacionamiento superficial. El croquis de localización del sitio donde se proyecta la edificación se observa en la figura 1.



Figura 1.- Localización del sitio de interés

1.2.- Descripción del proyecto arquitectónico

El proyecto arquitectónico contempla la construcción de un centro comercial constituido por dos cuerpos, el primero y más pesado conformado por un sótano, planta baja y planta alta, el cual estará conformado por losas, traveses y columnas de concreto armado, y el segundo cuerpo conformado por un sótano y un estacionamiento de tipo superficial. Los niveles de piso terminado contemplados dentro del proyecto arquitectónico son: para el sótano, común para los dos cuerpos, el nivel de piso terminado se encontrará a -4.0 m, la planta baja a $+0.00$ m, el primer nivel a $+8.50$ m y finalmente la planta de azotea se tendrá en la cota $+17.50$ m. Todos los niveles antes mencionados se encuentran referenciados con respecto al nivel de banquetta (Nivel 0.00). En las figuras 2 a 12 se muestran las plantas arquitectónicas del semisótano, planta baja y la planta tipo de los dos niveles superiores así como los cortes arquitectónicos y fachadas del proyecto.

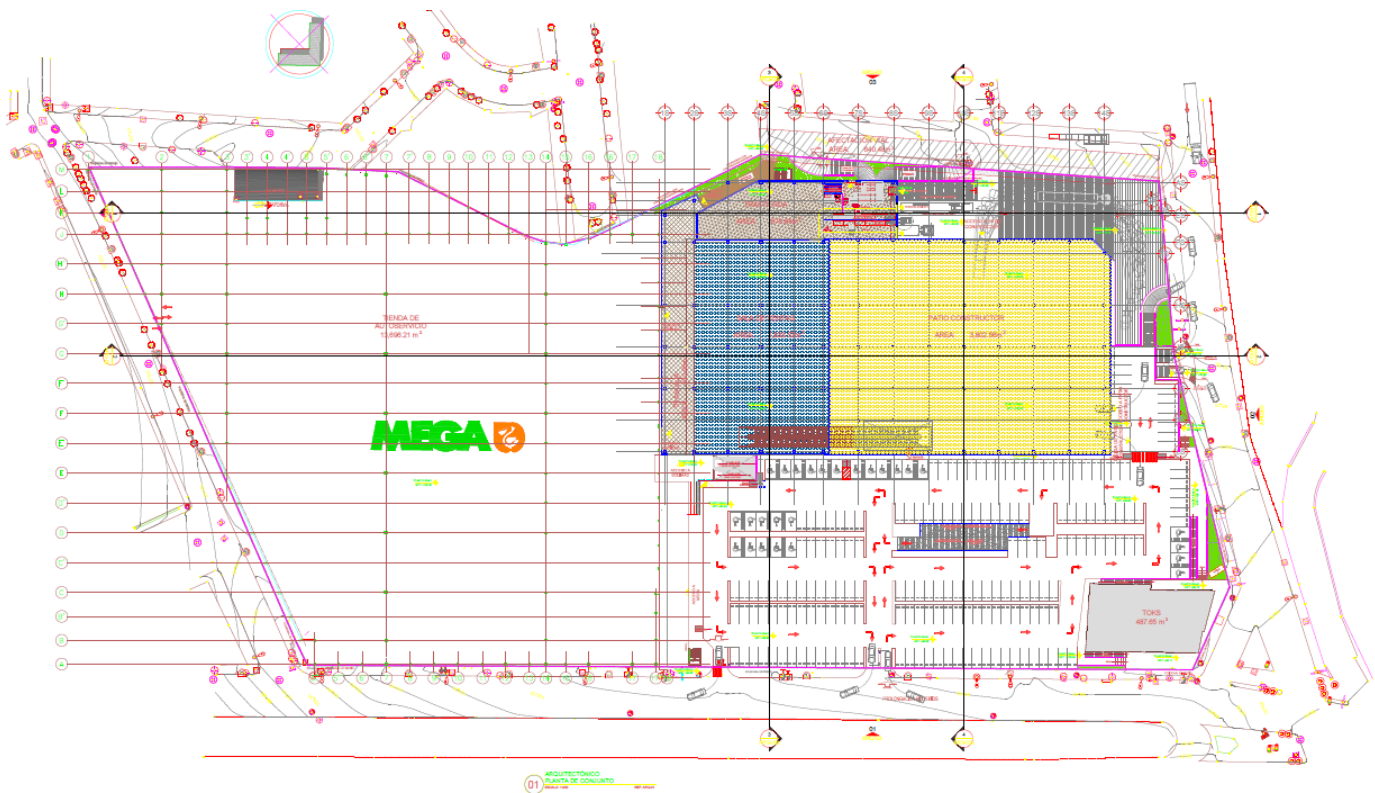


Figura 2.- Planta de Conjunto

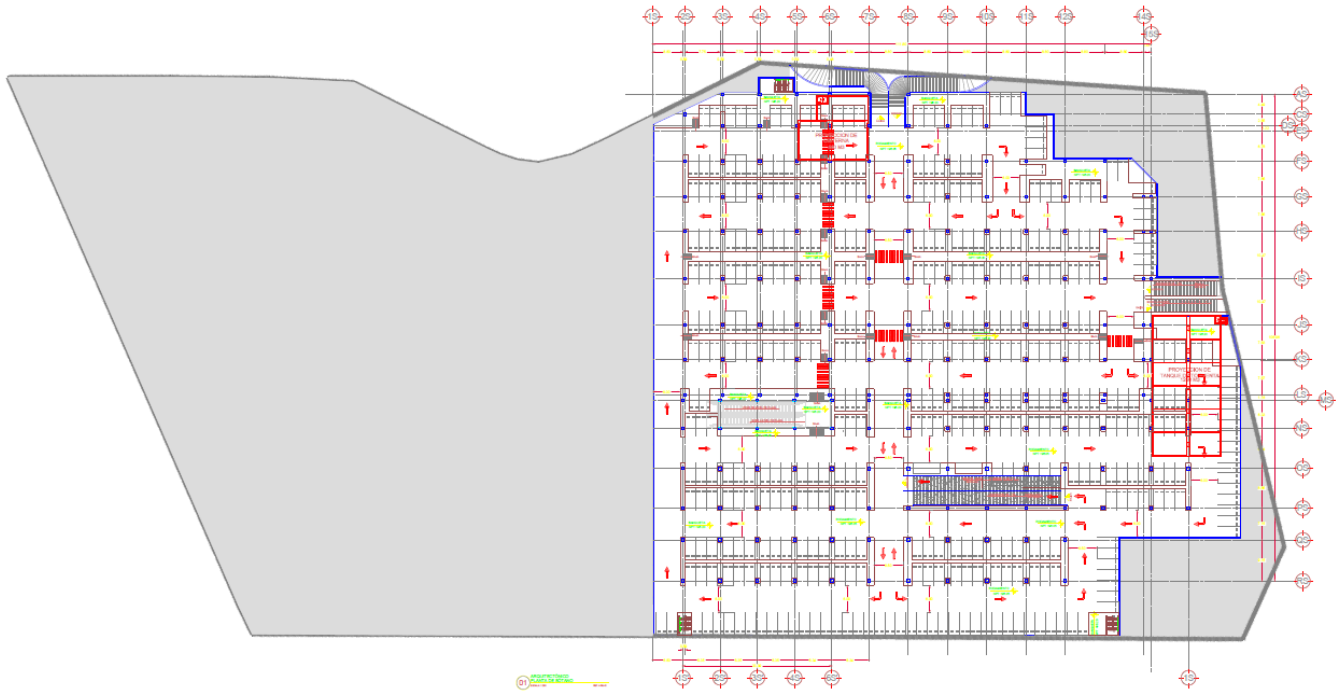


Figura 3.- Planta Sótano

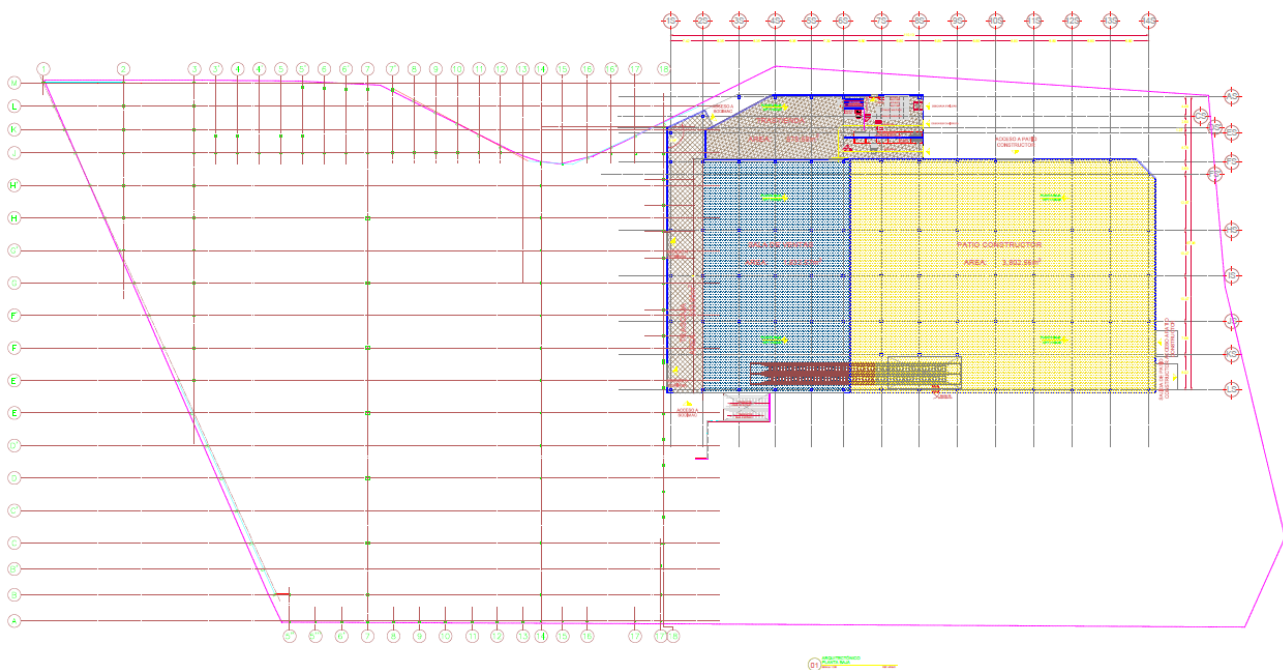


Figura 4.- Planta Baja

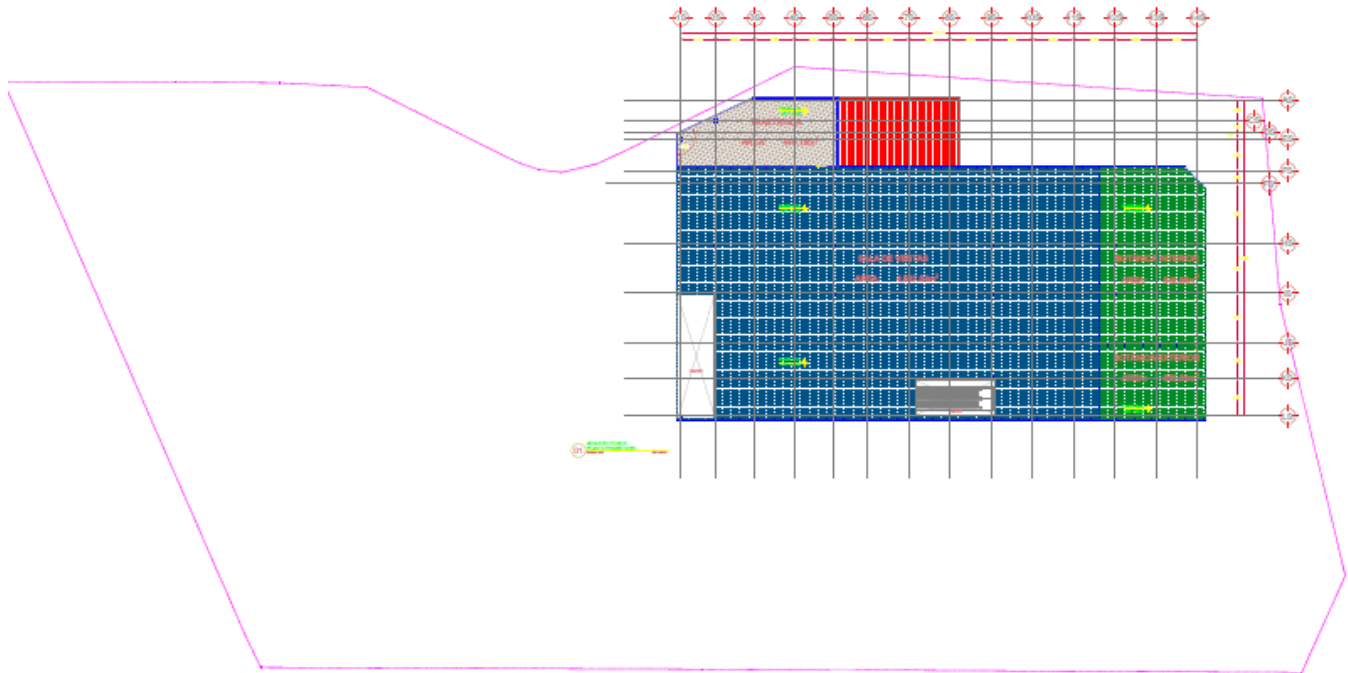


Figura 5.- Planta Alta

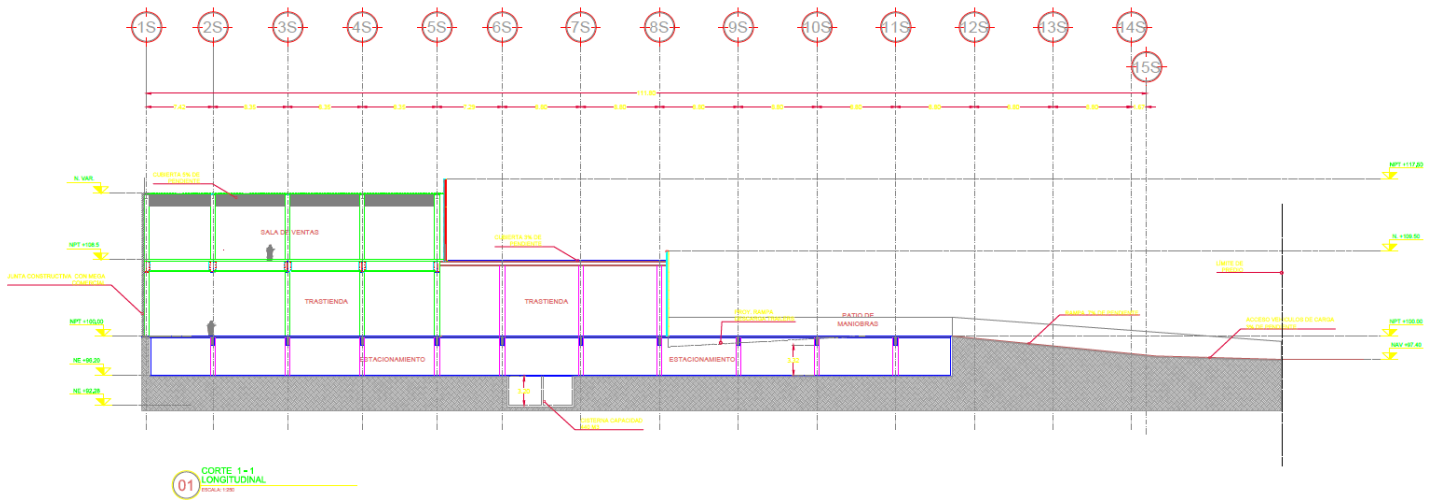


Figura 6.- Corte Longitudinal 1-1

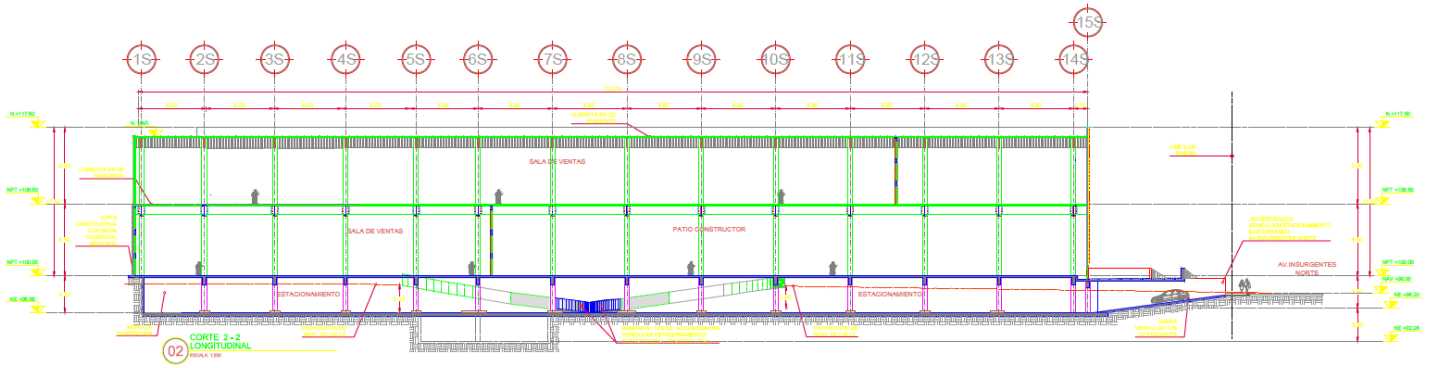


Figura 7.- Corte Longitudinal 2-2

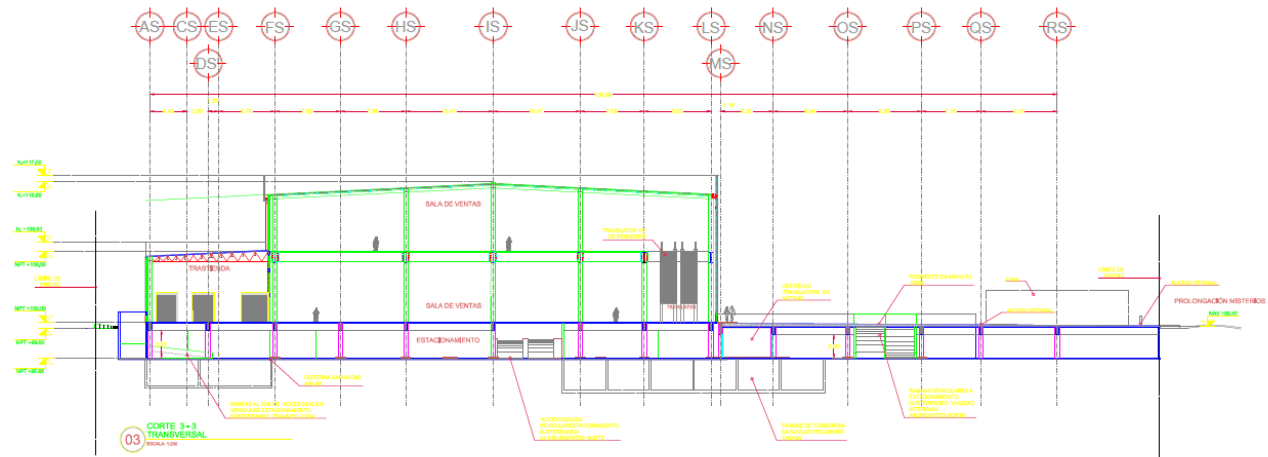


Figura 8.- Corte Transversal 3-3

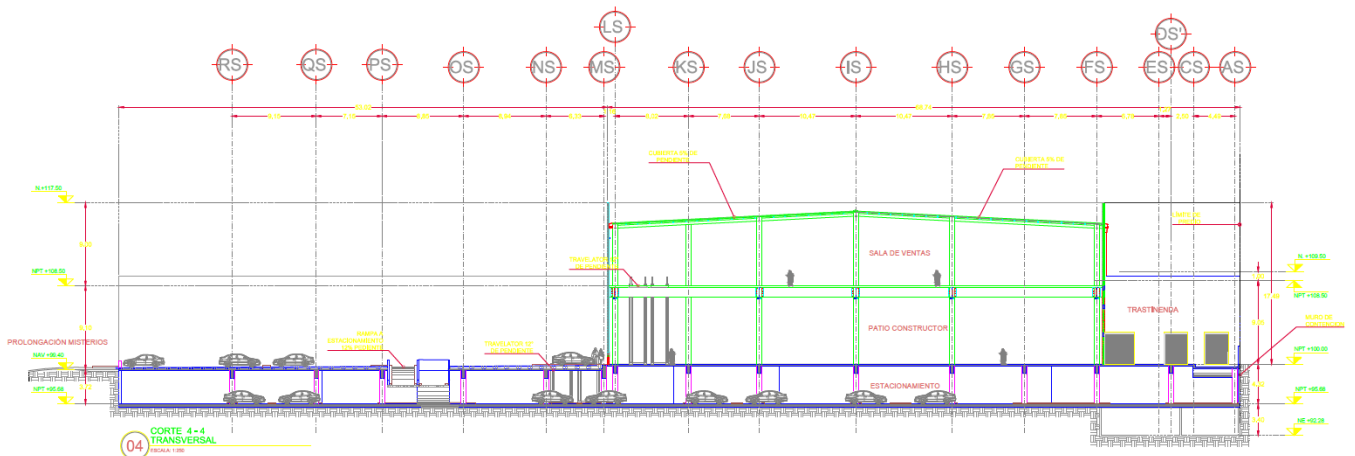


Figura 9.- Corte Transversal 4-4

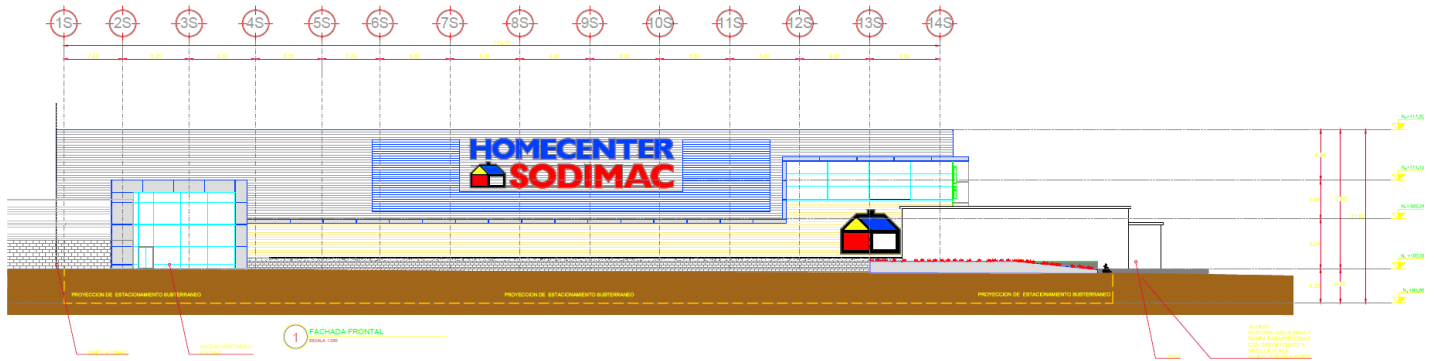


Figura 10.- Fachada Frontal

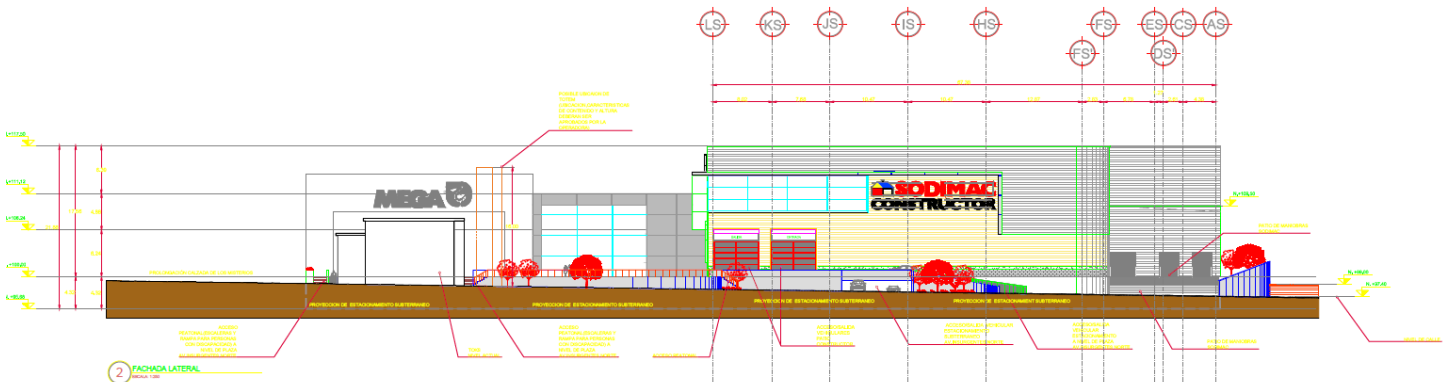


Figura 11.- Fachada Lateral

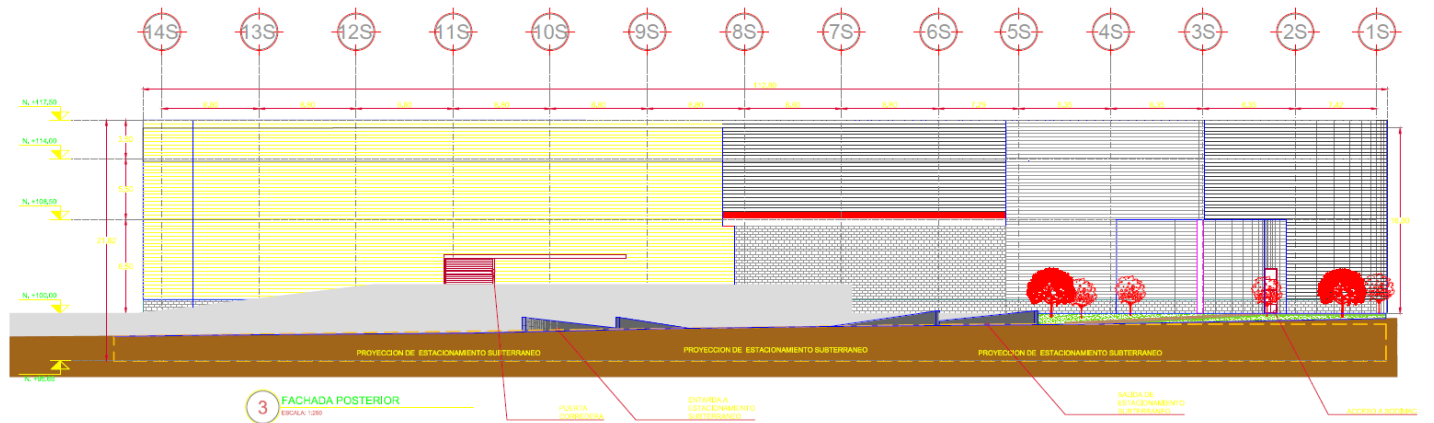


Figura 12.- Fachada Posterior

1.3.- Topografía

El predio de interés tiene una forma de polígono irregular con un área de 30,215.52m² aproximadamente, además, el predio cuenta con desniveles, hasta de 2.0 m desde el extremo oriente hasta el extremo poniente del predio. Actualmente el predio opera como estacionamiento superficial del centro comercial Mega Comercial Mexicana, tal como se muestra en la figura 13.

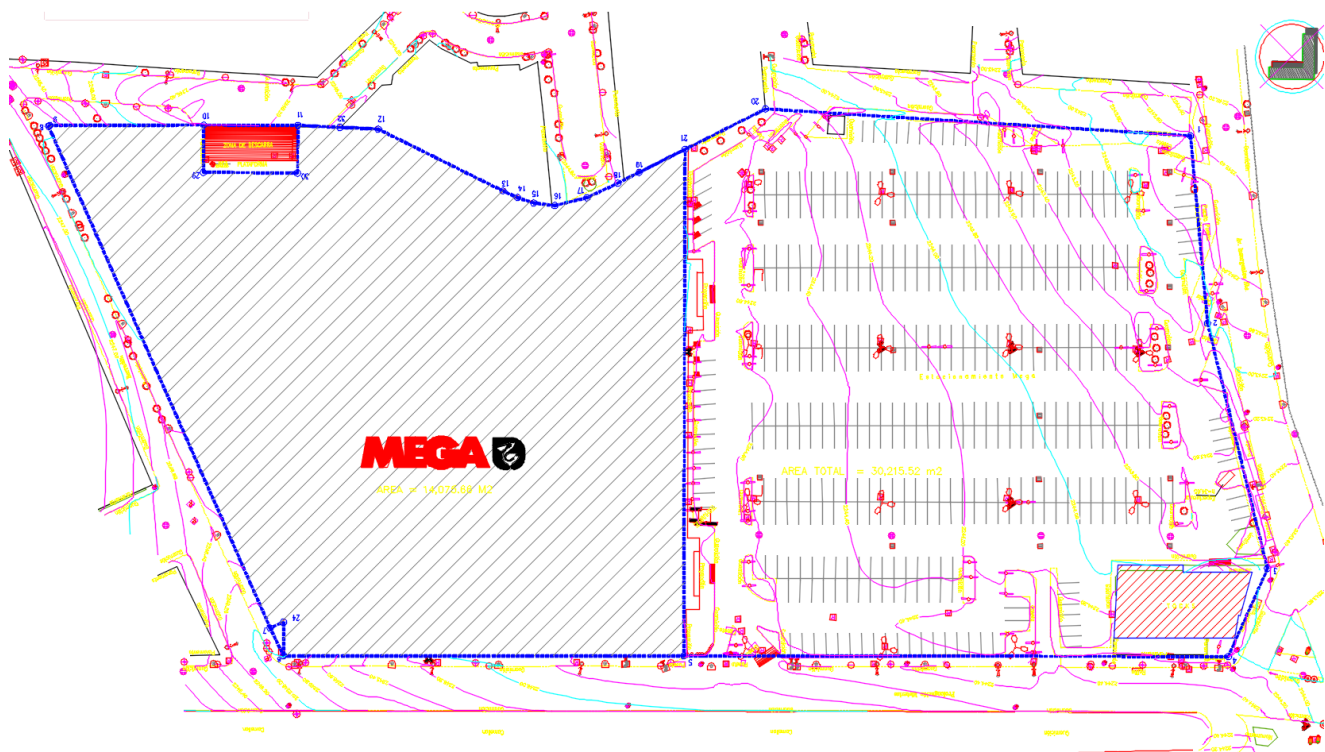


Figura 13.- Topografía

1.4.- Colindancias

Las colindancias del sitio de interés y características observadas durante las visitas de campo realizadas son las siguientes:

- Al noroeste colinda con la Vialidad de Av. Insurgentes,
- Al suroeste colinda con la calle de Santiago y la calle de Paraíso,
- Al Noreste colinda con la Av. Prolongación Misterios,
- Al sureste colinda con la estructura del centro comercial Mega Comercial Mexicana.

La localización en planta de las colindancias descritas anteriormente, se indica en la figura 14.

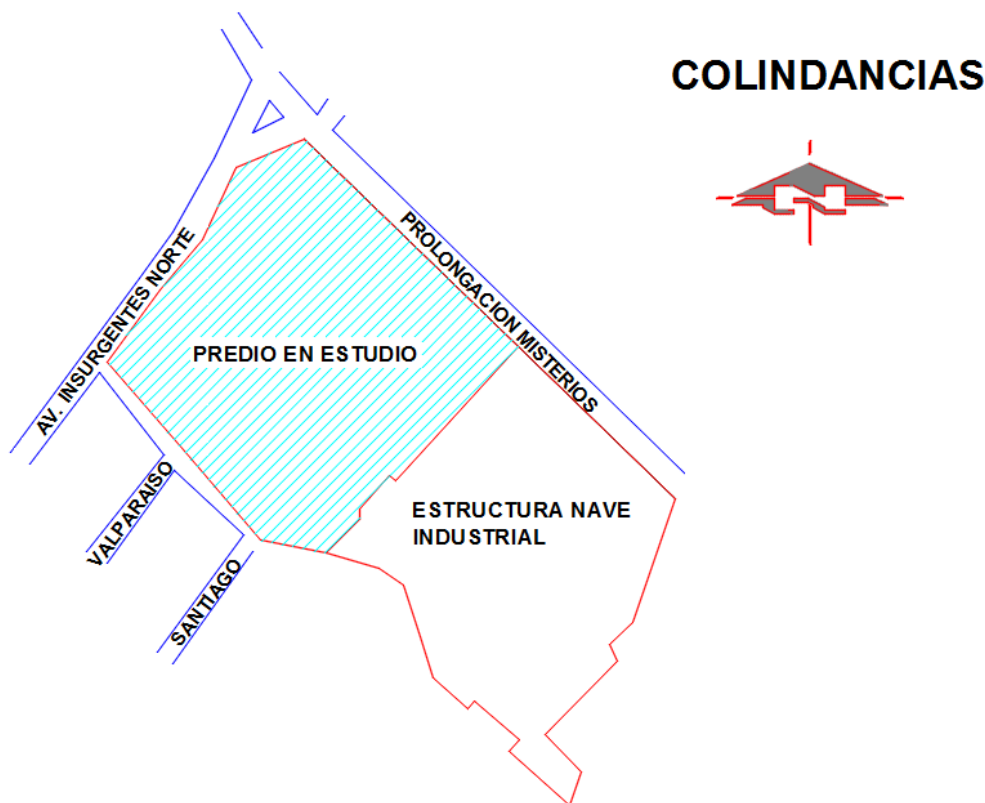


Figura 14.- Colindancias del predio de interés

1.5.- Objetivos

El objeto del presente trabajo es determinar la estratigrafía del subsuelo en el sitio de interés, sus propiedades índices y mecánicas (deformabilidad y resistencia a la profundidad del desplante de la cimentación), con lo cual se establecerá la alternativa de cimentación que se juzgue más adecuada para la construcción de la estructura, que garantice su estabilidad realizando las revisiones requeridas de acuerdo al reglamento de construcciones, evaluando: 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, realizando su revisión con los criterios establecidos por el Reglamento de Construcciones.

Adicionalmente se establecerá el procedimiento constructivo más adecuado para la cimentación, en función de la información recabada en campo y de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio efectuadas a las muestras de suelo que subyace a la superficie de interés, por lo tanto, será de suma importancia seguir las recomendaciones para la realización de la excavación, instalación de muros de contención, bombeo, instrumentación, y todo lo necesario para una ejecución íntegra y segura en la estructura.



2.- EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYES DE LABORATORIO

Con el objeto de conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo que existen en el lugar de interés, hasta la profundidad en que son significativos los esfuerzos producidos por las cargas que transmitirá la estructura que se proyecta construir es necesario realizar una campaña de exploración y muestreo, obteniendo muestras representativas del subsuelo en el terreno donde se planea construir, las muestras obtenidas pueden ser alteradas o inalteradas, según el tipo de exploración realizada.

El número y ubicación de los sondeos que deban realizarse depende del tipo de suelo que se tenga, el tamaño del predio, el área que abarque la construcción proyectada, las construcciones colindantes que se presenten, así como la importancia de la obra. Todo ello con la misión de obtener información que sea confiable de las condiciones actuales del suelo o manto rocoso.

Se efectuaron tres sondeos de tipo mixto, los cuales alcanzaron las siguientes profundidades: el primer sondeo se efectuó a 45.20 m de profundidad, el segundo sondeo se efectuó a 47.40 m de profundidad, el tercer sondeo se efectuó a 46.80 m de profundidad, combinando el muestreo inalterado empleando el muestreador de pared delgada tipo Shelby con el muestreo alterado con la herramienta de penetración estándar. Con los tubos Shelby se obtuvieron muestras inalteradas, mientras que con el tubo de penetración estándar se obtuvieron muestras representativas alteradas y se midió el número de golpes necesarios que oponen los materiales a ser atravesados que permitirá determinar el índice de resistencia de estos.

Se excavaron cinco pozos a cielo abierto a profundidades variables entre 2.20 y 2.40m, con respecto al nivel actual del terreno, obteniendo muestras cúbicas inalteradas de los materiales representativos y determinando la estratigrafía en las paredes de los pozos

Durante la excavación de los pozos a cielo abierto, se detectaron materiales de relleno de mala calidad dentro del predio en estudio, los cuales cuentan con espesores variables.

Adicionalmente se instaló un pozo de observación en una de las perforaciones profundas, específicamente en el sondeo SM-3, para monitorear el nivel freático y establecer el nivel en el que normalmente se encuentra.

2.1.- Pozos a cielo abierto

Método considerado como el más satisfactorio para conocer las características del subsuelo, ya que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes (0.8 m. de ancho por 1.50 m. de largo aproximadamente), para que un ingeniero o un técnico pueda bajar directamente y examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo. La desventaja de este tipo de exploración es que la excavación no puede llevarse a grandes profundidades debido a la dificultad de controlar el agua bajo el nivel freático (en caso de presentarse); así como también por el tipo de suelo y estabilidad de los diferentes estratos encontrados.

Si se presenta el nivel freático, la excavación del pozo puede continuarse siempre y cuando se instale un sistema de bombeo para extraer el agua y facilitar la obtención de muestras a la profundidad deseada.

El pozo debe realizarse con pico y pala, donde una vez terminada la excavación, en una de las paredes del pozo se va abriendo una ranura vertical de sección uniforme con el fin de obtener una muestra cúbica de 20 ó 25 cm de cada lado. En éstos pozos se pueden tomar muestras alteradas o inalteradas de los diferentes estratos que se hayan encontrado. Las muestras alteradas son simplemente porciones de suelo que se protegerán contra las pérdidas de humedad introduciéndolas en frascos o bolsas herméticas. Por otra parte, las muestras inalteradas deberán tomarse con precauciones, las cuales deberán protegerse contra perdidas de humedad envolviéndolas en una o más capas de manta debidamente impermeabilizada con brea y parafina.

La investigación de los materiales superficiales del subsuelo para el sitio de interés se llevó a cabo mediante la excavación de cinco pozos a cielo abierto con profundidades variables entre 2.20 y 2.40 metros; donde se inspeccionaron las paredes de cada pozo para determinar su estratigrafía mediante la clasificación de los materiales con técnicas de campo, así mismo, se labraron muestras cubicas inalteradas de los materiales representativos en cada uno de ellos.

La ubicación y número de pozos realizados, se llevó a cabo en función del tamaño del predio, el área destinada para la nueva estructura, el conocimiento previo de las construcciones existentes y de las colindancias. Es importante resaltar que la localización de los pozos sea tal que arroje el mayor número de información sin descuidar el costo y tiempo de realización.

Los perfiles estratigráficos de los pozos a cielo abierto excavados se presentan de la figura 15 a la 19:

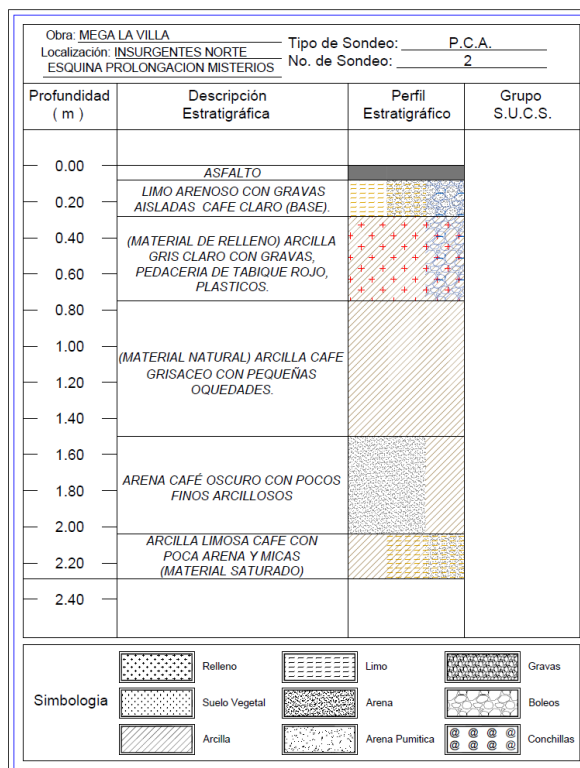
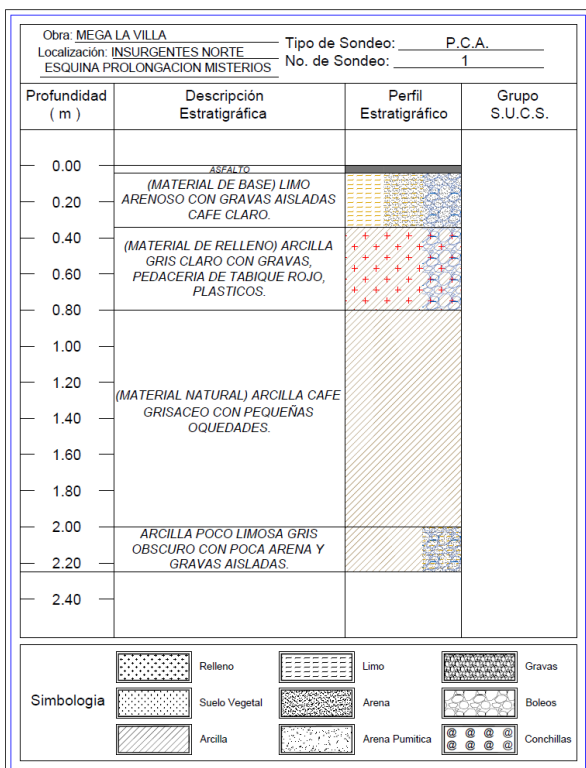


Figura 15.- Perfil estratigráfico del PCA-1

Figura 16.- Perfil estratigráfico del PCA-2

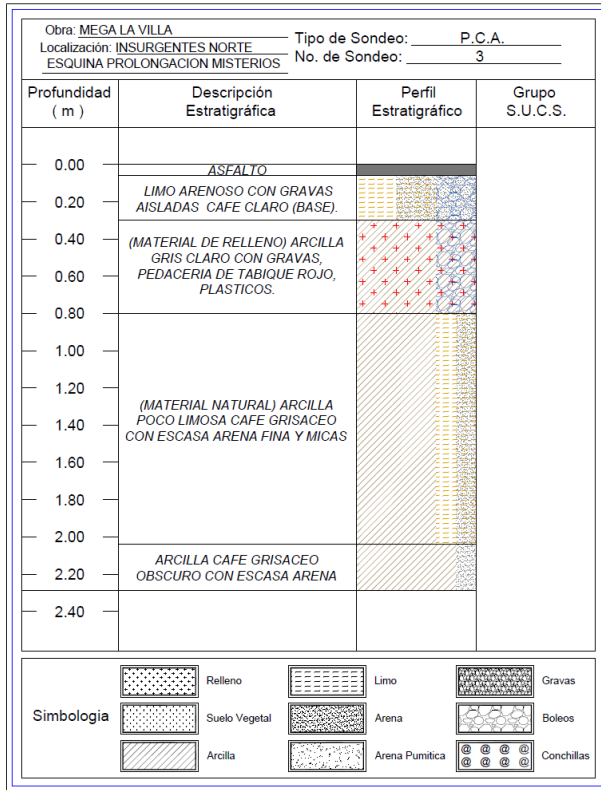


Figura 17.- Perfil estratigráfico del PCA-3

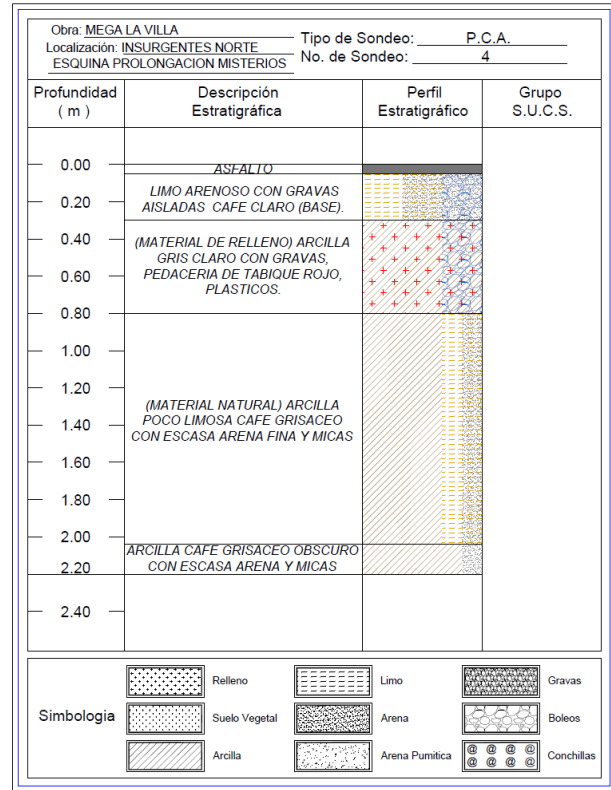


Figura 18.- Perfil estratigráfico del PCA-4

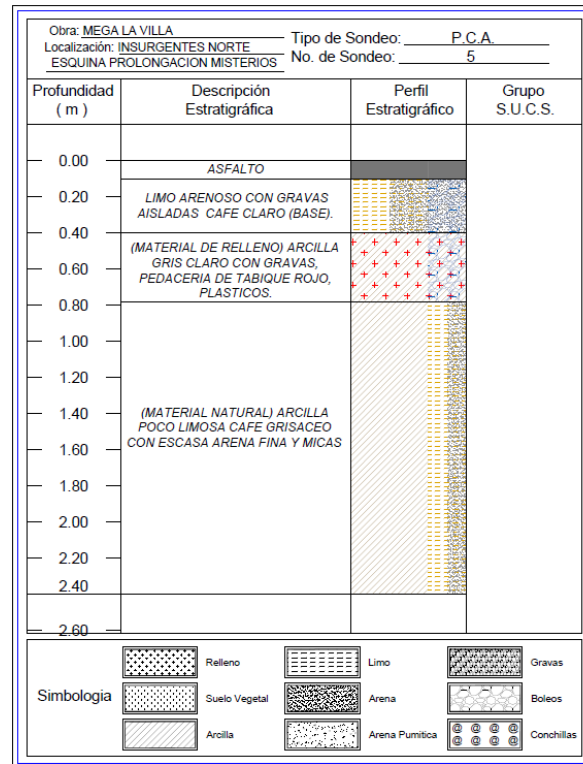


Figura 19.- Perfil estratigráfico del PCA-5

La ubicación de los sondeos y pozos a cielo abierto realizados para recabar información de importancia acerca del subsuelo se presenta en el croquis de la figura 20. De acuerdo a los pozos a cielo abierto realizados se estima la zonificación de rellenos de mala calidad dentro de predio en estudio, los cuales varían de entre 0.75 a 0.80 metros de profundidad.

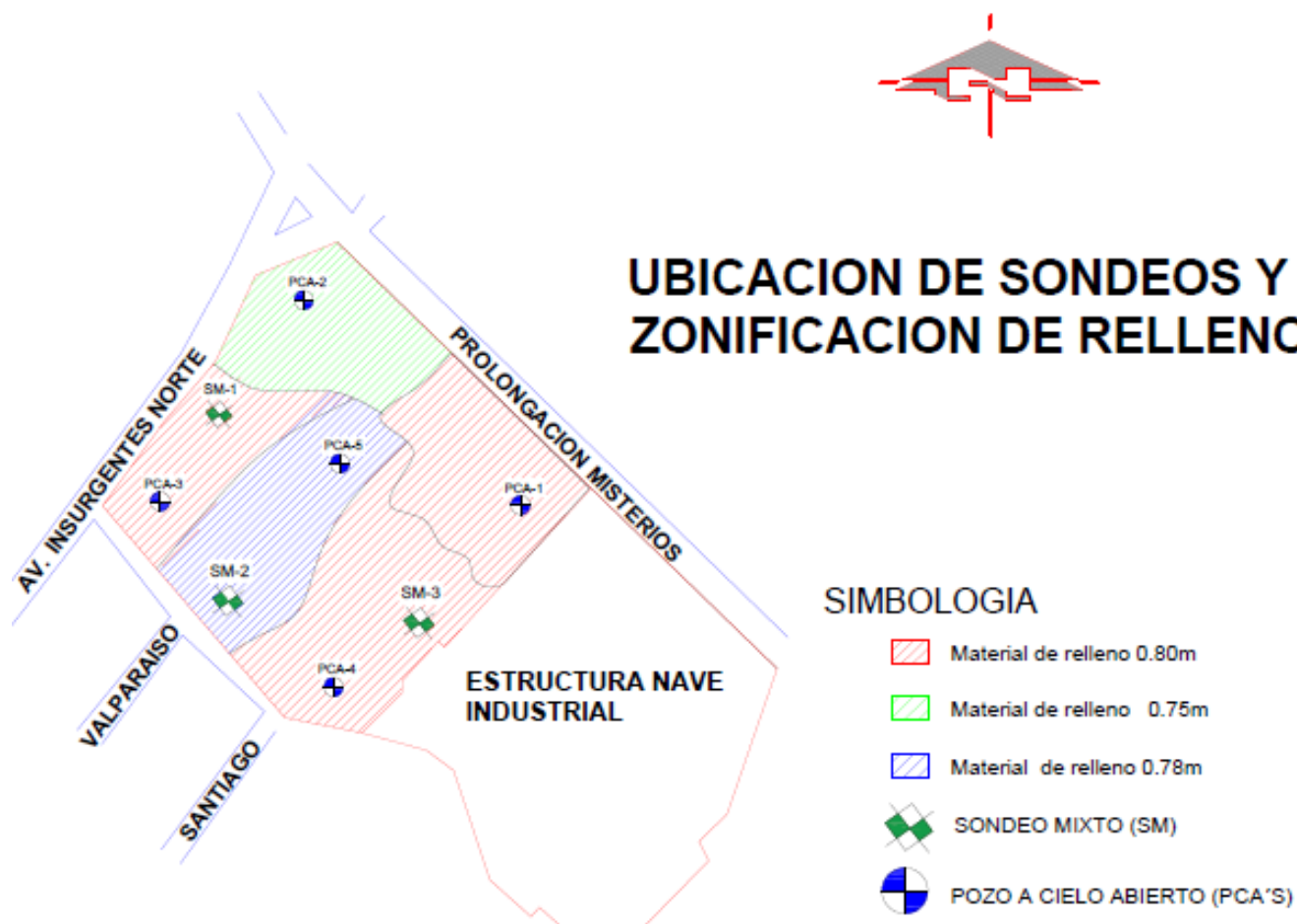


Figura 20.- Ubicación de sondeos y Zonificación de rellenos

2.2.- Método de penetración estándar

Este procedimiento es, quizá el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona información de gran utilidad en torno al subsuelo y no solo en lo referente a descripción; probablemente es también el más ampliamente usado para fines en México.

En suelos puramente friccionantes la prueba permite conocer la compacidad que es la característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico. En suelos plásticos la prueba permite adquirir una idea, si bien un poco tosca, de la resistencia a la compresión simple. Además, el método lleva implícito un muestreo que proporciona muestras alteradas representativas del suelo en estudio.

El equipo necesario para la ejecución del método consta de un muestreador especial (penetrómetro estándar) de dimensiones establecidas, tal como se indica en la figura 21:

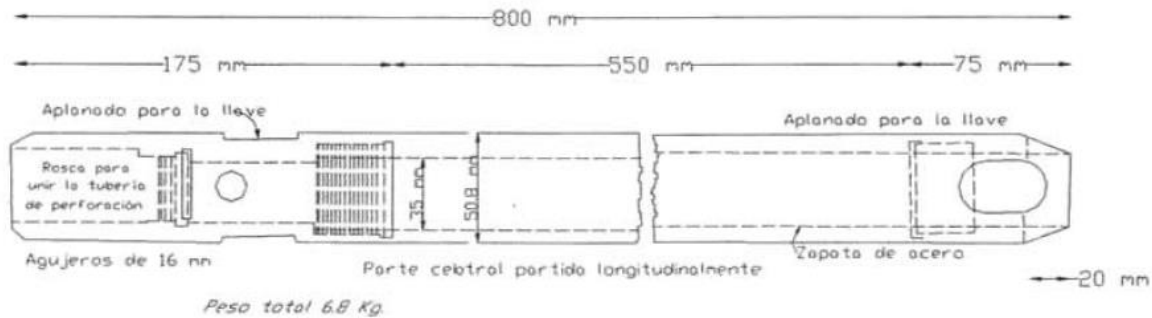


Figura 21.- Penetrómetro Estándar

El método comienza con enroscar el penetrómetro al extremo de la tubería de perforación y la prueba consiste en hincarlo a golpes dados por un martinete de 63.5 kg. que cae desde una altura de 76 ± 2 cm, contando el número de golpes N necesarios para lograr una penetración de 30 cm, con los cuales se considera la resistencia a la penetración. Para considerar la falta de apoyo, los golpes de los primeros 15 cm de penetración no se toman en cuenta; los necesarios para aumentar la penetración de 15 a 45 cm constituyen el valor de N . A continuación se hace penetrar el muestreador en toda su longitud, por lo que en cada avance de 60 cm debe retirarse el penetrómetro, removiendo al suelo de su interior, el cual constituye la muestra alterada.

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 y el valor de la resistencia a la compresión simple, q_u , en arcillas, con el número de golpes necesarios en el suelo para que el penetrómetro estándar logre entrar los 30 cm especificados.

Las correlaciones obtenidas para suelos friccionantes son bastantes dignas de crédito, por lo que son aplicables al trabajo práctico; por otro lado, en el caso de suelos arcillosos 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

2.3.- Muestreador Shelby

El muestreador Shelby es un tubo de acero de pared delgada, de 10 cm de diámetro y 0.8 ó hasta 1 metro de longitud, con el extremo inferior afilado, y unido por la parte superior a un cabezal con una válvula que permite el alivio de presión durante el hincado y que se cierra durante la extracción. El muestreador de pared delgada se muestra en la figura 22.

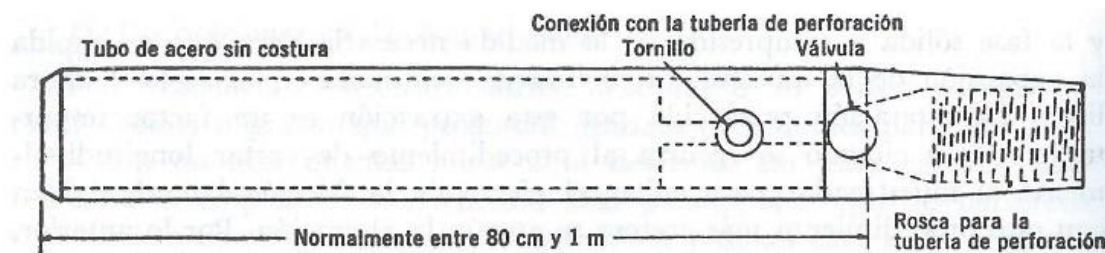


Figura 22.- Muestreador de pared delgada

Con este método se obtienen muestras “inalteradas”, aunque, como ya se dijo anteriormente, en Mecánica de Suelos se debe entender en realidad que es un tipo de muestra obtenida por un procedimiento que trata de hacer mínimos los cambios en las condiciones de la muestra “in situ”, sin interpretar la palabra en su sentido literal.

La aclaración anterior se debe a que la muestra obtenida con ésta herramienta alterará inevitablemente las condiciones de esfuerzo que ésta tiene en relación al material que la rodea. El grado de perturbación que produce el muestreador depende principalmente del procedimiento usado para su hincado, siendo así que las experiencias han comprobado que si se desea un grado de alteración mínimo aceptable, ese hincado debe efectuarse ejerciendo presión continua y nunca a golpes ni con algún otro método dinámico.

En suelos muy blandos y con alto contenido de agua, los muestreadores de pared delgada no logran extraer la muestra, saliendo sin ella a la superficie; esto tiende a evitarse hincando el muestreador lentamente y, una vez lleno de suelo, se deja reposar cierto tiempo antes de proceder a la extracción, ya que con esto se garantiza la adherencia entre el suelo y el muestreador.

Para el caso de arenas, en especial las situadas abajo del N.A.F., se tiene una mayor dificultad para obtener la muestra y para ello se recurre a métodos muy costosos para tratar de darle cierta “cohesión” que le permita adherirse al muestreador, por lo que se recomienda no utilizar este método, sino de preferencia el de Penetración Estándar, ya que es una prueba que proporciona datos de mayor utilidad para este tipo de suelos.

Para conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo en el predio a analizar se realizaron tres sondeos de tipo mixto, denominados SM-1 a SM-3; obteniendo datos confiables para el cálculo y diseño de la propuesta de cimentación que se considere más conveniente.

Los sondeos de tipo mixto se realizaron a profundidades variables entre 45.20 y 47.40 m, el cual consiste en combinar el muestreo inalterado utilizando el muestreador Shelby (de pared delgada) hincado a presión, con el muestreo alterado mediante la realización de la prueba de penetración

estándar (muestras representativas alteradas) y por medio de éste se medirá la resistencia que oponen estos materiales a ser atravesados.

Los registros de campo para cada uno de los sondeos de tipo mixto ejecutados (SM-1 a SM-3) se presentan en las figuras 23 a 25.

REGISTRO DE EXPLORACION

PROYECTO: MEGA LA VILLA		UBICACION: COLONIA GUADALUPE TEPEYAC		PREFORADORA: M OYNO 316		BOMBA: M OYNO 316		HOJA 1	
SONDEO: SM-1		FECHA DE INICIO: 2.70 mts		FECHA DE INICIO: 26-sep-16		FECHA DE TERMINACION: 29-sep-16			
Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación (%)	RQD (%)	Muestreo Avance	Descripción
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm				
0	0.00	0.10		AVANCE		-		BT	Carpetas Asfáltica
1	0.10	0.70	4	26	12	0.39		TP	Limo arenoso y gravas, relleno con limo en zapatas
2	0.70	1.30	6	20	13	0.32		TP	Arcilla poco limosa color café
3	1.30	1.90	3	10	10	0.45		TP	Arcilla poco limosa color café
4	1.90	2.50	3	6	4	0.4		TP	Arcilla color café con escasa arena fina y mica
5	2.50	3.10	3	11	11	0.5		TP	Arcilla poco limosa color café muy plastica
6	3.10	3.50	7	50/25		0.35		TP	P/S LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ, P/I Limo color gris
-	3.50	3.70		AVANCE		-		BT	
7	3.70	4.30	15	35	14	0.32		TP	Limo color gris
8	4.30	4.90	3	5	1	0.3		TP	Arcilla color gris c/ lentes de arena fina y pumítica
9	4.90	5.50		SHELBY		0.53		TS	Arena muy fina y arcillosa color gris
10	5.50	6.10	1	/60	0.1			TP	Arena muy fina arcillosa color gris
11	6.10	6.70	1	/60	0.48			TP	Arcilla color gris c/ lentes de arena fina
12	6.70	7.30	P.H	/60	0.25			TP	Arcilla color café claro grisaseo
13	7.30	7.90	P.H	2	1	0.26		TP	Arcilla color café grizaceo c/ lente de arena fina y grava
14	7.90	8.50	1	2	1	0.47		TP	Arcilla color café c/ lente de arena fina
15	8.50	9.10	1	2	1	0.46		TP	Arcilla color gris verdosa
16	9.10	9.70		SHELBY		0.6		TS	P/S Arcilla verdosa P/I arcilla color café
17	9.70	10.30	1	3	2	0.27		TP	Arcilla color café
18	10.30	10.90	1	4	2	0.42		TP	Arcilla color café y gris varios tonos
19	10.90	11.50	2	4	2	0.21		TP	Arcilla poco limosa color gris c/ arena muy fina gris
20	11.50	12.10	2	5	3	0.26		TP	Arcilla limosa c/ arena muy fina color gris
21	12.10	12.70	1	2	2	0.29		TP	Arcilla limosa color gris c/ lente de arena fina
22	12.70	13.30	1	3	2	0.38		TP	Arcilla color gris poco limosa
23	13.30	13.90		SHELBY		0.6		T.S	P/S Arcilla clor verdosa P/I Limo gris blanquisco
24	13.90	14.50	1	/60	0.44			TP	Limo color gris blanquisco
25	14.50	15.10	1	/60	0.35			TP	Limo color gris blanquisco
26	15.10	15.70	P.H	1	/45	0.3		TP	Limo poco arcillos color gris
27	15.70	16.30	1	1	1	0.28		TP	Arcilla poco limosa color gris
28	16.30	16.90	1	2	4	0.35		TP	Arcilla color gris verdosa
29	16.90	17.50	1	1	1	0.38		TP	Limo poco arcilloso color gris
-	17.50	18.10		SHELBY		S/R		TS	Sin recuperacion
30	18.10	18.70		SHELBY		0.5		TS	Arcilla color verdosa
31	18.70	19.30	9	2	2	0.3		TP	Arcilla verdosa c/ lentes de cenisa

Figura 23.1.- Registro de campo SM-1 (Parte 1)

Observación: perdida de agua a 23 mts

OBSERVACION:
S/M: SIN MUESTRA
S/R: SIN RECUP. DE MUESTRA
T/S: TUBO SHELBY

Operador: LUIS G. MONTES
Supervisor: ALFREDO TRUEBA

REGISTRO DE EXPLORACION



PROYECTO:	MEGA LA VILLA	HOJA	2
UBICACIÓN:	GUADALUPE TEPEYAC		
SONDEO:	SM-1	PREFORADORA:	LONG YEAR 34
N.A.F.:		FECHA DE INICIO:	26-sep-16
		BOMBA:	M OYNO 3L6
		FECHA DE TITERMINACION:	29-sep-16

Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD	Muestreo	Descripción
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)	(%)	Avance	
32	19.30	19.90	8	17	9	0.4			TP	Arcilla verdosa c/ lentes de arena fina
33	19.90	20.50	25	20	30	0.22			TP	Limo color gris verdoso y gris claro c/ lentes de arcilla
34	20.50	21.10	1	1	1	0.28			TP	Limo color gris c/ lente de arena fina
35	21.10	21.70	1	2	2	0.42			TP	Limo color gris claro
36	21.70	22.30	SHELBY			0.6			TP	Limo arcilloso color gris verdoso
37	22.30	22.90	1	3	2	0.34			TS	Arcilla verdosa
38	22.90	23.35	3	50		0.32			TP	P/S Arcilla color café verdoso P/I limo color gris
-	23.35	23.50	AVANCE			-			TP	
39	23.50	23.75	35	50/10		0.18			BT	Limo poco arenoso color gris c/ lentes de limo color café
-	24.10	24.10	AVANCE			-			TP	
40	24.25	24.70	50			0.13			BT	Limo color gris claro
-	24.70	24.95	AVANCE			-			TP	
41	24.95		38	50/10		0.15			BT	Limo color gris
		SONDEO A LOS	24.95 MTS							

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



SM= SIN MUESTRA SR= SIN RECUP. DE MUESTRA TSH= TUBO SHELBY	OBSERVACION: Perdida de agua a los 23 mts	Operador: LUISW G. MONTES Supervisor: ING.ALFREDO TRUEBA
--	--	---

Figura 23.2.- Registro de campo SM-1 (Parte 2)

REGISTRO DE EXPLORACION



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

PROYECTO:	MEGA LA VILLA	HOJA 1
UBICACIÓN:	PROLONGACION CALZADA DE LOS MISTERIOS	
SONDEO:	SM-1	
N.A.F.:	NO SE DETECTO	
PREFORADORA:	LONG YEAR 34	BOMBA: M OYNO 3L6
FECHA DE INICIO:	16-mar-17	FECHA DE TERMINACION:
		18-mar-17

Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD	Muestreo	Descripción
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)	(%)	Avance	
	0.00	30.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
1	30.00	30.60	1	5	9	60			TP	Arcilla color verdosa
2	30.60	31.20	16	48	41	37			TP	Limo poco arenoso color gris verdoso
3	31.20	31.50	11	50/15		15			TP	Limo poco arenoso color gris verdoso con grumos del mismo material
	31.50	31.80		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
4	31.80	32.20	16	50/25		26			TP	Limo poco arenoso color gris verdoso
	32.20	32.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
5	32.40	32.80	18	30/25		20			TP	Limo poco arenoso con escasa arcilla color gris verdoso
	32.80	33.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
6	33.00	33.30	20	50/15		18			TP	Limo poco arenoso con escasa arcilla color gris verdoso
	33.30	33.60		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
7	33.60	34.20	3	17	22	32			TP	Arena limosa poco arcillosa color gris verdoso
8	34.20	34.45	17	50/10		16			TP	Arena limosa poco arcillosa color gris verdoso
	34.45	34.80		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
9	34.80	35.10	19	50/15		20			TP	Arena fina color gris verdoso
	35.10	35.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
10	35.40	35.65	21	50/10		16			TP	Arena fina color gris verdoso
	35.65	36.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
11	36.00	36.60	7	28	20	31			TP	Arena poco arcillosa color gris verdoso
12	36.60	37.20	9	25	21	29			TP	Arena poco arcillosa color gris verdoso
13	37.20	37.80	13	27	18	26			TP	Arena poco arcillosa color gris verdoso
14	37.80	38.40	6	13	25	40			TP	Arena poco arcillosa color café obscuro
15	38.40	39.00	9	15	19	30			TP	Arena poco arcillosa color café obscuro
16	39.00	39.30	11	50/15		17			TP	Arena fina color gris obscuro
	39.30	39.60		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
17	39.60	39.85	15	50/10		15			TP	Arena fina color gris obscuro
	39.85	40.20		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
18	40.20	40.60	18	50/25		14			TP	Gravillas color gris obscuro
	40.60	40.80		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
19	40.80	41.05	23	50/10		13			TP	Arena fina color gris obscuro
	41.05	41.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
S/M	41.40	41.75	27	50/20		S/R			TP	Sin recuperacion de Muestra
	41.75	42.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
20	42.00	42.30	30	50/15		10			TP	Arena media color gris obscuro
SM= SIN MUESTRA SR= SIN RECUP. DE MUESTRA TSH= TUBO SHELBY	OBSERVACION: SE OCUPARON 6,000 LTS DE AGUA PERDIDA TOTAL DE AGUA A LOS 21.00 MTS SE RECUPERO A LOS 28.00 MTS CON UNA PERDIDA DEL 50%									Operador: ISRAEL TELLEZ Supervisor: ING. RENE PEREZ OVANDO

Figura 23.3.- Complemento Registro de campo SM-1 (Parte 1)



REGISTRO DE EXPLORACION



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

PROYECTO:	MEGA LA VILLA	HOJA 1
UBICACIÓN:	GUADALUPE TEPEYAC	
SONDEO:	SM-2	
N.A.F.:	3.40 mts	
PREFORADORA:	LONG YEAR 34	BOMBA: M OYNO 3LG
FECHA DE INICIO:	29-sep-16	FECHA DE TITERMINACION
		3-oct-16

Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD	Muestreo	Descripción
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)	(%)	Avance	
-	0.00	0.10	AVANCE			-			BT	Carpeta asfáltica
1	0.00	0.70	5	9	5	0.44			TP	P. sup. Limo café c/ gravas, relleno P. inf limo arcilloso
2	0.70	1.30	3	7	6	0.35			TP	Arcilla poco limosa , color café c/ mica
3	1.30	1.90	3	10	6	0.33			TP	Arcilla, color café , con escasa arena arena fina y mica
4	1.90	2.50	1	3	3	0.45			TP	Arcilla poco arenosa, color café c/ arena fina en zapata
5	2.50	3.10	2	4	3	0.44			TP	P.sup Arena fina poco arcillosa P. inf arcilla café
6	3.10	3.70	1	9	10	0.38			TP	Arcilla, color café c/ fosiles y limo en zapata
7	3.70	4.30	8	22	11	0.45			TP	Limo poco arcilloso, color gris claro c/ lentes de arena fina
8	4.30	4.90	2	9	10	0.51			TP	Limo poco arcilloso, color gris verdoso c/ lente de arena pumitica
9	4.90	5.50	2	2	1	0.1			TP	Arcilla poco limosa , color gris verdosa
10	5.50	6.10	SHELBY			0.6			TS	Arcilla arenosa, color gris verdosa c/ fosiles
11	6.10	6.70	P	H /60		0.23			TP	Arena fina poco arcillosa, color gris
12	6.70	7.30	P.H	1	1	0.26			TP	Arcilla, color gris verdosa
13	7.30	7.90	P.H	1/45		0.35			TP	Arcilla, color café grisaceo c/ lente de arena fina
14	7.90	8.50	P.H	1	1	0.32			TP	Arcilla, color café verdosa
15	8.50	9.10	1	/60		0.26			TP	P. sup Arcilla, color café verdosa, P. inf. Arena arcillosa, color gris
16	9.10	9.70	P.H	1	1	0.43			TP	Arcilla color café
17	9.70	10.30	P.H	1	1	0.23			TP	Arcilla, color café c/ arcilla, color verdosa en zapata
18	10.30	10.90	SHELBY			0.55			TS	Arcilla , verdosa c/ limo arcilloso c/arena fina
19	10.90	11.50	1	2	2	0.33			TP	P. sup arcilla limosa P. inf arena fina, color gris
20	11.50	11.75	5	50/10		0.19			TP	Arena fina color gris poco limosa
-	11.75	12.10	AVANCE			-			BT	
21	12.10	12.70	18	26	9	0.18			TP	Limo, color gris, c/ arcilla verdosa en zapata
22	12.70	13.30	3	2	3	0.19			TP	Arcilla gris poco limosa c/ escasa arena fina
23	13.30	13.90	1	3	2	0.28			TP	Arcilla poco limosa, color gris, c/ lente de arena fina
24	13.90	14.50	1	2	1	0.39			TP	Arcilla, verdosa
25	14.50	15.10	SHELBY			0.6			TS	Limo poco arcilloso, color gris blancusco
26	15.10	15.70	1	2	2	0.4			TP	P- sup limo, color gris P. inf Arcilla, verdosa
27	15.70	16.30	1	4	10	0.45			TP	P. sup arcilla verdosa, P.inf limo, color café grisaceo
28	16.30	16.90	7	18	6	0.2			TP	Limo poco arcillos, color gris
29	16.90	17.50	1	/45	1	0.36			TP	Limo poco arcilloso, color gris claro c/ lentes de arena fina
30	17.50	18.10	1	/60		0.32			TP	P. sup Limo poco arcilloso, color gris P. inf Arcilla color gris
31	18.10	18.60	SHELBY			0.4			TS	Arcilla color verdosa
32	18.60	19.20	10	6	3	0.23			TP	P. sup ceniza volcanica, P. inf Arcilla verdosa
SM= SIN MUESTRA SR= SIN RECUP. DE MUESTRA TSH= TUBO SHELBY									OBSERVACION: Operador: LUIS G. MONTES Supervisor: ING. ALFREDO TRUEBA	



Figura 24.1.- Registro de campo SM-2 (Parte 1)

REGISTRO DE EXPLORACION



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

PROYECTO:	MEGA LA VILLA			HOJA 1
UBICACIÓN:	PROLONGACION CALZADA DE LOS MISTERIOS #62			
SONDEO:	SM-2	PREFORADORA:	LONG YEAR 34	BOMBA: M OYNO 3L6
N.A.F.:	NO SE DETECTO	FECHA DE INICIO:	18-mar-17	FECHA DE TTERMINACION
				20-mar-17

Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD	Muestreo	Descripción
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)	(%)	Avance	
	0.00	30.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
1	30.00	30.60	1	1	5	37			TP	Arcilla color gris verdoso con lente de arena color negruzco
2	30.60	31.20	5	3	4	35			TP	Arcilla color gris verdoso
3	31.20	31.75	10	48	50/10	35			TP	Arcilla color gris verdoso
	31.75	31.80		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
4	31.80	32.05	40	50/10		20			TP	Limo arcilloso color gris verdoso
	32.05	32.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
5	32.40	32.81	22	50/26		40			TP	Limo arcilloso color gris verdoso
	32.81	33.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
6	33.00	33.35	25	50/20		35			TP	Limo arcilloso color gris verdoso
	33.35	33.60		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
7	33.60	34.20	9	22	33	60			TP	Limo arcilloso color gris verdoso
8	34.20	34.65	31	50/30		7			TP	Arena fina color gris verdoso
	34.65	34.80		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
SR	34.80	34.83	50/3				SR		TP	Sin recuperacion de Muestra (Rebote de herramienta)
	34.83	35.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
9	35.40	36.00	21	42	34	20			TP	Arena fina color gris obscuro
10	36.00	36.30	27	50/15		23			TP	P/S arcilla color café claro P/I Arena fina color gris obscuro
	36.30	36.60		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
11	36.60	36.90	20	50/15		17			TP	Arena fina limosa color gris obscuro
	36.90	37.20		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
12	37.20	37.52	22	50/17		18			TP	Arena fina color gris obscuro
	37.52	37.80		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
13	37.80	38.05	30	50/10		16			TP	Arena fina color gris obscuro
	38.05	38.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
SR	38.40	38.70	35	50/15			SR		TP	Sin Recuepracion de Muestra
	38.70	39.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
14	39.00	39.60	8	36	47	38			TP	Arena fina limosa color gris verdoso
15	39.60	40.20	10	39	42	34			TP	Arena fina limosa color gris verdoso
16	40.20	40.55	37	50/20		24			TP	Arena fina limosa color gris obscuro
	40.55	40.80		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
17	40.80	41.05	32	50/10		21			TP	Arena fina color gris obscuro con lente de limo color café claro
	41.05	41.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
18	41.40	41.80	16	50/25		25			TP	Limo poco arcilloso color gris obscuro

SM= SIN MUESTRA	OBSERVACION: ARRATRE DEL SM-1 AL SM-2 62MTS SE UTILIZO 4000LTS DE AGUA APROX PERDIDA PARCIAL DE AGUA A LOS 25MTS 80% PERDIDA TOTAL DE AGUA A LOS 43MTS 100%	Operador	ISRAEL TELLEZ
SR= SIN RECUP. DE MUESTRA		Supervisor:	ING RENE OVANDO
TSH= TUBO SHELBY			



Figura 24.3.- Complemento Registro de campo SM-2 (Parte 1)

REGISTRO DE EXPLORACION

PROYECTO:	MEGA LA VILLA	HOJA 1
UBICACIÓN:	GUADALUPE TEPEYAC	
SONDEO:	SM-3	
N.A.F.:	3.30 mts	
PREFORADORA:	LONG YEAR 34	BOMBA: M OYNO 3L6
FECHA DE INICIO:	03/09/2016	FECHA DE TERMINACION
		6-oct-16



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD	Muestreo	Descripción
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)	(%)	Avance	
-	0.00	0.10	AVANCE			-			BT	Carpeta asfáltica
1	0.10	0.70	4	14	10	0.44			TP	Limo con arcilla, arena y gravas relleno
2	0.70	1.30	3	7	4	0.35			TP	Arcilla limosa, color café
3	1.30	1.90	2	5	2	0.33			TP	Arcilla poco arenosa, color café, c/ mica
4	1.90	2.50	1	4	3	0.45			TP	Arcilla, poco limosa color café
5	2.50	3.10	4	35	17	0.44			TP	P. sup limo arcilloso, color café oscuro, p. inf limo arenoso color gris
6	3.10	3.50	7	50/25		0.38			TP	Limo color gris bancusco
-	3.50	3.70	AVANCE			0.45			BT	
7	3.70	4.30	3	3	1	0.51			TP	P. sup limo, color café claro c/ lentes de pumítica, P. inf arcilla, color gris
8	4.30	4.90	SHELBY			0.1			TS	Arcilla, color gris verdosa, poco arenosa c/ lentes de limo gris
9	4.90	5.50	1	2	2	0.6			TP	Arena fina poco limosa
10	5.50	6.10	1	5	3	0.23			TP	Arena fina, poco limosa, color gris
11	6.10	6.70	1	1	1	0.26			TP	P. sup arena fina limosa, P inf arcilla, color gris
12	6.70	7.30	P.H	1/45		0.35			TP	Arcilla, color café claro
13	7.30	7.90	P.H	1	1	0.32			TP	Arcilla, color café claro y café oscuro
14	7.90	8.50	SHELBY			0.26			TS	Arcilla color café, c/ lentes de arcilla, color café rojizo con arena
15	8.50	9.10	1	1	1	0.43			TP	Arcilla color café verdoso
16	9.10	9.70	1	2	2	0.23			TP	Arcilla color café verdoso
17	9.70	10.30	1	4	3	0.55			TP	Arcilla color café claro
18	10.30	10.90	2	7	5	0.33			TP	Limo, color gris claro c/ lente de arcilla
19	10.90	11.50	5	17	15	0.19			TP	P. sup limo color gris, P. inf arcilla limosa
20	11.50	12.10	18			-			TP	Arena fina, color gris, c/ lente de limo color café
21	12.10	12.70	12	34	16	0.18			TP	P. sup arcilla verdosa, P inf arena fina
22	12.70	13.30	2	2	2	0.19			TP	P sup arena fina, P, inf arcilla verdosa
23	13.30	13.90	2	2	1	0.28			TP	Arcilla verdosa c/ escasa arena fina
24	13.90	14.50	SAHELBY			0.39			TP	Arcilla verdosa
25	14.50	15.10	1	2	1	0.6			TS	Arcilla verdosas
26	15.10	15.70	2	5	3	0.4			TP	Limo color gris
27	17.50	16.30	1	4	3	0.45			TP	Limo color café claro grisáceo
28	16.30	16.90	1	2	1	0.2			TP	Limo, color gris claro
29	16.90	17.50	1	2	1	0.36			TP	Limo, color gris blancusco
30	17.50	18.10	SHELBY			0.32			TS	P sup limo arcilloso, color gris, P. inf arcilla verdosa
31	18.10	18.70	1	2	2	0.4			TP	Arcilla verdosa
32	18.70	19.30	4	18	5	0.23			TP	ceniza volcanica c/ lentes de arcilla

SR- SIN RECUP. DE MUESTRA
TSH- TUBO SHELBY

Operador: LUIS G. MONTES
Supervisor: ING. ALFREDO TRUEBA



Figura 25.1.- Registro de campo SM-3 (Parte 1)

REGISTRO DE EXPLORACION



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



PROYECTO:	MEGA LA VILLA	UBICACIÓN:	GUADALUPE TEPEYAC	HOJA	2
SONDEO:	SM-3	PREFORADORA:	LONG YEAR 34	BOMBA:	M OYNO 3L6
N.A.F.:	3.30 mts	FECHA DE INICIO:	3-oct-16	FECHA DE TERMINACION:	6-oct-16

Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD	Muestreo	Descripción	
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)	(%)	Avance		
33	19.30	19.55	3	50/10		0.25	0.18		TP	Asup. Arcilla Limo: Lentes de Arcilla	
-	19.55	19.90	AVANCE			0.35	-		BT		
-	19.90	19.95	50/05			0.05	S/R		TP	Sin recuperación	
-	19.95	20.50	AVANCE			0.55	-		BT		
34	20.50	21.10	25	18	5	0.6	0.32		TP	Limo Gris con Lente de Limo Cementado Café	
35	21.10	21.70	2	8	5	0.6	0.38		TP	P. Sup. Limo Gris P. Inf. Limo Arcilloso Gris	
36	21.70	22.30	2	5	3	0.6	0.38		TP	Arcilla Verdosa	
37	22.30	22.90	2	5	12	0.6	0.24		TP	Arcilla Verdosa	
38	22.90	23.50	5	18	22	0.6	0.33		TP	Limo Café Grisáceo	
39	23.50	23.75	33	50/10		0.25	0.18		TP	Limo Café Grisáceo	
-	23.75	24.10	AVANCE			0.35	-		BT		
40	24.10	24.70	SHELBY			0.6	0.52		TS	Limo Café Grisáceo Limo Gris	
41	24.70	25.30	2	4	2	0.6	0.41		TP	Arcilla Poco Limosa Gris Verdosa	
42	25.30	25.55	2	50/10		0.25	0.21		TP	Arcilla Verdosa Con Ceniza Volcánica en Zapata	
-	25.55	25.90	AVANCE			0.35	-		BT		
43	25.90	26.05	50			0.15	0.11		TP	Ceniza Volcánica	
-	26.05	26.50	AVANCE			0.45	-		BT		
44	26.50	27.10	6	18	17	0.6	0.32		TP	Limo Poco Arcilloso Verdoso	
45	27.10	27.30	35	50/05		0.2	0.12		TP	Ceniza Volcánica Lente de Limo Arcilloso	
-	27.30	27.70	AVANCE			0.4	-		BT		
46	27.70	28.30	5	20	18	0.6	0.37		TP	Limo Poco Arcilloso Verdoso	
47	28.30	28.90	3	7	6	0.6	0.37		TP	Limo Arcilloso Gris Con Lente de Arena Fina	
-	28.90	29.00	SHELBY			0.1	S/R		TS	Sin recuperación	
48	29.00	29.60	19	32	20	0.6	0.1		TP	Arcilla Poco Limosa Gris con Arena Fina en Zapata	
49	29.60	29.90	18	50/15		0.3	0.14		TP	Limo Gris Verdoso	
-	29.90	30.20	AVANCE			0.3	-		BT		
50	30.20	30.65	12	50		0.45	0.3		TP	Limo Poco Arcilloso Gris Verdoso	
-	30.65	30.80	AVANCE			0.15	-		BT		
51	30.80	31.05	22	50/10		0.25	0.18		TP	Limo Gris Verdoso	
-	31.05	31.40	AVANCE			0.35	-		BT		
52	31.40	31.85	20	50		0.45	0.16		TP	Limo Gris Verdoso	
-	31.85	32.00	AVANCE			0.15	-		BT		
SM= SIN MUESTRA	OBSERVACION:									Operador	LUIS G. MONTES
SR= SIN RECUP. DE MUESTRA										Supervisor:	ING. ALFREDO TRUEBA
TSH= TUBO SHELBY											

Figura 25.2.- Registro de campo SM-3 (Parte 2)

REGISTRO DE EXPLORACION



PROYECTO:	COMERCIAL MEXICANA LA VILLA	HOJA 1
UBICACIÓN:	PROLONGACION CALZADA MISTERIOS	
SONDEO:	SM-3	PREFORADORA: LONG YEAR 34 BOMBA: M OYNO 3L6
N.A.F.:	NO SE DETECTO	FECHA DE INICIO: 17-mar-17 FECHA DE TERMINACION: 21-mar-17

Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		RQD	Muestreo	Descripción
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	(cm)	(%)	(%)	Avance	
	0.00	0.15		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica (carpeta asfaltica)
	0.15	30.00		AVANCE		-			BT	Avance con Broca Triconica
1	30.00	30.60	8	48	50	42			TP	Limo poco arenoso color gris verdoso
2	30.60	30.90	32	50/15		30			TP	Limo arenoso poco arcilloso color gris verdoso
	30.90	31.20		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
3	31.20	31.80	4	8	4	60			TP	Arcilla limosa color gris verdosa
4	31.80	32.40	4	8	16	38			TP	Arcilla limosa color gris verdosa
5	32.40	33.00	5	12	18	40			TP	Limo poco arcilloso color gris verdoso
S/M	33.00	33.60	10	48	39	S/R			TP	Sin Recuperacion de Muestra
6	33.60	34.00	25	50/25		32			TP	Limo poco arcilloso color gris verdoso
	34.00	34.20		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
7	34.20	34.60	32	50/25		33			TP	Limo poco arcilloso color gris verdoso
	34.60	34.80		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
8	34.80	35.15	28	50/20		35			TP	Limo poco arcilloso color gris verdoso
	35.15	35.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
9	35.40	35.80	35	50/25		27			TP	Limo arenoso color gris verdoso
	35.80	36.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
10	36.00	36.25	25	50/10		21			TP	Limo arenoso color gris verdoso
	36.25	36.60		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
11	36.60	36.90	30	50/15		19			TP	Arena fina color gris verdosa
	36.90	37.20		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
12	37.20	37.45	39	50/10		15			TP	Arena fina color gris verdosa
	37.45	37.80		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
13	37.80	38.05	25	50/10		12			TP	Limo arenoso color gris verdoso
	38.05	38.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
S/M	38.40	38.50	50/10			S/R			TP	Sin Recuperacion de Muestra
	38.50	39.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
14	39.00	39.60	5	26	32	46			TP	Arcilla poco arenosa color gris claro
15	39.60	40.02	23	50/27		25			TP	Arena limosa color gris verdoso
	40.02	40.20		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
16	40.20	40.80	15	20	19	31			TP	Arcilla arenosa color gris claro con lentes de arena fina
17	40.80	41.23	12	50/28		30			TP	P/S Arena fina color gris claro P/I limo poco arcilloso color café obscuro
	41.23	41.40		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
18	41.40	41.70	35	50/15		15			TP	Limo poco arenoso de color café obscuro a gris obscuro
	41.70	42.00		AVANCE					BT	Avance con Broca Triconica
19	42.00	42.20	43	50/5		20			TP	Limo arenoso con gravillas empacadas color verdosa
		FIN DE SONDEO A LOS	42.20 MTS.							
SM- SIN MUESTRA SR- SIN RECUP. DE MUESTRA TSH- TUBO SHELBY	OBSERVACION: SE UTILIZARON 3000 LTS. DE AGUA APROX. ARRASTRE DEL SM-3 AL SM-2 APROX. 40 MTS								Operador Supervisor:	ISRAEL TELLEZ ING. RENE OVANDO

Figura 25.4.- Complemento Registro de campo SM-3

En las figuras 26 a 28 se presentan en forma gráfica los perfiles estratigráficos, 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.

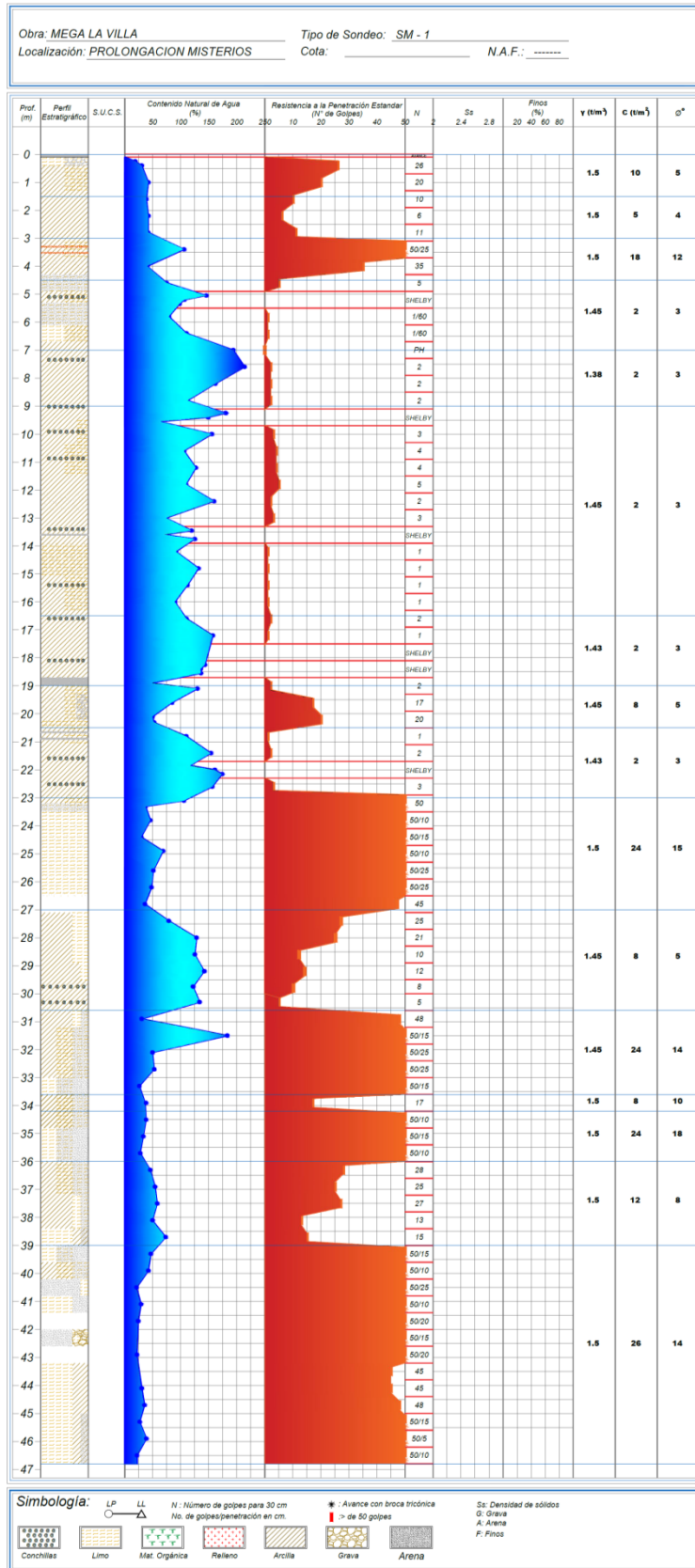


Figura 26.- Perfil estratigráfico del sondeo SM-1

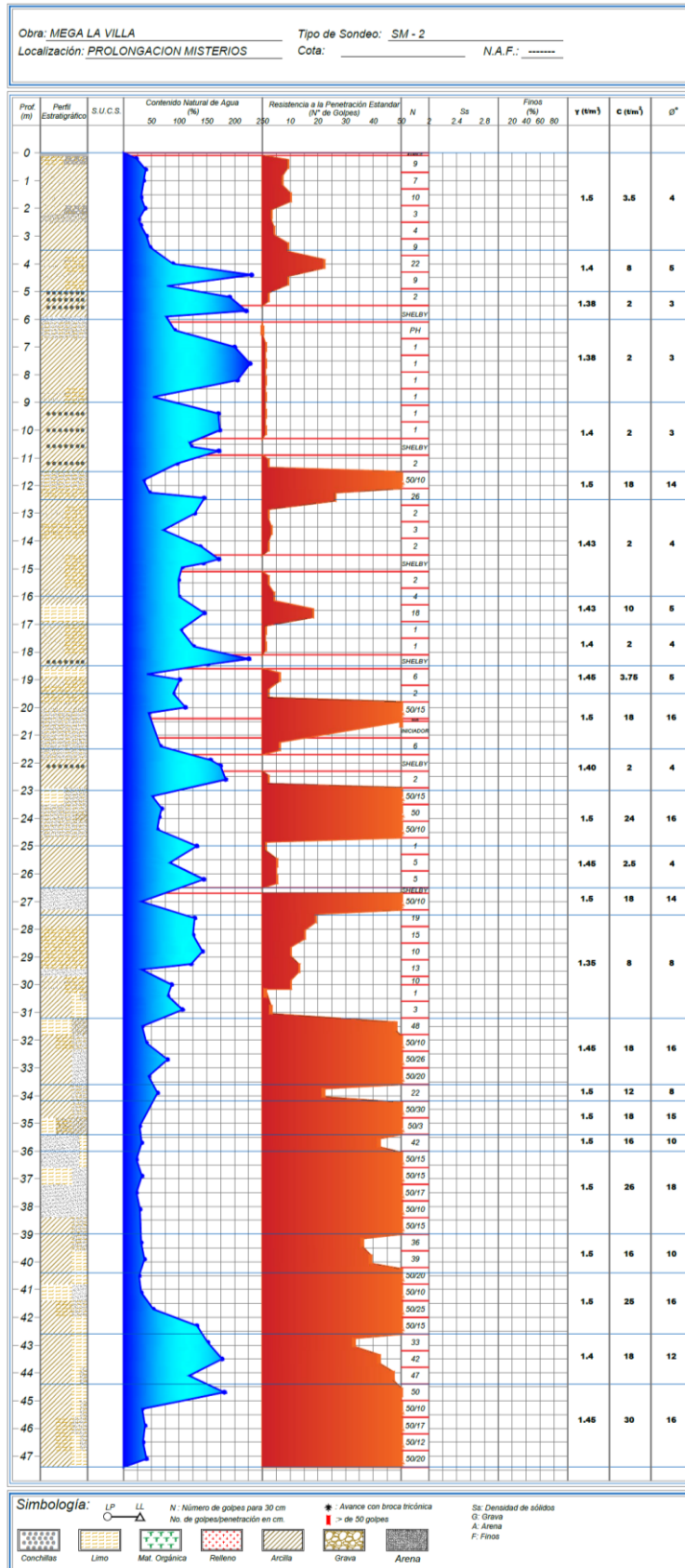


Figura 27.- Perfil estratigráfico del sondeo SM-2

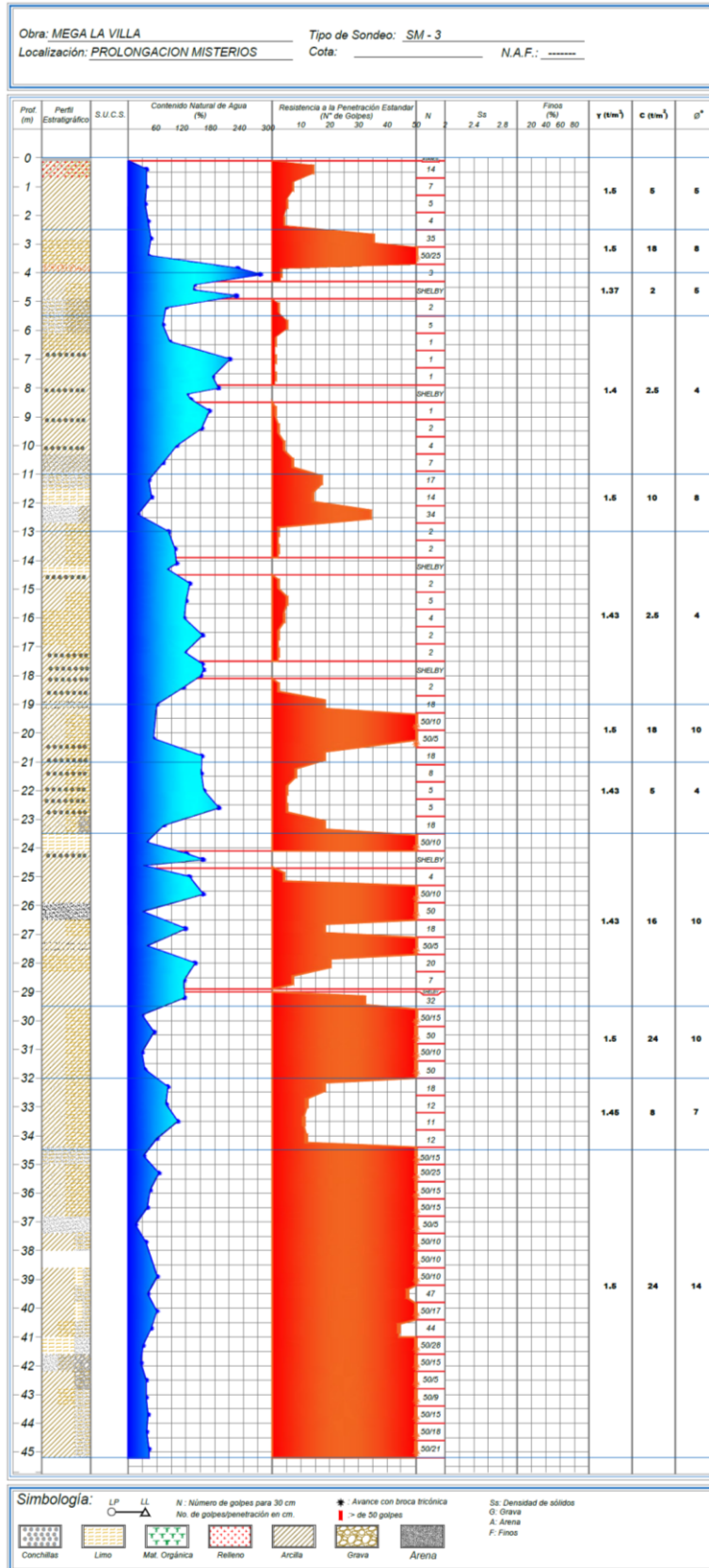


Figura 28.- Perfil estratigráfico del sondeo SM-3



2.4.- 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 gracias a ellas se obtienen los parámetros con los que se diseñara la cimentación de la estructura proyectada.

A continuación se presenta un breve resumen de los ensayos de laboratorio efectuados en las muestras de suelo obtenidas dentro del predio de estudio.

2.4.1.- Contenido de humedad ($w\%$)

El contenido de humedad o contenido de agua ($w\%$) es un ensayo rutinario de laboratorio que determina la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco. Lo anterior se expresa como un porcentaje de la siguiente manera:

$$w(\%) = \frac{w_w}{w_s} * 100$$

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%.

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

Los límites líquido y plástico son sólo 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 no plástico.



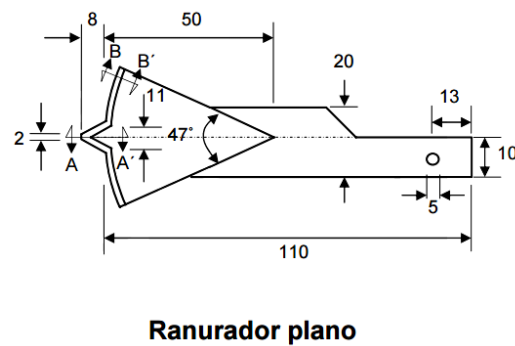
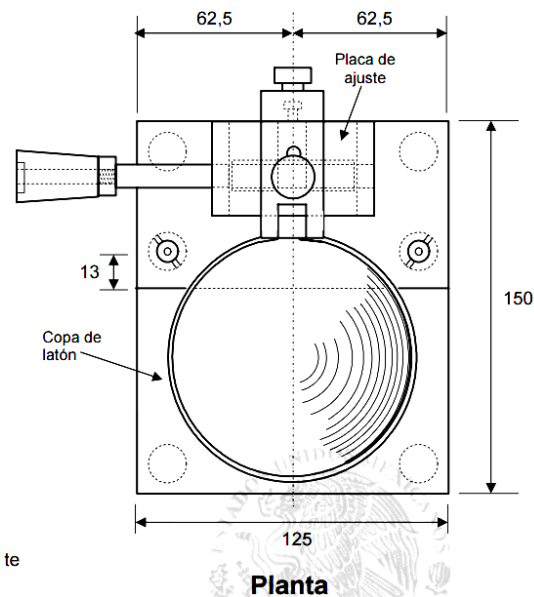
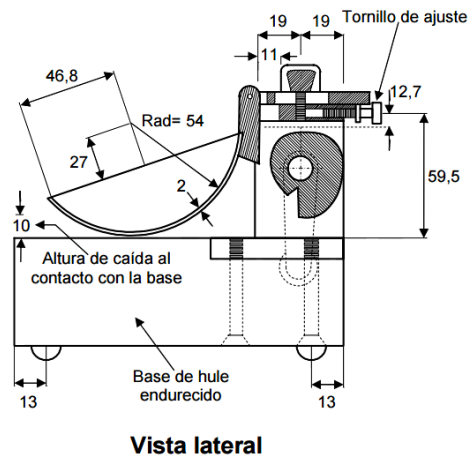
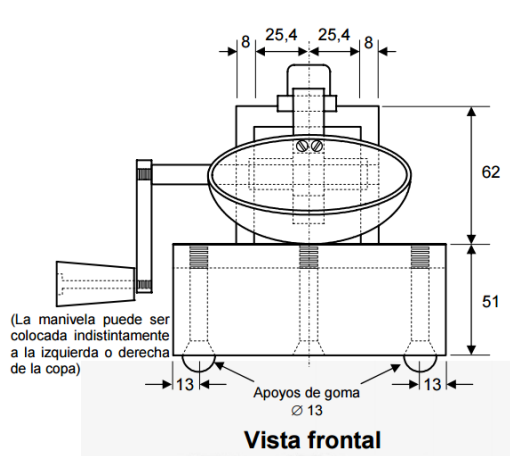
5.- Límite líquido. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

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 límite líquido se definiera arbitrariamente como el contenido de humedad al cual una masa de suelo húmedo colocada en un recipiente en forma de cápsula 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 cuentan:

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 ó superficie contra la cual se debe golpear la cazuela (comúnmente se utiliza caucho duro o micarta).
6. Ajuste ó 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).
8. Condición general del aparato del límite líquido (pasadores desgastados, conexiones que no estén firmemente apretadas).

Las variables anteriores pueden ser controladas por el operador. El límite líquido es también afectado por el tipo de suelos y otros factores adicionales. Para intentar reducir estas variables en el ensayo, se han desarrollado y se utilizan aparatos, así como herramientas estándar para hacer la ranura. A continuación se muestran unas imágenes de los aparatos y herramientas empleadas para efectuar esta prueba.



Anticipadamente se estableció que el límite líquido 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 hecha 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 esto 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 una aproximadamente los puntos graficados; a esta recta se le llama curva de fluidez (ver figura 29).

Mientras tanto, el límite plástico es definido como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro se rompe o se "cuartea", cuando se enrolla a un diámetro aproximadamente de 3 mm. Esta prueba es más subjetiva que la del límite líquido, ya que depende directamente de quien la realice.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



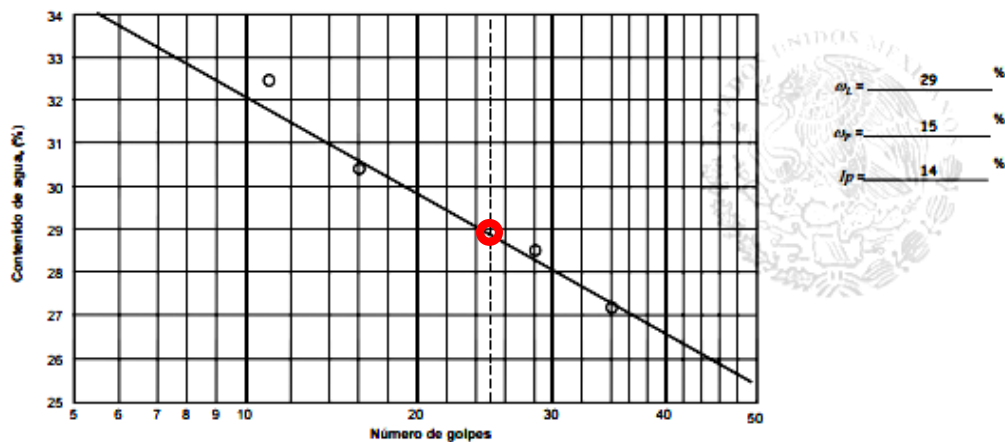
Obra: México - Querétaro
 Tramo: _____
 Subtramo: _____
 Origen: _____
 Localización: Km 103-000
 Sondeo N°: 20 Prueba N°: 204
 Muestra N°: 63 Profundidad: 0,40 m
 Descripción: Arcilla café, material empleado en la terracería
 Fecha: 7 de julio de 2000
 Laboratorista: Humberto Almanza

Limite Líquido

Número de golpes	Vidrio de reloj No.	Masa tara + suelo húmedo 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	19,59	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

Limite Plástico

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 29.- Curva de fluidez

2.4.3.- Densidad de sólidos o peso específico relativo de los sólidos (Ss).

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 gravimétricas 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)

2.4.4.- Consolidación

La deformación de los suelos cohesivos se ha convertido en un problema de fundamental interés, por ser causa de grandes deficiencias de comportamiento, sobre todo en cimentaciones de estructuras sobre arcillas blandas o limos plásticos.

El proceso de deformación de las arcillas bajo carga (llamado proceso de consolidación) tiene su importancia, no solo por los grandes asentamientos que pueden llegar a producirse sino porque estos tienen lugar casi completamente en un largo lapso posterior al momento de aplicación de la carga propiamente dicha, es decir, es posible que una estructura sufra de deformaciones años después de su construcción.

Durante el proceso de consolidación ocurre con frecuencia que la posición de las partículas sólidas permanece igual sobre un mismo plano horizontal; por lo tanto el movimiento de las partículas del suelo puede ocurrir solo en la dirección vertical, a esto se le llama *consolidación unidimensional*.

A través de la prueba de consolidación unidimensional o compresión confinada sobre especímenes representativos del suelo, extraídos de forma tan inalterada como sea posible, se puede investigar cuantitativamente con aproximación las características de la consolidación de los estratos de arcilla; permitiendo calcular la magnitud y la velocidad de los asentamientos probables debidos a las cargas aplicadas.

Una prueba de consolidación unidimensional estándar se realiza sobre una muestra labrada con forma de cilindro de pequeña altura en comparación al diámetro de la sección recta. La muestra se coloca en el interior de un anillo, generalmente de bronce, que le proporciona un completo confinamiento lateral. El anillo se pone entre dos piedras porosas, una en cada cara de la muestra, las piedras son de sección circular y diámetro ligeramente menor que el del diámetro del anillo. El conjunto se coloca en la cazuela de un consolidómetro.

Por medio del marco de carga (figura 30) se aplican cargas a la muestra, repartiéndolas uniformemente en toda su área con el dispositivo formado por la esfera metálica y la placa colocada sobre la piedra porosa superior. Un extensómetro apoyado en el marco de carga móvil y fijado a la cazuela fija, permite llevar un registro de las deformaciones en el suelo. Las cargas se aplican en incrementos, permitiendo que cada incremento obre por un espacio de tiempo suficiente para que la velocidad de deformación se reduzca prácticamente a cero.

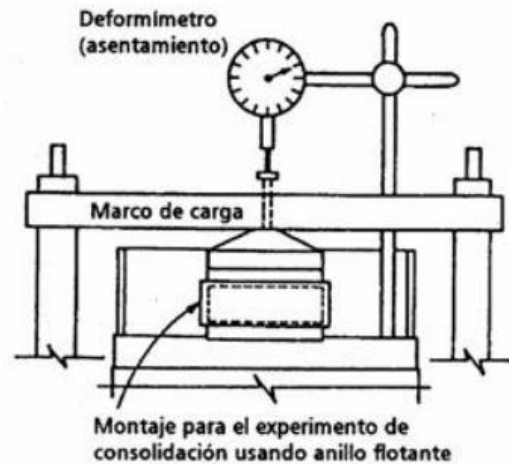
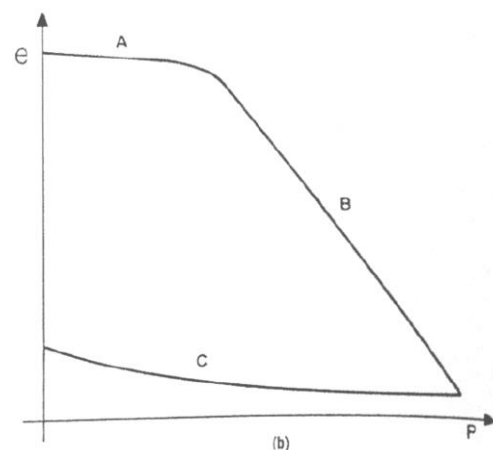


Figura 30.- Marco de carga para prueba de consolidación

En cada incremento de carga se hacen lecturas en el extensómetro, para conocer la deformación correspondiente a diferentes tiempos. Los datos de estas lecturas se dibujan en una gráfica que tenga por abscisas los valores de los tiempos transcurridos, en escala logarítmica, y como ordenadas las correspondientes lecturas del extensómetro, en escala aritmética. Estas curvas se llaman de consolidación y se obtiene una para cada incremento de carga aplicado.

Cuando el suelo alcanza su máxima deformación bajo un incremento de carga aplicado, su relación de vacíos llega a ser evidentemente menor al inicial, y que puede determinarse a partir de los datos iniciales de la muestra y las lecturas del extensómetro. Por lo tanto, para cada incremento de carga se obtiene un valor de la relación de vacíos y otro de la presión actuante sobre el espécimen. Como resultado, una vez aplicados todos los incrementos de carga, se obtienen valores para construir una gráfica en cuyas abscisas se colocan los valores de la presión actuante, en escala natural o logarítmica, y en las ordenadas se anotan los valores de e (relación de vacíos) en escala natural. Estas curvas se llaman de compresibilidad.

En una curva de compresibilidad generalmente se observan tres tramos diferentes. El A es un tramo curvo (rama de recompresión) que comienza en forma casi horizontal y cuya curvatura es progresiva alcanzando su máximo en la proximidad de su unión con el tramo B. El tramo B (rama virgen) es por lo general un tramo aproximadamente recto y con él se llega al final de la etapa de carga de la prueba, al cual corresponde la máxima presión sobre la muestra. A partir de este punto es común someter el espécimen a una segunda etapa, llamada descarga, en la que se le sujeta a cargas decrecientes, en esta etapa (representada por el tramo C ó rama de descarga) se tiene una recuperación del espécimen aunque nunca llega de nuevo a su relación de vacíos inicial.





2.4.5.- 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.



3.- 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.

3.1.- 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 Sangamon 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.

3.2.- 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 acarreoos fluviales que descendieron de Las Lomas a la planicie. Se asemejan a los depósitos deltaicos 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.



3.3.- 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.

3.4.- 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 31). A continuación se describe la zonificación geotécnica de la Ciudad de México:



3.4.1.- 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 subzonas, 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.

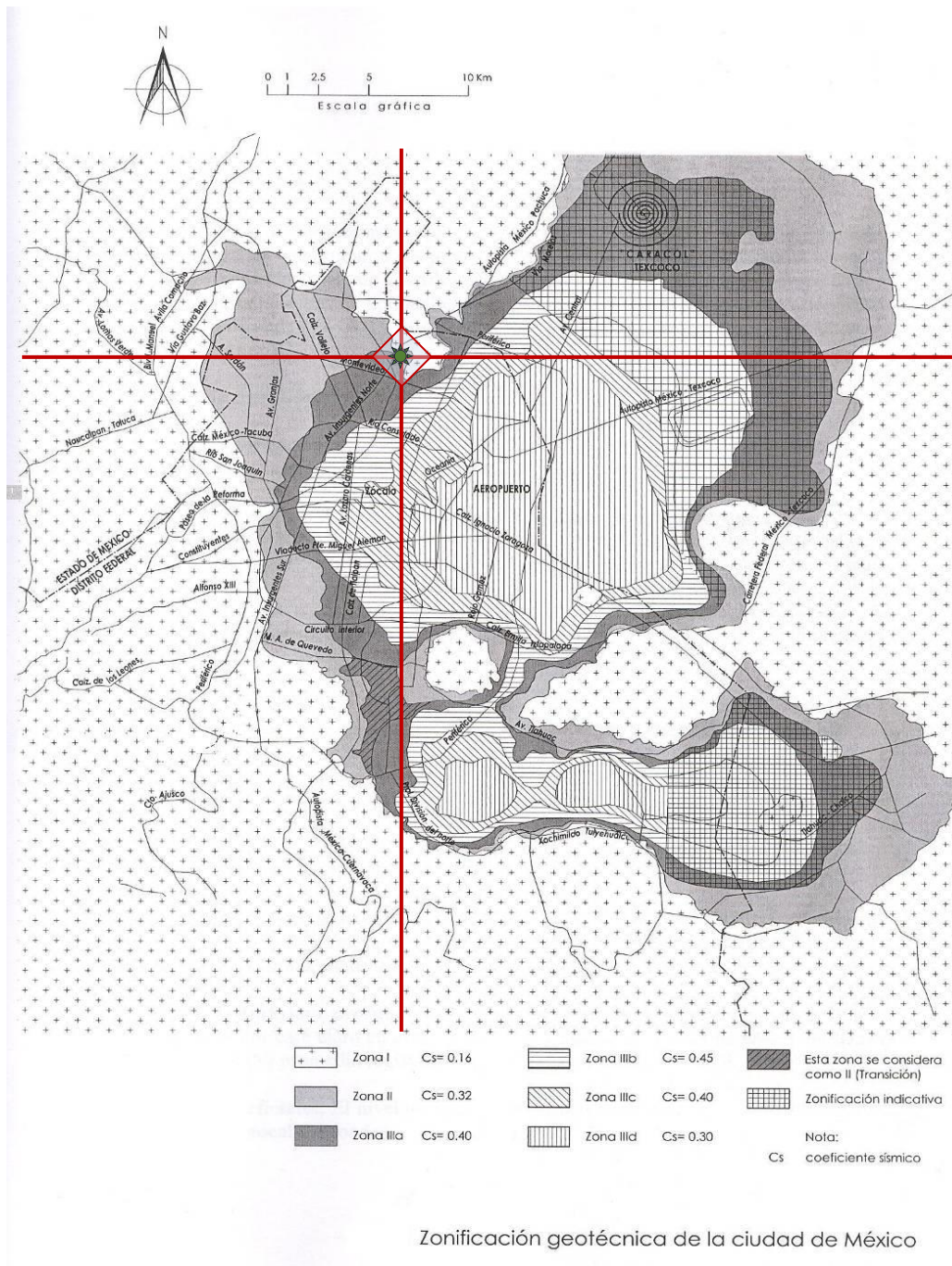


Figura 31.- Plano de Zonificación Geotécnica de la Ciudad de México

3.4.2.- 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.

3.4.3.- Zona de Lomas (LOM).

Los suelos de la Zona de Lomas presentan condiciones irregulares de compactación 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 31 se puede observar que el predio en estudio se encuentra situado dentro de la Zona II denominada Zona de Transición.

3.5.- Descripción detallada de los Sondeos Mixtos

Las características estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo, determinadas mediante los pozos a cielo abierto realizados, presentan la siguiente secuencia:

Profundidad (m)	SONDEO SM- 1 Descripción
0.10 – 0.70	Material de base: Arcilla poco limosa, color café, con poca arena y pedacería aislada de concreto, con un contenido de agua del 30%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 26 golpes; consistencia muy firme.



Profundidad (m)	Descripción
0.70 – 1.30	Material natural: Arcilla poco limosa, color café, con escasa arena fina, con un contenido de agua del 42%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 20 y 26 golpes; consistencia muy firme.
3.10 – 3.50	Arcilla poco limosa, color gris claro, con lentes de arena pumítica, con un contenido de agua del 106%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia dura.
3.70 – 4.30	Arcilla poco limosa, color gris claro, con poca arena y grumos cementados del mismo aislado, con un contenido de agua del 40%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable desde los 5 y 35 golpes; de consistencia muy firme.
4.30 – 4.90	Limo arenoso fino, color gris oscuro, con un contenido de agua del 75%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 5 golpes; consistencia media.
5.10 – 5.30	Arcilla poco limosa, gris oscuro, con arena fina, contenido de agua del 106%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia muy dura.
5.30 – 6.10	Limo arenoso fino, color gris oscuro, con un contenido de agua variable del 79% al 96%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE), de 8 golpes; consistencia media.
6.10 – 6.70	Limo arenoso fino con poca arcilla, color gris poco oscuro, con contenido de agua del 110%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes de consistencia dura.
6.70 – 7.90	Arcilla, color gris claro, con fósiles, con contenido de agua variable de 194% a 214%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) desde peso de herramienta hasta 2 golpes; de consistencia blanda.
7.90 – 8.50	Arcilla, color gris, con escasa arena fina, con un contenido de agua de 161%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; de consistencia blanda.
8.50 – 9.50	Arcilla, color café grisáceo, con fósiles, con un contenido de agua variable de 112% hasta 180%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes, de consistencia blanda.
9.50 – 10.30	Arcilla, café grisáceo, grumos aislados de limo con fósiles; contenido de agua de 62%; con índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 3 golpes, de compacidad blanda.



Profundidad (m)	Descripción
10.30 – 11.50	Arcilla poco limosa, gris poco oscuro, con fósiles; contenido de agua variable entre el 106% y el 127%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 4 golpes, de compacidad blanda.
11.50 – 12.10	Arcilla, color gris verdosa, con lentes de arena fina; con un contenido de agua de 109%; con índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 5 golpes, de compacidad media.
12.10 – 12.70	Arcilla, color gris claro; contenido de agua de 159%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE), de 2 golpes, de compacidad blanda.
12.70 – 13.10	Arcilla, color gris claro, con poca arena fina, con un contenido de 74%; con índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 3 golpes, de compacidad blanda.
13.30 – 13.90	Arcilla, gris verdoso, con fósiles, con contenido de agua de 119%.
13.90 – 15.10	Arcilla limosa, color gris claro, con escasa arena fina, con un contenido de agua variable del 91% al 131%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia dura.
15.10 – 15.70	Arcilla poco limosa, color gris verdosa, con fósiles, con un contenido de agua de 112%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) desde peso de herramienta hasta 1 golpe; de consistencia muy blanda.
15.70 – 16.30	Arcilla poco limosa, gris verdoso oscura, con poca arena fina, con un contenido de agua de 89%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de un 1 golpe; de consistencia muy blanda.
16.30 – 17.50	Arcilla, gris verdoso con fósiles, contenido de agua variable de 110% y 157%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 1 y 2 golpe; de consistencia muy blanda.
18.10 – 18.70	Arcilla, gris verdoso, con fósiles, contenido de agua variable de 135% y 143%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) hincado de tubo shelby.
18.70 – 19.30	Parte superior ceniza volcánica, color gris blanquizo, parte inferior arcilla poco limosa, color gris oscuro, con un contenido de agua variable de 47% y 130%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; de consistencia blanda.
19.30 – 19.90	Arcilla poco limosa, gris oscuro, con poca arena y gravillas, con contenido de agua de 84%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 17 golpes; de consistencia muy firme.



Profundidad (m)	Descripción
19.90 – 21.10	Arcilla poco limosa, de color gris claro, con poca arena, con contenido de humedad variable de 52 a 110%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 20 golpes a 1 golpe de consistencia variable de muy firme a blanda.
21.10 – 22.90	Arcilla poco limosa, gris claro, con presencia de fósiles, con un contenido de agua variable de entre 116 y 174%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 2 y 3 golpes para el muestreo alterado y a presión para el muestreo hincado, de consistencia muy blanda.
22.90 – 23.35	Arcilla poco limosa, color café, con escasa arena fina, con contenido de humedad del 105%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de consistencia dura.
23.35 – 27.10	Estrato de limo arenoso a poco arenoso, de color gris a gris claro, con grumos cementados del mismo material, con contenido de humedad variable entre 37 y 68%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de consistencia dura.
27.10 – 30.00	Estrato de arcilla poco limosa, de color café, con contenido de humedad variable entre 82 y 143%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 8 golpes a 25 golpes de consistencia variable de media a muy firme.
30.00 – 30.60	Arcilla con fósiles color gris verdosa oscuro, con contenido de humedad del 134%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 5 golpes de consistencia media.
30.60 – 31.20	Arcilla poco limosa color gris y escasa arena fina, con contenido de humedad de 30%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 48 golpes de consistencia dura.
31.20 – 33.00	Arcilla limosa con poca arena fina color gris y gris verdosa, con contenido de humedad variable entre 49 y 183%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de consistencia dura.
33.00 – 33.60	Limo arenoso fino color gris verdoso, con contenido de humedad de 26%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de consistencia dura.
33.60 – 34.80	Arcilla limosa con poca arena fina color gris verdosa, con contenido de humedad de 38%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 17 golpes a más de 50 golpes, de consistencia muy firme a dura.



Profundidad (m)	Descripción
34.80 – 36.00	Limo arenoso fino color gris verdoso, con contenido de humedad variable de 27 a 33%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes, de consistencia dura.
36.00 – 37.20	Arcilla limosa con poca arena fina color gris verdosa, con contenido de humedad variable de 46 a 54%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 25 a 28 golpes, de consistencia muy firme.
37.20 – 38.40	Arcilla poco limosa con escasa arena fina color café grisáceo, con contenido de humedad variable de 49 a 58%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 13 a 27 golpes, de consistencia firme a muy firme.
38.40 – 39.00	Limo poco arcilloso con escasa arena color gris oscuro, con contenido de humedad de 73%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 15 golpes, de consistencia firme.
39.00 – 39.60	Limo arenoso color gris oscuro, con contenido de humedad de 42%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de consistencia dura.
39.60 – 40.20	Arcilla limosa color gris oscuro y poca arena, con contenido de humedad de 75%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de consistencia dura.
40.20 – 40.80	Arena gruesa con escasos finos color gris oscuro, con contenido de humedad de 21%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de compacidad muy compacta.
40.80 – 42.00	Limo con poca arena fina color gris oscuro, con contenido de humedad de 29%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de consistencia dura.
42.00 – 43.20	Arena fina poco limosa color gris y gravillas aisladas, con contenido de humedad de 24%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de compacidad muy compacta.
43.20 – 45.00	Limo con poca arcilla color gris blanquizco, con contenido de humedad variable de 27 a 33%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 45 a 48 golpes, de consistencia dura.
45.00 – 46.80	Limo con poca arcilla y escasa arena color gris, con contenido de humedad variable de 23 a 34%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes, de consistencia dura.



SONDEO MIXTO SM- 2

Profundidad (m)	Descripción
0.10 – 0.70	Material de base: Arcilla limosa, café, con poca arena y gravas aisladas, con un contenido de agua del 23%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 09 golpes; consistencia media.
0.70 – 1.90	Material natural: Arcilla, café grisáceo, con escasa arena fina y micas, con un contenido de agua variable del 31% al 36%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 7 a 10 golpes; consistencia media.
1.90 – 2.50	Arena fina arcillosa, café grisáceo, con micas, con un contenido de agua del 27%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 3 golpes; compacidad muy suelta.
2.50 – 3.10	Arcilla, café, grisáceo, con poca arena fina y micas, con un contenido de agua del 31%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 4 golpes; consistencia blanda.
3.10 – 3.70	Arcilla, gris oscuro, con un contenido de agua del 48%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 9 golpes; consistencia firme.
3.70 – 4.30	Arcilla poco limosa, gris blanquizco, con lentes de arena fina, con un contenido de agua del 88%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 22 golpes; consistencia muy firme.
4.30 – 4.90	Arcilla, gris claro, con escasa arena fina, con un contenido de agua del 461%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 9 golpes; consistencia firme.
4.90 – 5.70	Arcilla, gris, con fósiles, con un contenido de agua variable del 191% al 221%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; consistencia blanda.
5.70 – 6.10	Limo arenoso, gris oscuro, con conchillas, con un contenido de agua de 77%.
6.10 – 6.70	Arena fina limosa gris oscuro, con un contenido de agua del 92%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) del peso de herramienta; compacidad muy suelta.



Profundidad (m)	Descripción
6.70 – 7.30	Arcilla, gris verdosa, con lentes de arena fina, con un contenido de agua del 200%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de un golpe; consistencia muy blanda.
7.30 – 8.50	Arcilla, gris verdosa, con un contenido de agua variable del 204% al 227%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de un golpe; consistencia muy blanda.
8.50 – 9.10	Arcilla poco limosa, gris oscuro, con lentes de arena fina, con un contenido de agua 53%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de un golpe; consistencia muy blanda.
9.10 – 10.90	Arcilla, café grisáceo, con fósiles, con un contenido de agua variable del 119% al 173%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de un golpe; consistencia muy blanda.
10.90 – 11.50	Arcilla, gris verdosa, con fósiles y poca arena fina, con un contenido de agua 97%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; consistencia muy blanda.
11.50 – 12.10	Limo arenoso fino, gris verdoso, con un contenido de agua 36%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; consistencia dura
12.10 – 12.70	Arcilla, gris claro, con un contenido de agua 47%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 26 golpes; consistencia muy firme.
12.70 – 13.90	Arcilla poco limosa, gris verdosa, con poca arena fina, con un contenido de agua variable del 71% al 128%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 a 3 golpes; consistencia muy blanda.
13.90 – 14.50	Arcilla, gris verdosa, con un contenido de agua 138%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; consistencia muy blanda.
14.50 – 15.10	Arcilla poco limosa, gris blanquizco, con escasa arena fina, con un contenido de agua variable del 105% al 172%.
15.10 – 15.70	Arcilla, gris claro, poco limosa, con un contenido de agua 99%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; consistencia muy blanda.



Profundidad (m)	Descripción
15.70 – 16.30	Arcilla, gris verdosa, con manchas café amarillento, con lentes de arena fina, con un contenido de agua 99%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 4 golpes; consistencia blanda.
16.30 – 16.90	Limo, gris claro, con poca arena, con un contenido de agua 145%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 18 golpes; consistencia muy firme.
16.90 – 18.10	Arcilla poco limosa, gris blanquizco, con escasa arena fina, con un contenido de agua variable del 103% al 126%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de un golpe; consistencia muy blanda.
18.10 – 18.60	Arcilla, gris verdoso, con fósiles, con un contenido de agua variable del 152% al 226%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de un golpe; consistencia muy blanda.
18.60 – 18.90	Limo, gris claro, con un contenido de agua del 43%.
18.90 – 19.20	Arcilla poco limosa, gris oscuro, con poca arena fina, con un contenido de agua 43%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 6 golpes; consistencia media.
19.20 – 19.80	Arcilla limosa, gris oscuro, con escasa arena fina, con un contenido de agua 89%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 6 golpes; consistencia media.
19.80 – 20.10	Arcilla, gris oscuro, con lentes de arena fina, con un contenido de agua 111%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) más de 50 golpes; consistencia dura.
20.10 – 21.90	Limo arenoso gris claro, con un contenido de agua variable del 45 al 67%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) más de 50 golpes; consistencia muy firme.
21.90 – 22.30	Arcilla gris verdosa oscura con fósiles, con un contenido de agua variable del 157 al 175%; tubo Shelby hincado a presión.
22.30 – 22.90	Arcilla gris verdosa poca limosa, con un contenido de agua del 184%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; de consistencia blanda.
22.90 – 23.50	Limo con poca arena gris, con un contenido de agua del 52%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) más de 50 golpes; de consistencia dura.



Profundidad (m)	Descripción
23.50 – 24.70	Limo arenoso café grisáceo, con un contenido de agua variable entre 60 y 68%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia dura.
24.70 – 26.50	Arcilla gris claro, con un contenido de agua variable entre 83 y 145%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 1 y 5 golpes; de consistencia muy blanda a media.
26.50 – 27.30	Lente de ceniza volcánica, con un contenido de agua del 32%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia dura.
27.30 – 29.40	Arcilla limosa gris claro, con un contenido de agua variable entre 122 y 142%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 10 y 19 golpes; de consistencia firme a muy firme.
29.40 – 29.70	Ceniza volcánica gris blanquizca, con un contenido de agua del 32%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 13 golpes; de consistencia firme.
29.70 – 30.30	Arcilla poco limosa gris verdosa oscura con lentes de arena fina oscura, con un contenido de agua del 87%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 10 golpes; de consistencia firme.
30.30 – 30.60	Arcilla poco limosa con escasa arena fina color gris oscuro, con un contenido de agua del 79%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 1 golpe; de consistencia muy blanda.
30.60 – 31.20	Arcilla poco limosa color gris oscuro, con un contenido de agua del 106%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 3 golpes; de consistencia blanda.
31.20 – 31.80	Limo poco arcilloso con poca arena color gris verdoso, con un contenido de agua del 34%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 48 golpes; de consistencia dura.
31.80 – 32.40	Arcilla limosa con poca arena fina color gris verdosa, con un contenido de agua del 41%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes; de consistencia dura.
32.40 – 33.60	Arcilla con poca arena color gris verdosa, con un contenido de agua variable de 45 a 79%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes; de consistencia dura.



Profundidad (m)	Descripción
33.60 – 34.20	Arcilla poco limosa con escasa arena fina color gris verdosa, con un contenido de agua del 61%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 22 golpes; de consistencia muy firme.
34.20 – 35.40	Limo arcilloso con arena gris verdosa, con un contenido de agua del 29%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes; de consistencia dura.
35.40 – 36.60	Arena con escasos finos limosos color gris verdosa, con un contenido de agua variable de 23 a 33%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 42 a más de 50 golpes; de compactidad compacta a muy compacta.
36.60 – 37.20	Limo con poca arena fina color gris verdoso oscuro, con un contenido de agua del 33%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes; de consistencia dura.
37.20 – 39.00	Arena fina color gris verdosa, con un contenido de agua variable de 23 a 30%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de compactidad muy compacta.
39.00 – 40.20	Arcilla poco limosa con poca arena color gris verdosa, con un contenido de agua variable de 31 a 38%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 36 a 39 golpes; de consistencia dura.
40.20 – 40.80	Arcilla limosa con arena fina color gris verdosa, con un contenido de agua del 28%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes; de consistencia dura.
40.80 – 41.40	Limo color gris claro y poca arena, con un contenido de agua del 34%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes; de consistencia dura.
41.40 – 42.00	Arcilla limosa con poca arena fina color gris verdosa, con un contenido de agua del 53%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes; de consistencia dura.
42.00 – 45.00	Arcilla poco limosa color café oscuro, con un contenido de agua del 132 a 182%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 33 a 50 golpes; de consistencia dura.
45.00 – 47.40	Arcilla limosa y poco limosa con poca y escasa arena color gris verdosa, con un contenido de agua variable de 30 a 40%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes; de consistencia dura.



SONDEO MIXTO SM – 3

Profundidad (m)	Descripción
0.10 – 0.70	Material de relleno: arcilla poco limosa café grisáceo con poca arena y pedacería de tezontle rojizo, con un contenido de agua del 37%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 14 golpes; consistencia firme.
0.70 – 2.50	Material natural: arcilla café con escasa arena fina y micas, con un contenido de agua variable entre 34 y 41%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 4 y 27 golpes; consistencia media.
2.50 – 2.80	Arcilla gris oscuro, con un contenido de agua del 47%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 35 golpes; de consistencia dura.
2.80 – 3.10	Arcilla limosa gris claro con poca arena fina, con un contenido de agua del 41%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 35 golpes; de consistencia dura.
3.10 – 3.70	Arcilla limosa gris con escasa arena y grumos cementados aislados del mismo, con un contenido de agua del 40%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia dura.
3.70 – 4.00	Arcilla gris claro con poca arena pumítica, con un contenido de agua de 228%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 3 golpes; consistencia blanda.
4.00 – 4.30	Arcilla gris verdosa oscura con fósiles, con un contenido de agua de 228%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 3 golpes; consistencia blanda.
4.30 – 4.90	Arcilla poco limosa gris oscuro con poca arena, con un contenido de agua variable entre 135 y 225%; hincado a presión.
4.90 – 6.70	Limo arenoso gris oscuro con poca arcilla, con un contenido de agua variable entre 71 y 86%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 1 y 5 golpes; de consistencia muy blanda a media.
6.70 – 10.30	Arcilla gris verdosa con fósiles, con un contenido de agua variable entre 100 y 211%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 1 y 4 golpes; de consistencia muy blanda a blanda.



Profundidad (m)	Descripción
10.30 – 10.90	Arcilla arenosa gris grumos de limo arenoso aislados, con un contenido de agua del 72%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 7 golpes; consistencia media.
10.90 – 11.50	Limo arenoso gris claro, con un contenido de agua del 42%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 17 golpes; de consistencia muy firme.
11.50 – 12.10	Limo con poca arena fina gris, con un contenido de agua del 48%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 14 golpes; de consistencia firme.
12.10 – 12.70	Arena gris con grumos aislados de arcilla, con un contenido de agua del 19%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 34 golpes; de compactidad compacta.
12.70 – 14.20	Arcilla poco limosa gris oscuro con arena fina, con un contenido de agua variable entre 84 y 100%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; consistencia muy blanda.
14.20 – 14.50	Limo gris con escasa arena, con un contenido de agua del 81%; hincado a presión.
14.50 – 15.10	Arcilla gris con fósiles, con un contenido de agua del 128%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; consistencia muy blanda.
15.10 – 15.70	Arcilla poco limosa gris, con un contenido de agua del 120%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 5 golpes; de consistencia media.
15.70 – 16.90	Arcilla limosa gris claro, con un contenido de agua variable entre 115 y 154%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 4 y 6 golpes; de consistencia media.
16.90 – 17.50	Arcilla poco limosa gris claro, con un contenido de agua del 117%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; consistencia muy blanda.
17.50 – 18.10	Arcilla gris con fósiles, con un contenido de agua variable entre 150 y 156%; hincado a presión.
18.10 – 18.70	Arcilla gris con fósiles, con un contenido de agua del 115%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes; consistencia muy blanda.



Profundidad (m)	Descripción
18.70 – 19.30	Arcilla gris oscuro con lente de ceniza volcánica gris blanquizco, con un contenido de agua del 59%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 18 golpes; consistencia firme.
19.30 – 20.50	Arcilla poco limosa gris oscuro con poca arena, con un contenido de agua del 52%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; consistencia dura.
20.50 – 22.90	Arcilla poco limosa gris con fósiles, con un contenido de agua variable entre 151 y 189%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) entre 5 y 18 golpes; consistencia media a muy firme.
22.90 – 23.50	Arcilla poco limosa gris claro con poca arena y gravas aisladas, con un contenido de agua del 74%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 18 golpes; consistencia muy firme.
23.50 – 24.10	Limo arenoso gris con grumos cementados, con un contenido de agua del 37%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; consistencia dura.
24.10 – 24.70	Arcilla claro con fósiles y escasa arena fina, con un contenido de agua variable entre 76 y 111%; hincado a presión.
24.70 – 25.90	Arcilla gris verdosa oscura, con un contenido de agua variable entre 121 y 156%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 4 y más de 50 golpes; consistencia media a dura.
25.90 – 26.10	Lente de ceniza volcánica gris blanquizco, con un contenido de agua del 28%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; compacidad muy compacta.
26.50 – 27.10	Arcilla gris verdosa poco limosa, con un contenido de agua del 119%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 18 golpes; consistencia muy firme.
27.10 – 27.70	Arcilla gris verdosa con lentes de ceniza volcánica, con un contenido de agua del 38%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; consistencia muy firme.
27.70 – 28.30	Arcilla limosa gris verdosa, con un contenido de agua del 139%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 20 golpes; consistencia muy firme.



Profundidad (m)	Descripción
28.30 – 29.60	Arcilla gris claro y gris oscuro, con un contenido de agua variable entre 115 y 116%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 7 y 32 golpes; consistencia media a dura.
29.60 – 31.40	Arcilla poco limosa gris claro con escasa arena fina, con un contenido de agua variable entre 28 y 53%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; consistencia dura.
31.40 – 34.40	Arcilla poco limosa gris claro, con un contenido de agua variable entre 33 y 102%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 11 y más de 50 golpes; consistencia media a dura.
34.40 – 35.00	Limo arenoso fino gris verdoso, con un contenido de agua del 31%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; consistencia dura.
35.00 – 36.80	Arcilla poco limosa gris verdosa con poca arena, con un contenido de agua variable entre 39 y 63%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; consistencia dura.
36.80 – 37.40	Arena fina color gris verdosa, con un contenido de agua del 15%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de compactación muy compacta.
37.40 – 38.60	Arcilla poco limosa color gris con poca arena, con un contenido de agua del 36%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia dura.
38.60 – 41.00	Arcilla limosa y poco limosa color gris con poca y escasa arena, con un contenido de agua variable de 36 a 50%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 44 a más de 50 golpes; de consistencia dura.
41.00 – 41.60	Limo poco arenosa color café, con un contenido de agua del 24%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de compactación muy compacta.
41.60 – 42.20	Arena arcillosa color gris verdoso y gravillas aisladas, con un contenido de agua del 32%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de compactación muy compacta.
42.20 – 42.80	Arcilla poco limosa con poca arena color gris verdoso y gravillas aisladas, con un contenido de agua del 27%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia dura.



**Profundidad
(m)**

Descripción

42.80 – 43.40

Arcilla limosa con poca arena color gris verdoso, con un contenido de agua del 28%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia dura.

43.40 – 45.20

Arcilla poco limosa con poca arena color gris verdoso, con un contenido de agua variable de 27 a 30%; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de consistencia dura.

POZO A CIELO ABIERTO No. 1 (PCA-1)

**Profundidad
(m)**

Descripción

0.04 – 0.34

Limo arenoso café con gravas aisladas, contenido de agua del 22%.

0.80 – 2.00

Arcilla café grisáceo con pequeñas oquedades, contenido de agua del 37%, límite líquido del 49.20%, límite plástico del 22.22%, índice de plasticidad del 26.98% y que de acuerdo a la clasificación S.U.C.S. pertenece al grupo CL.

2.00 – 2.25

Arcilla poco limosa gris oscuro con poca arena y gravas muy aisladas, contenido de agua del 48%.

POZO A CIELO ABIERTO No. 2 (PCA-2)

**Profundidad
(m)**

Descripción

0.08 – 0.20

Limo arenosos café con gravillas, contenido de agua del 22%.

1.30 – 1.50

Arcilla café grisáceo con escasa arena fina, contenido de agua del 31%, límite líquido del 52%, límite plástico del 26%, índice de plasticidad del 26% y que de acuerdo a la clasificación S.U.C.S. pertenece al grupo CH.

1.50 – 2.00

Arena café oscuro con pocos limos arcillosos, contenido de agua del 18%.

1.50 – 2.00

Arena café oscuro con pocos finos arcillosos, contenido de agua del 18%.

2.00 – 2.30

Arcilla limosa café con poca arena y micas, contenido de agua del 53%, límite líquido del 44.80%, límite plástico del 17.39%, índice de plasticidad del 27.41% y que de acuerdo a la clasificación S.U.C.S. pertenece al grupo CL.



POZO A CIELO ABIERTO No. 3 (PCA-3)

Profundidad (m)	Descripción
0.07 – 0.25	Arcilla poco limosa gris oscuro con escasa arena, contenido de agua del 16%.
0.25 – 0.60	Arcilla poco limosa gris oscuro con escasa arena, contenido de agua del 40%.
0.60 – 2.10	Arcilla poco limosa café grisáceo con escasa arena fina y micas.
2.10 – 2.30	Arcilla café grisácea oscuro con escasa arena fina, limite líquido del 61.90%, limite plástico del 31.58%, índice de plasticidad del 30.32% y que de acuerdo a la clasificación S.U.C.S. pertenece al grupo MH

POZO A CIELO ABIERTO No. 4 (PCA-4)

Profundidad (m)	Descripción
0.33 – 1.35	Arcilla café grisáceo con arena fina y micas.
2.00 – 2.20	Arcilla gris oscuro con escasa arena y gravas muy aisladas, limite líquido del 63.90%, limite plástico del 31.08%, índice de plasticidad del 32.82% y que de acuerdo a la clasificación S.U.C.S. pertenece al grupo CH.

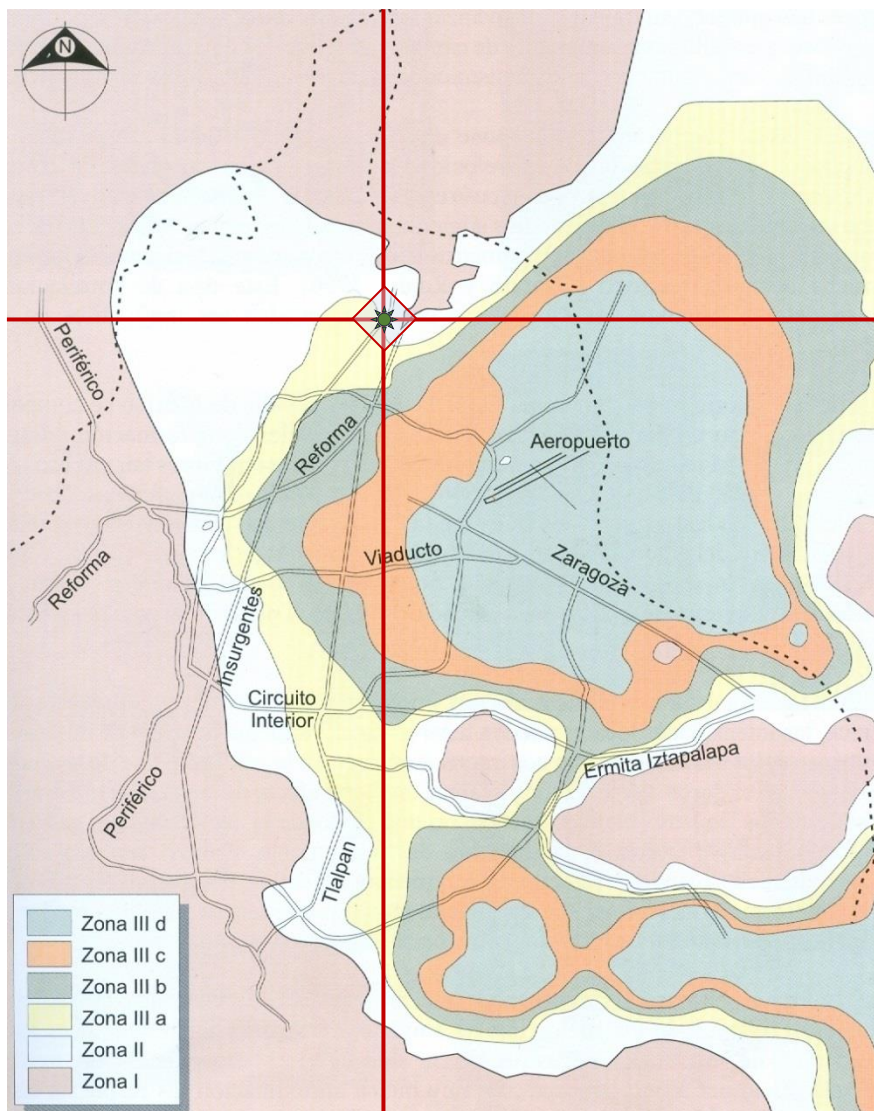
POZO A CIELO ABIERTO No. 5 (PCA-5)

Profundidad (m)	Descripción
0.10 – 0.27	Arcilla arenosa café con gravillas y gravas
0.27 – 0.67	Arcilla café grisáceo
0.67 – 2.40	Arcilla café grisáceo con escasa arena fina y micas, limite líquido del 56.00%, limite plástico del 27.50%, índice de plasticidad del 28.50% y que de acuerdo a la clasificación S.U.C.S. pertenece al grupo CH.

Nivel de aguas freáticas a 3.2 m de profundidad con respecto al nivel actual de la Tienda Mega Comercial Mexicana., y en la fecha en que se realizó la exploración.

3.6.- Coeficiente sísmico.

El coeficiente sísmico correspondiente de acuerdo a la zonificación geotécnica de la Ciudad de México para el sitio de interés que se encuentra situado en la zona II de Transición, es de 0.32 (ver figura 32 de zonificación sísmica). Sin embargo, dentro del predio se realizó un Estudio de Espectro Sísmico, en el cual se verificó que en el sitio de interés se tiene un coeficiente sísmico de 0.247.



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	0.40	0.10	1.25	4.2	2
Zona III _d	0.30	0.10	0.85	4.2	2

Figura 32.- Zonificación sísmica de la Ciudad de México



4.- DISEÑO GEOTÉCNICO

4.1.- Consideraciones generales

El proyecto arquitectónico contempla la construcción de una estructura constituida por dos cuerpos, uno conformado por un sótano, planta baja y un nivel superior distribuido en un área aproximada de 7,116.9 m² (estructura pesada), y otro constituido por un sótano y un estacionamiento superficial distribuido en un área aproximada de 6,860.5 m² (estructura ligera), estructurados con losas, trabes y columnas de concreto armado. Los niveles de piso terminados contemplados dentro del proyecto arquitectónico son: el sótano se encontrará a -4.0m y es común para ambos cuerpos, la planta baja estará en la cota +0.00m, la planta alta se encuentra en el nivel +8.50m y la planta de azotea se encontrará a +17.50m. Cabe mencionar que todos los niveles antes mencionados se encuentran referenciados con respecto al nivel de banquetta (Nivel 0.00), en el punto medio del terreno.

Conforme a las características presentadas en el proyecto arquitectónico se requiere que el nivel de piso terminado del sótano donde se alojará el estacionamiento sea a -4.0 m y en consecuencia será necesario una excavación de 4.30 m de profundidad, considerando 5 cm de plantilla de concreto pobre y 25 cm de losa.

Se deberán considerar las siguientes características mecánicas e hidráulicas encontradas en el subsuelo:

- ◆ Costra superficial de resistencia y compresibilidad media, y espesor medio de 3.5 m.
- ◆ 21 m de espesor de arcillas blandas de baja resistencia y alta compresibilidad.
- ◆ Nivel de aguas freáticas a 3.2 m de profundidad con respecto al nivel actual de la Tienda Mega Comercial Mexicana.
- ◆ Asentamientos de 1.5 cm/año por consolidación regional.

Tomando en cuenta todas las características anteriormente mencionadas, en especial la diferencia en la magnitud de las cargas de ambos cuerpos y que proyectan un nivel de sótano común para ambos cuerpos, se juzga que la cimentación para la estructura proyectada sea mediante el uso de pilas de sección constante desplantadas a 38.00 m de profundidad entre los ejes 0S y 10S y a 42.00 m de profundidad entre los ejes 11S y 16S, con respecto al nivel de banquetta, contemplando un empotramiento de 2 metros en el estrato resistente para evitar en que un futuro se generen diferenciales en los niveles de sótano debido a que se presentara una diferencia en los tiempos y grados de consolidación del suelo que subyace a las ambos cuerpos. Como se observa, existe una variación en los niveles de empotramiento de las pilas, esto es debido a que los estratos resistentes, en donde se apoyaran las pilas, se encontraron a profundidades diferentes como se observa en los perfiles estratigráficos de los sondeos profundos realizados.

Inicialmente, de manera ilustrativa, se analizaran los cuerpos que conforman el proyecto arquitectónico en forma separada para conocer el comportamiento que tendrán por la diferencia de esfuerzos transmitidos al suelo producto de la diferencia de cargas transmitidas, consecutivamente se realizara la revisión mediante pilas de sección constante las cuales trabajaran por punta y fricción.



4.2.- Revisión del cajón de cimentación de la estructura ligera.

4.2.1.- Cargas y características de proyecto

Área Total del sótano= 6,860.5 m²

Peso proporcionado de la estructura = 6,350.60 ton (no incluye peso de la cimentación, ni está factorizada) en condiciones gravitacionales y el peso de la estructura en condiciones medias es de 5,715.576ton (no incluye peso de la cimentación, ni está factorizada)

$W_E =$ **0.93 ton/m² condiciones máximas sin factorizar**
 0.88 ton/m² condiciones instantáneas sin factorizar
 0.83 ton/m² condiciones medias sin factorizar

Excavación:

Área excavada = 6,860.5 m²

Profundidad de excavación = 4.00 m más 0.30 m de espesor de losa = 4.30 m

Peso volumétrico del suelo excavado = variable entre 1.5 y 1.2 ton/m³

Peso del suelo excavado = 6.45 ton/m²

Esfuerzo Total = 0.83 ton/m² (Tomando en cuenta las condiciones medias y con peso de cimentación proporcionados)

Esfuerzo Neto = -5.62 ton/m² (considerando una compensación de 0.83 ton/m²)

4.2.2.- Análisis de estabilidad

4.2.2.1.-Estado de falla general con cajón de cimentación

La capacidad de carga admisible del subsuelo de apoyo con cajón de cimentación se determinó aplicando la siguiente expresión:

$$Q_{adm} = CmNcFR + Pv = CNcFR + \gamma Df$$

dónde:

Q_{adm} : Capacidad de carga admisible, en Ton/m²

Cm : Cohesión promedio en la superficie de falla, 4 Ton/m²

Nc : Factor de capacidad de carga propuesto por Vésic; se calcula con la siguiente ecuación:

$$Nc = 5.14 \left(1 + 0.20 \frac{Df}{B} \right) \left(1 + 0.20 \frac{B}{L} \right)$$

Df : Profundidad de desplante, 4.30 m.

B : Ancho del cajón de cimentación (lado más corto), 52.70 m.

L : Longitud del cajón de cimentación (lado más largo), 131.66 m.

γ : Peso volumétrico del suelo a la profundidad de desplante, en ton/m³

FR : Factor de reducción de la resistencia del suelo = 0.70

Reemplazando los valores anteriores, la capacidad de carga preliminar estática y dinámica admisible es 22.58 ton/m² y 29.35 ton/m², respectivamente.



4.2.2.2.- Acciones

Las acciones que deben considerarse en los análisis de la cimentación son las siguientes:

- Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad máxima de 6,350.64 ton, que incluyen el peso de la cimentación para la estructura de interés. Estas cargas estarán afectadas por un factor de carga de 1.4 y se considerarán en el análisis límite de falla en condiciones estática.
- Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad instantánea resulta de 6,033.11 ton, que incluyen el peso de la cimentación para el edificio de interés. La acción accidental más crítica por efecto sísmico corresponderá a un momento sísmico para la estructura analizada. Las cargas estarán afectadas por un factor de carga de 1.1 y se utilizarán en el análisis límite de falla en condiciones dinámicas.
- Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad media resulta de 5,715.58 ton, que incluyen el peso de la cimentación estarán afectadas por un factor de carga de 1, y se emplearán en el análisis del estado límite de servicio.

4.2.2.3.- Estado límite de falla en condiciones estáticas

La revisión de la estabilidad de las cimentaciones ante el estado límite de falla en condiciones estáticas, se hizo considerando la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad máxima estimadas, más el peso de la cimentación afectada por un factor de carga de 1.4, mediante el cumplimiento de la siguiente desigualdad:

$$\frac{\sum Q * Fc}{A} < RF_R$$

dónde:

$\sum Q$: Suma de las acciones verticales debidas a la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad máxima, más el peso de la cimentación en ton.

Fc : Factor de carga, adimensional e igual a 1.4 por ser una estructura tipo B.

A : Área de la excavación, en m^2

$RF_R = Q_{adm}$, en Ton/m^2

$$1.30 \text{ ton}/m^2 < 22.58 \text{ ton}/m^2$$

Por lo tanto, la cimentación es estable en condiciones estáticas

4.2.2.4.- Estado límite de falla en condiciones dinámicas

Primeramente se debe de cumplir la siguiente desigualdad:

$$\frac{\sum Q * Fc}{A} < 1.30 RF_R$$



dónde:

ΣQ : Suma de las acciones verticales debidas a la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad instantánea, más el peso de la cimentación, en ton.

F_c : Factor de carga, adimensional e igual a 1.1 en condiciones dinámicas

A : Área de la excavación, en m^2

$RF_R = Q_{adm}$, en Ton/m^2

$$0.97 \frac{Ton}{m^2} < 29.35 \frac{Ton}{m^2} \rightarrow CUMPLE$$

La revisión de la cimentación ante el estado límite de falla en condiciones dinámicas se realizó de acuerdo al criterio establecido en los Comentarios de las Normas de Emergencia del Reglamento de Construcciones del Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción del Comité de Reconstrucción del Área Metropolitana, que establece que la cimentación de una estructura será segura ante el estado límite de falla en condiciones dinámicas, si la capacidad de carga neta del suelo afectada por el factor de carga y la fuerza de inercia que obra en la zona de falla potencial del suelo que subyace al cimiento, es mayor a la acción de las cargas gravitacionales y las debidas al sismo, lo cual puede verificarse a través de la siguiente desigualdad.

$$W_T F_c - W_S < F_R A_R q_1 \left(1 - \frac{0.12 * F_c * a_0 * b * \gamma}{F_R * C * g} \right)$$

dónde:

W_t : carga total de la estructura en la condición analizada proporcionada, 6,033.11 ton

F_c : factor de carga, adimensional e igual a 1.1

W_s : peso del suelo desplazado para la construcción de la cimentación, en ton.

F_R : factor de resistencia adimensional, 0.70

A_R : área reducida del cajón de cimentación, para tomar en cuenta el momento de volteo debido a sismo, igual a:

$$A_R = (B - 2e) * L = B' * L$$

siendo:

B : ancho del cajón de cimentación, 52.7 m.

L : largo del cajón de cimentación, 131.66 m.

e : excentricidad dada por:

$$e = \frac{M_s}{W_T} = 0.28 \text{ m}$$

dónde:

W_t : peso de la estructura en la condición analizada, 6,033.11 ton.

M_s : momento de volteo debido a sismo, obtenido en forma aproximada con el siguiente procedimiento:

$$M_s = 0.8 W_T \left(\frac{2}{3} H_T \right) \left(\frac{C_{sis}}{Q} \right) = 1,708.73 \text{ Ton} - m$$

siendo:

H_T : altura total de la estructura, medida a partir del desplante, 4.30 m



- Cs: coeficiente de diseño sísmico, 0.247
 Q: factor de comportamiento sísmico (ductibilidad), 2.
 q₁: capacidad de carga neta del suelo de apoyo de la cimentación, obtenida con la siguiente formula:

$$q_1 = C * Nc = 23.04 \text{ Ton/m}^2$$

dónde:

- c: cohesión media del suelo a lo largo de la superficie potencial de falla, 4 ton/m²
 Nc: coeficiente de capacidad de carga, 5.76
 a₀: aceleración horizontal máxima del terreno, igual a:

$$a_0 = \frac{Csis * g}{Q} = 1.21$$

- b: mínimo de (d, 1.2 h, 20m)

en la cual:

- d: ancho del área reducido del cajón de cimentación, 51.98m.
 h: profundidad desde el nivel de desplante del cajón de cimentación hasta la capa dura más próxima, 30 m x 1.2 = 36 m
 γ: peso volumétrico medio del suelo al nivel de desplante, hasta una profundidad B, abajo de él, 1.4 ton/m³.
 c: cohesión media del suelo desde el nivel de desplante hasta una profundidad B, abajo de él, 4 ton/m².

$$W_T Fc - W_S < F_R A_R q_1 \left(1 - \frac{0.12 * Fc * a_0 * b * \gamma}{F_R * C * g} \right)$$

$$-37,613.78 \text{ ton} < 92,157.76 \text{ ton}$$

4.2.2.5.- Estado de falla local con cajón de cimentación

El esfuerzo máximo que resiste el suelo en la esquina de la cimentación sometida a compresión máxima se calcula con la siguiente expresión (Ref.6):

$$q_{adm} = \frac{2C_{cu} \sqrt{N_\phi}}{F.S.} + \sigma_{eo} K_o N_\phi$$

dónde:

- q_{adm}: esfuerzo admisible del suelo en la esquina de la cimentación, ton/m²
 C_{cu} y φ_{cu}: parámetros de resistencia del subsuelo al nivel de desplante en condición no consolidada - no drenada
 C_{cu} = 4.0 ton/m²
 φ_{cu} = 5°
 N_φ: coeficiente que se calcula a partir de la expresión:

$$N_\phi = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi_{cu}}{2} \right) = 1.20$$

F. S. : factor de seguridad igual a 1.3

K_o: coeficiente de empuje de tierras en reposo igual a 0.6

σ_{eo}: esfuerzos efectivos in situ al nivel de desplante, 5.4 ton/m²

Reemplazando los valores anteriores, se obtendrá el esfuerzo límite en la orilla igual a 10.54 ton/m²



4.2.2.6.- Incremento de esfuerzos debido al momento de volteo durante la eventualidad de un sismo

Los esfuerzos inducidos en condición sísmica se pueden calcular con la fórmula de la escuadría :

$$\Delta\sigma_{sismo} = \frac{Q}{A} \pm \frac{Ms}{Ix} y \pm 0.3 \frac{Ms}{Iy} x$$

dónde:

$\Delta\sigma_{sismo}$: incremento de esfuerzo en la esquina crítica, ton/m²

$\frac{Q}{A}$: presión neta instantánea.

$$\frac{Q}{A} = \frac{W_{Einst} - W_{exc}}{A} = \frac{6,033.11 \text{ Ton} * 1.1 - 44,250.20 \text{ Ton}}{6,860.50 \text{ m}^2} = -5.48 \text{ Ton/m}^2$$

Ms : momento de volteo sísmico = 1,708.74 Ton – m

Ix, Iy : momentos de inercia principales menor y mayor respecto al centroide de la losa de cimentación.

$$Ix = \frac{BL^3}{12}, \quad Iy = \frac{LB^3}{12}$$

x, y : distancias perpendiculares a la esquina crítica, medidas respecto a los ejes principales de inercia menor y mayor.

$$x = \frac{B}{2}, \quad y = \frac{L}{2}$$

Reemplazando los valores en la expresión, el incremento de esfuerzo por sismo en la esquina crítica de la losa para el cajón de cimentación es:

$$Ix = 1,605,848.06 \text{ m}^4$$

$$Iy = 10,022,842.90 \text{ m}^4$$

$$x = 65.83 \text{ m}$$

$$y = 26.35 \text{ m}$$

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ máx.}} = -5.451 \text{ Ton/m}^2$$

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ mín.}} = -5.514 \text{ Ton/m}^2$$

De acuerdo a lo anterior, para que no se produzca falla por esfuerzo cortante y no haya tensiones sobre la base, se debe de cumplir lo siguiente:

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ máx.}} < q_u$$

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ mín.}} > 0.00$$

dónde:

$$q_u = C * Nc = 23.037 \text{ Ton/m}^2$$



Por lo tanto:

$$\Delta\sigma_{sismo\ máx.} < q_u$$

$$-5.451 \frac{Ton}{m^2} < 23.037 \frac{Ton}{m^2} \rightarrow \text{No falla por esfuerzo cortante}$$

$$\Delta\sigma_{sismo\ mín.} > 0.00$$

$$-5.514 \frac{Ton}{m^2} < 0.00 \frac{Ton}{m^2} \rightarrow \text{Hay tensiones sobre la base}$$

4.2.2.7.- Asentamientos diferidos

Para evaluar el estado límite de servicio ocasionado por el fenómeno de la consolidación primaria y tomando en cuenta las gráficas de compresibilidad mostradas en los anexos de pruebas de laboratorio, al emplear la ecuación:

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e_o} H$$

dónde:

ΔH : Asentamiento debido a la consolidación primaria, (m)

Δe : Diferencia entre la relación de vacíos inicial menos la final

e_o : relación de vacíos inicial

H : espesor del estrato considerado (m)

Sin embargo, al tener una sobrecompensación de -5.62 ton/m^2 , no se presentara el fenómeno de consolidación, por lo que el estado límite de servicio estará regido por las expansiones elásticas calculadas en el siguiente apartado.

4.2.2.8.- Expansiones elásticas

Para la evaluación de las expansiones elásticas máximas que ocurrirán al efectuar la excavación necesaria para alojar a la losa de cimentación, se empleó el criterio de Steinbrenner y los módulos de elasticidad obtenidos de las pruebas triaxiales UU y de las pruebas de compresión simple, así como de correlacionar las propiedades índices de los materiales de interés con las de otros semejantes en los que se han determinado los módulos elásticos por métodos geosísmicos.

Según dicho criterio, el desplazamiento vertical bajo la esquina de un área rectangular descargada, colocada en la superficie de una capa de espesor D , está dada por:

$$\delta = \frac{qB}{E} ((1 - \mu^2)F_1 + (1 - \mu - \mu^2)F_2)$$

dónde:

q : descarga uniformemente repartida superficialmente, provocada con la excavación, en ton/m^2 .



- B: ancho del área descargada, en m
 F_1 y F_2 : coeficientes adimensionales, que dependen de la relación D/L y L/B.
 D: espesor del estrato considerado, en m.
 L: longitud del área descargada
 E: módulo de elasticidad del suelo bajo la zona de excavación, en ton/m².
 u: relación de Poisson, adimensional.

Que para un sistema de capas o estratos queda la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{qB}{E_1} [(1 - \mu_1^2)F_{11} + (1 - \mu_1 - 2\mu_1^2)F_{21}] + \frac{qB}{E_2} \{[(1 - \mu_2^2)F_{12} + (1 - \mu_2 - 2\mu_2^2)F_{22}] - [(1 - \mu_2^2)F_{11} + (1 - \mu_2 - 2\mu_2^2)F_{21}]\} + \frac{qB}{E_3} \{[(1 - \mu_3^2)F_{13} + (1 - \mu_3 - 2\mu_3^2)F_{23}] - [(1 - \mu_3^2)F_{12} + (1 - \mu_3 - 2\mu_3^2)F_{22}]\} + \frac{qB}{E_4} \{[(1 - \mu_4^2)F_{14} + (1 - \mu_4 - 2\mu_4^2)F_{24}] - [(1 - \mu_4^2)F_{13} + (1 - \mu_4 - 2\mu_4^2)F_{23}]\} + \dots$$

Se obtuvieron que excavando toda el área que ocupará la losa de cimentación, para su despalme las expansiones máximas esperadas al centro son igual a 12.20 cm y en la esquina de 1.91 cm, las cuales están al límite, pero son admisibles.

4.2.2.9.- Empujes sobre los muros perimetrales de los cajones de cimentación

Para obtener los empujes que actúan en los muros perimetrales del cajón de cimentación se tomaron en cuenta las características estratigráficas de los materiales del subsuelo, así como las del proyecto, luego de seguir las recomendaciones establecidas en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de la Electricidad, con la condición de empuje del suelo en reposo, en donde se consideran:

- ♦ La presión que ejerce la masa de suelo en condiciones en reposo, que se obtiene como el total acumulativo del producto del peso volumétrico total por el espesor de los estratos que se ubiquen por encima del nivel freático, y bajo éste, el peso volumétrico sumergido por el espesor de cada estrato, multiplicados por el coeficiente de presión de tierras en reposo, es decir:

$$E_s = \gamma h K_o + \gamma' h K_o$$

dónde:

- E_s : empuje debido al suelo, en Ton/m²
- γ : peso volumétrico del material saturado, en Ton/m³
- γ' : peso volumétrico del material sumergido, en Ton/m³
- h : espesor de cada estrato, en m
- K_o : coeficiente de presión de tierras en reposo

- ♦ La acción de una sobrecarga uniformemente repartida, actuando en un área contigua al muro, en donde se obtienen los esfuerzos inducidos bajo un punto en la parte media lateral del área, afectada por el coeficiente de presión de tierras en reposo, la cual se calcula con la siguiente expresión:



$$E_{sc} = 2W * W_0 * K_o$$

dónde:

E_{sc} : empuje debido a la sobrecarga, en Ton/m²

W : sobrecarga, 2 Ton/m²

W_0 , se obtiene con la ecuación de Boussinesq:

$$\sigma_z = W * W_0 = \frac{W}{4\pi} \left[\left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) + x^2y^2} * \frac{x^2 + y^2 + 2z^2}{x^2 + y^2 + z^2} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) - x^2y^2} \right) \right]$$

Cuando el valor de $\tan^{-1} \left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) - x^2y^2} \right)$ resulte negativo en la expresión anterior, el valor de σ_z se recalculara utilizando la siguiente expresión:

$$\sigma_z = W * W_0 = \frac{W}{4\pi} \left\{ \left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) + x^2y^2} * \frac{x^2 + y^2 + 2z^2}{x^2 + y^2 + z^2} \right) + \left[\tan^{-1} \left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) - x^2y^2} \right) + \pi \right] \right\}$$

dónde:

x, y , dependen de la geometría y posición de la sobrecarga

z : profundidad donde se calculen los esfuerzos por sobrecarga

K_o : coeficiente de presión de tierras en reposo

- ◆ Solicitaciones sísmicas, donde se determina una componente horizontal que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{sis} = \frac{W * \frac{Csis}{Q}}{H}$$

dónde:

E_{sis} : empuje debido al sismo, en Ton/m²

$Csis$: Coeficiente sísmico igual a 0.247

Q : Factor de comportamiento sísmico igual a 2

H : profundidad máxima de la excavación igual a 4.30 m

W : peso de la masa de suelo deslizando, en Ton

- ◆ La presión hidráulica que el agua ejerce, la cual se obtiene como:

◆

$$E_w = \gamma_w * h$$

dónde:

E_W : empuje debido al agua, en Ton/m^2

γ_W : peso volumétrico del agua = $1 Ton/m^3$

h : profundidad donde se requiere conocer el empuje debido al agua, en m

De este modo se prosigue a obtener los empujes que actúan sobre los muros perimetrales en el cajón de cimentación, considerando una sobrecarga de $2 Ton/m^2$.

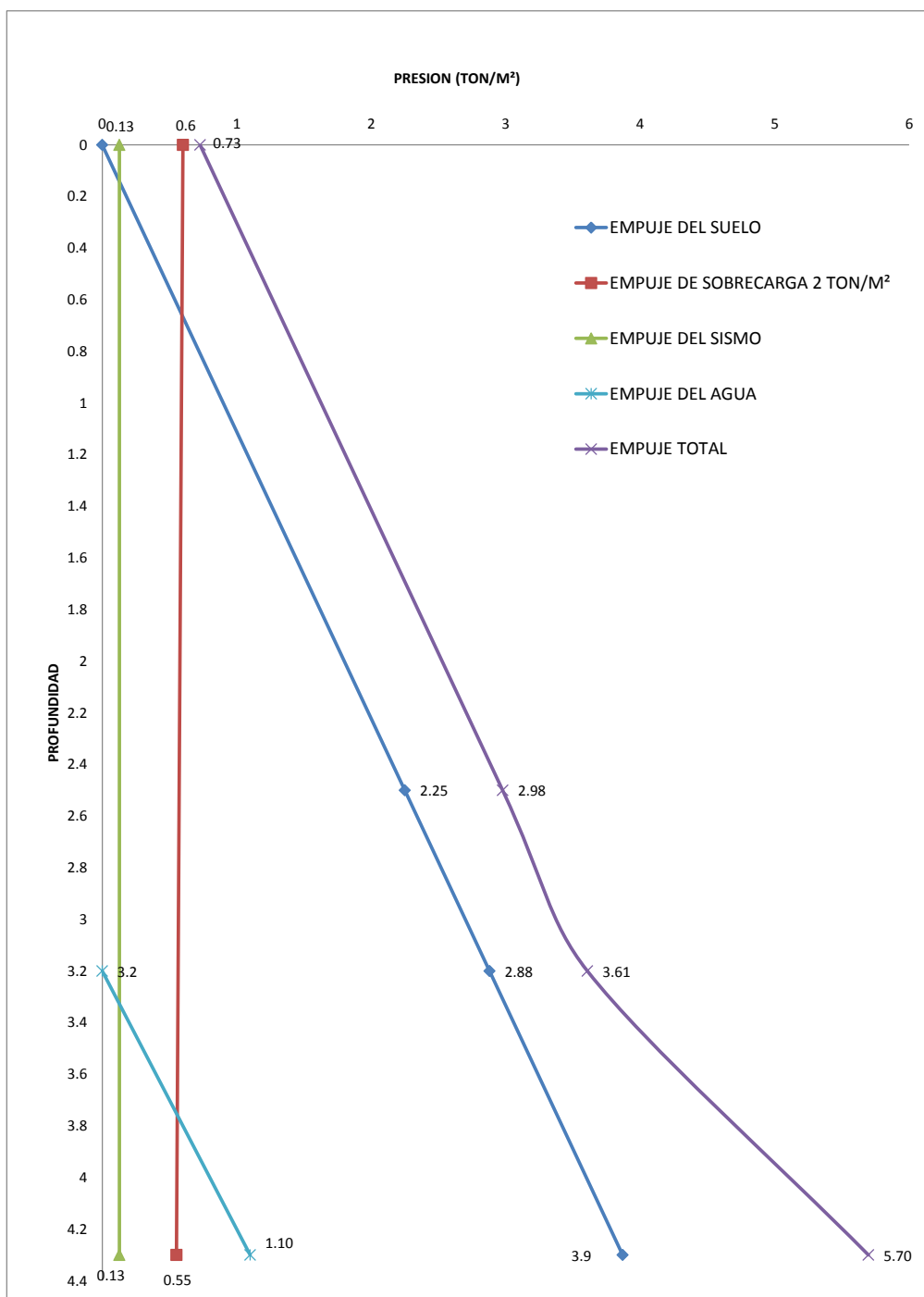


Figura 33.- Empujes sobre muros rígidos ($2 Ton/m^2$)



4.2.2.10. - Falla de fondo

Se revisará la estabilidad de la excavación contra falla de fondo por cortante, lo que se realizó mediante el cumplimiento de la siguiente desigualdad:

$$P_v F_c + q F'c < C N_c F_R$$

dónde:

- P_v: presión vertical total actuando en el suelo a la profundidad de excavación, de 6.45 ton/m²
- F_c: factor de carga adimensional, 1.4
- q: sobrecarga superficial, 2 ton/m²
- F'_c: factor de carga, adimensional, 1
- c: cohesión del material que subyace a la excavación, 4 ton/m²
- N_c: coeficiente de capacidad de carga, 5.76
- F_R: factor de resistencia, 0.70

De acuerdo a lo anterior resultado de

$$11.03 \text{ ton/m}^2 < 16.13 \text{ ton/m}^2$$

Aunque la desigualdad se haya cumplido, se recomienda que el proceso de excavación se realice por etapas, esto último debido a la magnitud del área del predio a excavar.

4.3.- Revisión del cajón de cimentación de la estructura pesada.

4.3.1.- Cargas y características de proyecto

Área Total del sótano= 7,116.9 m²

Peso proporcionado de la estructura = 80,753.9 ton (no incluye peso de la cimentación, ni está factorizada) en condiciones gravitacionales y el peso de la estructura en condiciones medias es de 72,678.5 ton (no incluye peso de la cimentación, ni está factorizada)

W_E = 11.3ton/m² condiciones máximas sin factorizar
10.8 ton/m² condiciones instantáneas sin factorizar
10.2 ton/m² condiciones medias sin factorizar

Excavación:

Área excavada = 7,116.9 m²

Profundidad de excavación = 4 m más 0.3 m de espesor de losa = 4.3 m

Peso volumétrico del suelo excavado = variable entre 1.5 y 1.2 ton/m³

Peso del suelo excavado = 6.45 ton/m²

Esfuerzo Total = 10.2 ton/m² (Tomando en cuenta las condiciones medias y con peso de cimentación proporcionados)

Esfuerzo Neto = 3.76 ton/m² (considerando una compensación de 6.45ton/m²)



4.3.2.- Análisis de estabilidad

4.3.2.1.-Estado de falla general con cajón de cimentación

La capacidad de carga admisible del subsuelo de apoyo con cajón de cimentación se determinó aplicando la siguiente expresión:

$$Q_{adm} = C_m N_c F_R + P_v = C N_c F_R + \gamma D_f$$

dónde:

Q_{adm} : Capacidad de carga admisible, en Ton/m²

C_m : Cohesión promedio en la superficie de falla, 4 Ton/m²

N_c : Factor de capacidad de carga propuesto por Vésic; se calcula con la siguiente ecuación:

$$N_c = 5.14 \left(1 + 0.20 \frac{D_f}{B} \right) \left(1 + 0.20 \frac{B}{L} \right)$$

D_f : Profundidad de desplante, 4.30 m.

B : Ancho del cajón de cimentación (lado más corto), 67.91 m

L : Longitud del cajón de cimentación (lado más largo), 109.87m

γ : Peso volumétrico del suelo a la profundidad de desplante, en ton/m³

F_R : Factor de reducción de la resistencia del suelo = 0.70

Reemplazando los valores anteriores, la capacidad de carga preliminar estática y dinámica admisible es 23.29 ton/m² y 30.27 ton/m², respectivamente.

4.3.2.2.- Acciones

Las acciones que deben considerarse en los análisis de la cimentación son las siguientes:

a) Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad máxima de 80,753.89 ton, que incluyen el peso de la cimentación para la estructura de interés. Estas cargas estarán afectadas por un factor de carga de 1.4 y se considerarán en el análisis límite de falla en condiciones estática.

b) Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad instantánea resulta de 76,716.2 ton, que incluyen el peso de la cimentación para el edificio de interés. La acción accidental más crítica por efecto sísmico corresponderá a un momento sísmico para la estructura analizada. Las cargas estarán afectadas por un factor de carga de 1.1 y se utilizarán en el análisis límite de falla en condiciones dinámicas.

c) Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad media resulta de 72,678.5 ton, que incluyen el peso de la cimentación estarán afectadas por un factor de carga de 1, y se emplearán en el análisis del estado límite de servicio.



4.3.2.3.- Estado límite de falla en condiciones estáticas

La revisión de la estabilidad de las cimentaciones ante el estado límite de falla en condiciones estáticas, se hizo considerando la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad máxima estimadas, más el peso de la cimentación afectada por un factor de carga de 1.4, mediante el cumplimiento de la siguiente desigualdad:

$$\frac{\sum Q * Fc}{A} < RF_R$$

dónde:

$\sum Q$: Suma de las acciones verticales debidas a la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad máxima, más el peso de la cimentación en ton.

Fc : Factor de carga, adimensional e igual a 1.4 por ser una estructura tipo B.

A : Área de la excavación, en m²

$RF_R = Q_{adm}$, en Ton/m²

$$15.89 \text{ ton/m}^2 < 23.29 \text{ ton/m}^2$$

Por lo tanto, la cimentación no es estable en condiciones estáticas

4.3.2.4.- Estado límite de falla en condiciones dinámicas

Primeramente se debe de cumplir la siguiente desigualdad:

$$\frac{\sum Q * Fc}{A} < 1.30 RF_R$$

dónde:

$\sum Q$: Suma de las acciones verticales debidas a la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad instantánea, más el peso de la cimentación, en ton.

Fc : Factor de carga, adimensional e igual a 1.1 en condiciones dinámicas

A : Área de la excavación, en m²

$RF_R = Q_{adm}$, en Ton/m²

$$11.86 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} < 30.27 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

La revisión de la cimentación ante el estado límite de falla en condiciones dinámicas se realizó de acuerdo al criterio establecido en los Comentarios de las Normas de Emergencia del Reglamento de Construcciones del Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción del Comité de Reconstrucción del Área Metropolitana, que establece que la cimentación de una estructura será segura ante el estado límite de falla en condiciones dinámicas, si la capacidad de carga neta del suelo afectada por el factor de carga y la fuerza de inercia que obra en la zona de falla potencial del suelo que subyace al cimiento, es mayor a la acción de las cargas gravitacionales y las debidas al sismo, lo cual puede verificarse a través de la siguiente desigualdad.

$$W_T Fc - W_S < F_R A_R q_1 \left(1 - \frac{0.12 * Fc * a_0 * b * \gamma}{F_R * C * g} \right)$$



dónde:

- Wt: carga total de la estructura en la condición analizada proporcionada, 76,716.2 ton
- Fc: factor de carga, adimensional e igual a 1.1
- Wc: peso del suelo desplazado para la construcción de la cimentación, en ton.
- F_R: factor de resistencia adimensional, 0.70
- A_R: área reducida del cajón de cimentación, para tomar en cuenta el momento de volteo debido a sismo, igual a:

$$A_R = (B - 2e) * L = B' * L$$

siendo:

- B: ancho del cajón de cimentación, 67.91 m.
- L: largo del cajón de cimentación, 109.87 m.
- e: excentricidad dada por:

$$e = \frac{M_S}{W_T} = 1.44 \text{ m}$$

dónde:

- Wt: peso de la estructura en la condición analizada, en 76,716.2 ton
- M_S: momento de volteo debido a sismo, obtenido en forma aproximada con el siguiente procedimiento:

$$M_S = 0.8W_T \left(\frac{2}{3} H_T \right) \left(\frac{C_{sis}}{Q} \right) = 110,156.27 \text{ Ton} - \text{m}$$

siendo:

- H_T: altura total de la estructura, medida a partir del desplante, 21.80 m
- C_s: coeficiente de diseño sísmico, 0.247
- Q: factor de comportamiento sísmico (ductibilidad), 2.
- q₁: capacidad de carga neta del suelo de apoyo de la cimentación, obtenida con la siguiente formula:

$$q_1 = C * N_c = 24.06 \text{ Ton/m}^2$$

dónde:

- c: cohesión media del suelo a lo largo de la superficie potencial de falla, 4 ton/m²
- N_c: coeficiente de capacidad de carga, 6.02
- a₀: aceleración horizontal máxima del terreno, igual a:

$$a_0 = \frac{C_{sis} * g}{Q} = 1.21$$

b: mínimo de (d, 1.2 h, 20m)

en la cual:

- d: ancho del área reducido del cajón de cimentación, 65.04m.
- h: profundidad desde el nivel de desplante del cajón de cimentación hasta la capa dura más próxima, 20 m x 1.2 = 24 m
- γ: peso volumétrico medio del suelo al nivel de desplante, hasta una profundidad B, abajo de él, 1.4 ton/m³.



c: cohesión media del suelo desde el nivel de desplante hasta una profundidad B, abajo de él, 4 ton/m².

$$W_T Fc - W_S < F_R A_R q_1 \left(1 - \frac{0.12 * Fc * a_0 * b * \gamma}{F_R * C * g} \right)$$

$$38,483.95 \text{ ton} < 100,201.42 \text{ ton}$$

Por lo tanto, la cimentación es estable en condiciones dinámicas

4.3.2.5.- Estado de falla local con cajón de cimentación

El esfuerzo máximo que resiste el suelo en la esquina de la cimentación sometida a compresión máxima se calcula con la siguiente expresión:

$$q_{adm} = \frac{2C_{cu}\sqrt{N_\phi}}{F.S.} + \sigma_{eo}K_oN_\phi$$

dónde:

q_{adm} : esfuerzo admisible del suelo en la esquina de la cimentación, ton/m²

C_{cu} y ϕ_{cu} : parámetros de resistencia del subsuelo al nivel de desplante en condición no consolidada - no drenada

$$C_{cu} = 4.0 \text{ ton/m}^2$$

$$\phi_{cu} = 5^\circ$$

N_ϕ : coeficiente que se calcula a partir de la expresión:

$$N_\phi = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi_{cu}}{2} \right) = 1.20$$

$F.S.$: factor de seguridad igual a 1.3

K_o : coeficiente de empuje de tierras en reposo igual a 0.6

σ_{eo} : esfuerzos efectivos in situ al nivel de desplante, 5.4 ton/m²

Reemplazando los valores anteriores, se obtendrá el esfuerzo límite en la orilla igual a 10.54 ton/m²

4.3.2.6.- Incremento de esfuerzos debido al momento de volteo durante la eventualidad de un sismo

Los esfuerzos inducidos en condición sísmica se pueden calcular con la fórmula de la escuadría:

$$\Delta\sigma_{sismo} = \frac{Q}{A} \pm \frac{Ms}{Ix} y \pm 0.3 \frac{Ms}{Iy} x$$

dónde:

$\Delta\sigma_{sismo}$: incremento de esfuerzo en la esquina crítica, ton/m²

$\frac{Q}{A}$: presión neta instantánea.



$$\frac{Q}{A} = \frac{W_{Einst} - W_{exc}}{A} = \frac{76,716.20 \text{ Ton} * 1.1 - 45,903.87 \text{ Ton}}{7,116.9 \text{ m}^2} = 5.41 \text{ Ton/m}^2$$

M_s : momento de volteo sísmico = 110,156.27 $\text{Ton} - \text{m}$

I_x, I_y : momentos de inercia principales menor y mayor respecto al centroide de la losa de cimentación.

$$I_x = \frac{BL^3}{12}, \quad I_y = \frac{LB^3}{12}$$

x, y : distancias perpendiculares a la esquina crítica, medidas respecto a los ejes principales de inercia menor y mayor.

$$x = \frac{B}{2}, \quad y = \frac{L}{2}$$

Reemplazando los valores en la expresión, el incremento de esfuerzo por sismo en la esquina crítica de la losa para el cajón de cimentación es:

$$I_x = 2,867,471.23 \text{ m}^4$$

$$I_y = 7,505,676.77 \text{ m}^4$$

$$x = 54.935 \text{ m}$$

$$y = 33.955 \text{ m}$$

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ máx.}} = 6.954 \text{ Ton/m}^2$$

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ mín.}} = 3.861 \text{ Ton/m}^2$$

De acuerdo a lo anterior, para que no se produzca falla por esfuerzo cortante y no haya tensiones sobre la base, se debe de cumplir lo siguiente:

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ máx.}} < q_u$$

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ mín.}} > 0.00$$

dónde:

$$q_u = C * N_c = 24.06 \text{ Ton/m}^2$$

Por lo tanto:

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ máx.}} < q_u$$

$$6.954 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} < 24.06 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{No falla por esfuerzo cortante}$$

$$\Delta\sigma_{sismo \text{ mín.}} > 0.00$$

$$3.861 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} < 0.00 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{No hay tensiones sobre la base}$$



4.3.2.7.- Asentamientos diferidos

Para evaluar el estado límite de servicio ocasionado por el fenómeno de la consolidación primaria y tomando en cuenta las gráficas de compresibilidad mostradas en los anexos de pruebas de laboratorio, al emplear la ecuación:

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e_o} H$$

dónde:

ΔH : Asentamiento debido a la consolidación primaria, (m)

Δe : Diferencia entre la relación de vacíos inicial menos la final

e_o : relación de vacíos inicial

H : espesor del estrato considerado (m)

Realizando los cálculos empleando la ecuación anterior se obtuvieron asentamientos de 19.63 cm y de 7.88 cm al centro y en la esquina respectivamente considerando una presión neta media de 3.76 ton/m², observando que los asentamientos por consolidación primaria son mayores que los permitidos por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, por lo que no son admisibles.

Además, a los asentamientos antes mencionados se les deberán sumar los asentamientos por recuperación elástica de los materiales del subsuelo por efecto de la descarga producida por la excavación requerida para alojar al semisótano y apoyar al cajón de cimentación.

4.3.2.8.- Expansiones elásticas

Para la evaluación de las expansiones elásticas máximas que ocurrirán al efectuar la excavación necesaria para alojar a la losa de cimentación, se empleó el criterio de Steinbrenner y los módulos de elasticidad obtenidos de las pruebas triaxiales UU y de las pruebas de compresión simple, así como de correlacionar las propiedades índices de los materiales de interés con las de otros semejantes en los que se han determinado los módulos elásticos por métodos geosísmicos.

Según dicho criterio, el desplazamiento vertical bajo la esquina de un área rectangular descargada, colocada en la superficie de una capa de espesor D, está dada por:

$$\delta = \frac{qB}{E} ((1 - \mu^2)F_1 + (1 - \mu - \mu^2)F_2)$$

dónde:

q: descarga uniformemente repartida superficialmente, provocada con la excavación, en ton/m².

B: ancho del área descargada, en m

F₁ y F₂: coeficientes adimensionales, que dependen de la relación D/L y L/B.

D: espesor del estrato considerado, en m.

L: longitud del área descargada

E: módulo de elasticidad del suelo bajo la zona de excavación, en ton/m².

u: relación de Poisson, adimensional.



Que para un sistema de capas o estratos queda la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{qB}{E_1} [(1 - \mu_1^2)F_{11} + (1 - \mu_1 - 2\mu_1^2)F_{21}] + \frac{qB}{E_2} \{[(1 - \mu_2^2)F_{12} + (1 - \mu_2 - 2\mu_2^2)F_{22}] - [(1 - \mu_2^2)F_{11} + (1 - \mu_2 - 2\mu_2^2)F_{21}]\} + \frac{qB}{E_3} \{[(1 - \mu_3^2)F_{13} + (1 - \mu_3 - 2\mu_3^2)F_{23}] - [(1 - \mu_3^2)F_{12} + (1 - \mu_3 - 2\mu_3^2)F_{22}]\} + \frac{qB}{E_4} \{[(1 - \mu_4^2)F_{14} + (1 - \mu_4 - 2\mu_4^2)F_{24}] - [(1 - \mu_4^2)F_{13} + (1 - \mu_4 - 2\mu_4^2)F_{23}]\} + \dots$$

Se obtuvieron que excavando toda el área que ocupará la losa de cimentación, para su despalme las expansiones máximas esperadas al centro son igual a 10.98 cm y en la esquina de 1.73 cm, las cuales están al límite, pero son admisibles.

4.3.2.9.- Empujes sobre los muros perimetrales de los cajones de cimentación

Para obtener los empujes que actúan en los muros perimetrales del cajón de cimentación se tomaron en cuenta las características estratigráficas de los materiales del subsuelo, así como las del proyecto, luego de seguir las recomendaciones establecidas en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de la Electricidad, con la condición de empuje del suelo en reposo, en donde se consideran:

- ♦ La presión que ejerce la masa de suelo en condiciones en reposo, que se obtiene como el total acumulativo del producto del peso volumétrico total por el espesor de los estratos que se ubiquen por encima del nivel freático, y bajo éste, el peso volumétrico sumergido por el espesor de cada estrato, multiplicados por el coeficiente de presión de tierras en reposo, es decir:

$$E_s = \gamma h K_o + \gamma' h K_o$$

dónde:

E_s : empuje debido al suelo, en Ton/m²

γ : peso volumétrico del material saturado, en Ton/m³

γ' : peso volumétrico del material sumergido, en Ton/m³

h : espesor de cada estrato, en m

K_o : coeficiente de presión de tierras en reposo

- ♦ La acción de una sobrecarga uniformemente repartida, actuando en un área contigua al muro, en donde se obtienen los esfuerzos inducidos bajo un punto en la parte media lateral del área, afectada por el coeficiente de presión de tierras en reposo, la cual se calcula con la siguiente expresión:

$$E_{sc} = 2W * W_o * K_o$$

dónde:

E_{sc} : empuje debido a la sobrecarga, en Ton/m²

W : sobrecarga, 2 Ton/m²

W_o , se obtiene con la ecuación de Boussinesq:



$$\sigma_z = W * W_0 = \frac{W}{4\pi} \left[\left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) + x^2y^2} * \frac{x^2 + y^2 + 2z^2}{x^2 + y^2 + z^2} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) - x^2y^2} \right) \right]$$

Cuando el valor de $\tan^{-1} \left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) - x^2y^2} \right)$ resulte negativo en la expresión anterior, el valor de σ_z se recalculara utilizando la siguiente expresión:

$$\sigma_z = W * W_0 = \frac{W}{4\pi} \left\{ \left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) + x^2y^2} * \frac{x^2 + y^2 + 2z^2}{x^2 + y^2 + z^2} \right) + \left[\tan^{-1} \left(\frac{2xyz(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2(x^2 + y^2 + z^2) - x^2y^2} \right) + \pi \right] \right\}$$

dónde:

x, y , dependen de la geometría y posición de la sobrecarga
 z : profundidad donde se calculen los esfuerzos por sobrecarga

K_o : coeficiente de presión de tierras en reposo

- ◆ Solicitaciones sísmicas, donde se determina una componente horizontal que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{sis} = \frac{W * \frac{C_{sis}}{Q}}{H}$$

dónde:

E_{sis} : empuje debido al sismo, en Ton/m²

C_{sis} : Coeficiente sísmico igual a 0.247

Q : Factor de comportamiento sísmico igual a 2

H : profundidad máxima de la excavación igual a 4.30 m

W : peso de la masa de suelo deslizante, en Ton

- ◆ La presión hidráulica que el agua ejerce, la cual se obtiene como:

$$E_w = \gamma_w * h$$

dónde:

E_w : empuje debido al agua, en Ton/m²

γ_w : peso volumétrico del agua = 1 Ton/m³

h : profundidad donde se requiere conocer el empuje debido al agua, en m

De este modo se prosigue a obtener los empujes que actúan sobre los muros perimetrales en el cajón de cimentación, considerando una sobrecarga de 2 Ton/m².

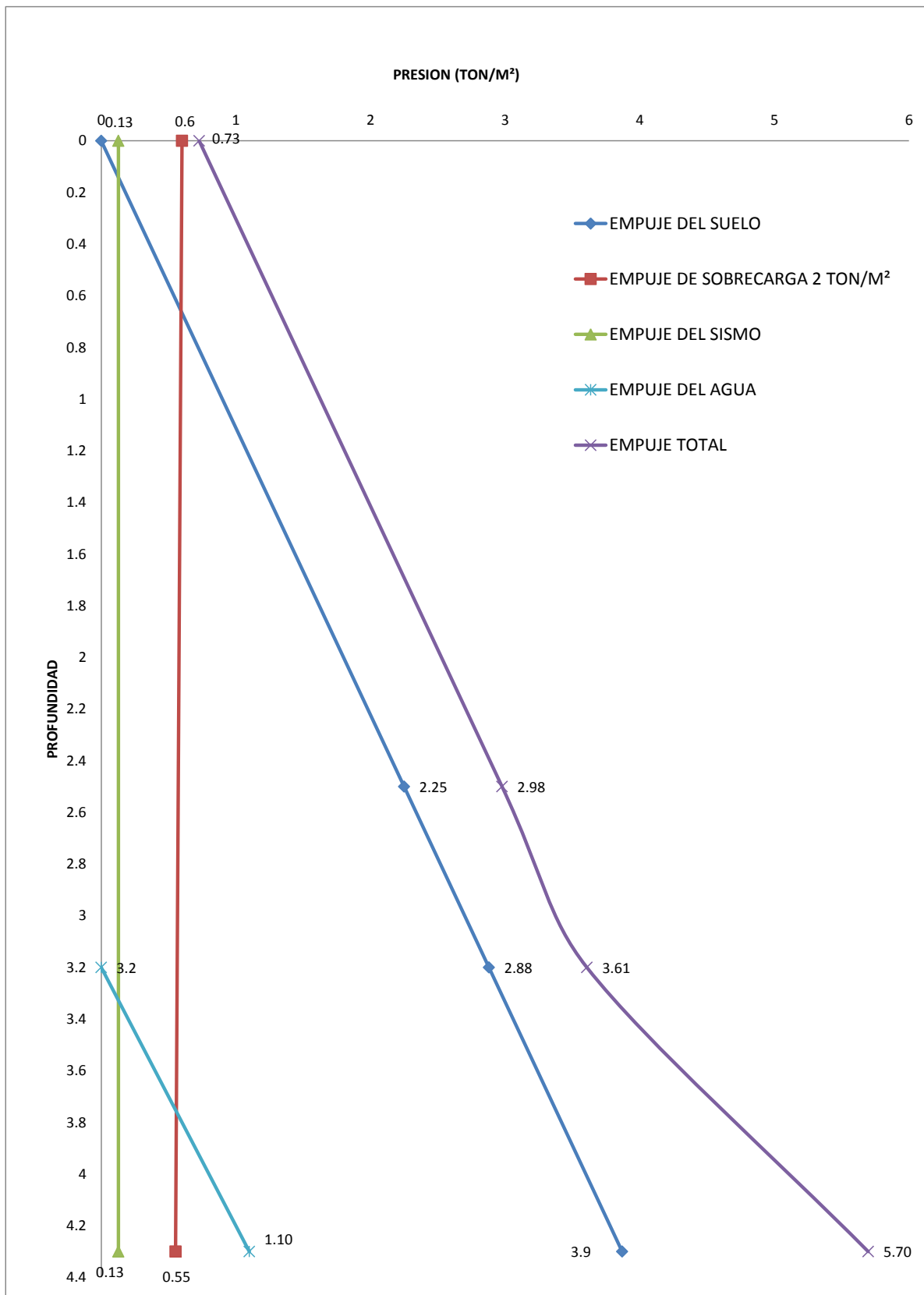


Figura 34.- Empujes sobre muros rígidos (2 ton/m²)



4.3.2.10. - Falla de fondo

Se revisará la estabilidad de la excavación contra falla de fondo por cortante, lo que se realizó mediante el cumplimiento de la siguiente desigualdad:

$$P_v F_c + q F'_c < C N_c F_R$$

dónde:

- P_v: presión vertical total actuando en el suelo a la profundidad de excavación, de 6.45 ton/m²
- F_c: factor de carga adimensional, 1.4
- q: sobrecarga superficial, 2 ton/m²
- F'_c: factor de carga, adimensional, 1
- c: cohesión del material que subyace a la excavación, 4 ton/m²
- N_c: coeficiente de capacidad de carga, 6.02
- F_R: factor de resistencia, 0.70

De acuerdo a lo anterior resultado de

$$11.03 \text{ ton/m}^2 < 16.84 \text{ ton/ m}^2$$

Aunque la desigualdad se haya cumplido, se recomienda que el proceso de excavación se realice por etapas, esto último debido a la magnitud del área del predio a excavar.

4.4.- Alternativa con Pilas de sección constante

Debido a que las condiciones de operación de la estructura requieren que las deformaciones o asentamientos de los materiales de apoyo donde se desplantará la cimentación sean mínimos debido a la correcta y necesaria operación a largo plazo del sótano, el cual es común para ambas estructuras, aunado a las condiciones erráticas de los materiales del subsuelo que existen dentro del predio en estudio, así como la descarga al suelo de apoyo y que el estado límite de servicio es el que regirá el diseño de la cimentación, se opta por una cimentación mixta mediante pilas de sección constante.

A continuación se presenta el análisis de los estados límite de falla y de servicio para la alternativa de cimentación mediante pilas de sección constante:

4.4.1.- Capacidad de Carga

Para calcular la capacidad de carga por punta (C_p) para pilas se consideró que los materiales de apoyo son de tipo cohesivo – friccionante, por lo que se aplicó la siguiente formula:

$$C_p = [(C N''_c + (\overline{P_v} - \Delta P_d) N''_q) F_R + P_v] A_b$$

donde:

- C_p : capacidad de carga por punta, en toneladas
- C: cohesión del material de apoyo, en ton/m²
- N''_c , N''_q : coeficientes de capacidad de carga



$$N''c = Nc + (N'c - Nc) * \frac{D''}{D'}$$

$$N''q = Nq + (N'q - Nq) * \frac{D''}{D'}$$

D'': Empotramiento de la pila, en m

D': Empotramiento optimo de la cimentación, calculado con la expresión:

$$D' = 4 \left(\tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right) B$$

B: lado o diámetro de la cimentación, en m

ϕ : ángulo de fricción interna del material de apoyo

F_R : factor de reducción de la resistencia (0.35 de acuerdo al Reglamento)

Ab: area de la pila (m2)

Pv: presión vertical total en la base de apoyo de la cimentación, en ton/m²

\bar{P}_v : presión vertical efectiva en el punto de apoyo de la cimentación, en ton/m²

Dado que las pilas quedaran prácticamente fijas sobre materiales del subsuelo donde predominan las arcillas, al generarse en éstos asentamientos provocados por sobrecargas superficiales o por desecación de los depósitos superficiales, las pilas se sobrecargarán al desarrollarse fricción negativa sobre su fuste, teniendo como consecuencia una disminución de la presión efectiva al nivel de la base de la pila y una reducción en la capacidad de carga útil.

FN: Fricción negativa, en toneladas

$$FN = \left(P_p F_R \sum_{i=1}^m \alpha_i c_{ui} L_i \right) C_R$$

donde:

P_p : es el perímetro del pilote o pila o de la envolvente del grupo o subgrupo de pilotes o pilas;

F_R : se tomara igual a 0.65, salvo para pilotes hincados en perforación previa;

m : numero de estratos cohesivos a lo largo del fuste del pilote o pila;

α_i : es el coeficiente de adherencia lateral elemento-suelo del estrato i;

c_{ui} : es la cohesión media aparente determinada en ensaye triaxial no-consolidado no-drenado (UU) del estarto i;

L_i : es la longitud del pilote o pila correspondiente al estrato i;

El coeficiente α_i se calculara como:

$$\alpha_i = 0.5 \sqrt{\frac{\bar{p}_{vi}}{c_{ui}}}$$

donde:

\bar{p}_{vi} : es la presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media del estarto i;

Los valores mínimos y máximos de α_i serán de 0.3 y 1, respectivamente.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



C_R : coeficiente de reducción para el calculo de la fricción negariva sobre pilas o pilotes apoyados sobre un estrato duro indicados en la siguiente tabla:

Tipo de pila o pilote	S/B	C_R
Individual	----	1.0
De esquina	2.5	0.5
	5	0.9
De borde	2.5	0.4
	5	0.8
Interior	2.5	0.15
	5	0.5

Coefficiente de reducción para el cálculo de la fricción negativa sobre pilas o pilotes apoyados sobre un estrato duro

Para calcular el aporte de la capacidad de carga por adherencia lateral se consideró que los materiales en contacto con el fuste de la pila son de tipo cohesivos, por lo que se aplicó la siguiente formula:

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \alpha_i c_{ui} L_i$$

donde:

P_p : es el perímetro del pilote o pila o de la envolvente del grupo o subgrupo de pilotes o pilas;

F_R : se tomara igual a 0.65, salvo para pilotes hincados en perforación previa;

m : numero de estratos cohesivos a lo largo del fuste del pilote o pila;

α_i : es el coeficiente de adherencia lateral elemento-suelo del estrato i;

c_{ui} : es la cohesión media aparente determinada en ensaye triaxial no-consolidado no-drenado (UU) del estrato i;

L_i : es la longitud del pilote o pila correspondiente al estrato i;

El coeficiente α_i se calculara como:

$$\alpha_i = 0.5 \sqrt{\frac{\bar{p}_{vi}}{c_{ui}}}$$

donde:

\bar{p}_{vi} : es la presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media del estrato i;

Los valores mínimos y máximos de α_i serán de 0.3 y 1, respectivamente.

En los cálculos realizados se consideró una cohesión de 20 ton/m², y un ángulo de fricción interna de 25° para los materiales de apoyo de las pilas y una cohesión para pilas con longitudes efectivas de 33.7 m y 37.7 m de 8 ton/m² y 7 ton/m² respectivamente para los materiales en contacto con el fuste de las pilas, (obtenido de correlacionar éste con las propiedades índice de los materiales de apoyo y de los resultados de las pruebas de compresión triaxial rápida que se ejecutaron en muestras inalteradas de los materiales de apoyo obtenidos de otros proyectos mediante su correlación); además de considerar un peso volumétrico de 1.45 ton/m³, tomando en cuenta que el desplante de pilas entre los ejes 0S y 10S tendrán una longitud efectiva de 33.7 m, y el desplante de pilas entre los ejes 11S y 16S tendrán una longitud efectiva de 37.7 m.

Las pilas se diseñan para que estáticamente tomen la carga neta y dinámicamente tomen la carga neta más el incremento de carga por sismo.

Las capacidades de carga para pilas de punta apoyadas a 33.7 m de profundidad respecto al nivel de piso terminado del sótano, y para pilas de punta apoyadas a 37.7 m de profundidad respecto al nivel de piso terminado del sótano, para diámetros variables en condiciones estáticas y dinámicas, son las siguientes:

Pilas con longitud efectiva de 33.7 m entre los ejes 0S y 10S:

B (m)	Qadm (estático) (Ton)	Qadm (dinámico) (Ton)
0.80	370.53	444.63
1.00	495.78	594.94
1.20	633.62	760.34
1.40	784.08	940.90
1.60	947.21	1136.65
1.80	1123.01	1347.61
2.00	1311.50	1573.80
2.20	1512.70	1815.24
2.40	1726.60	2071.92

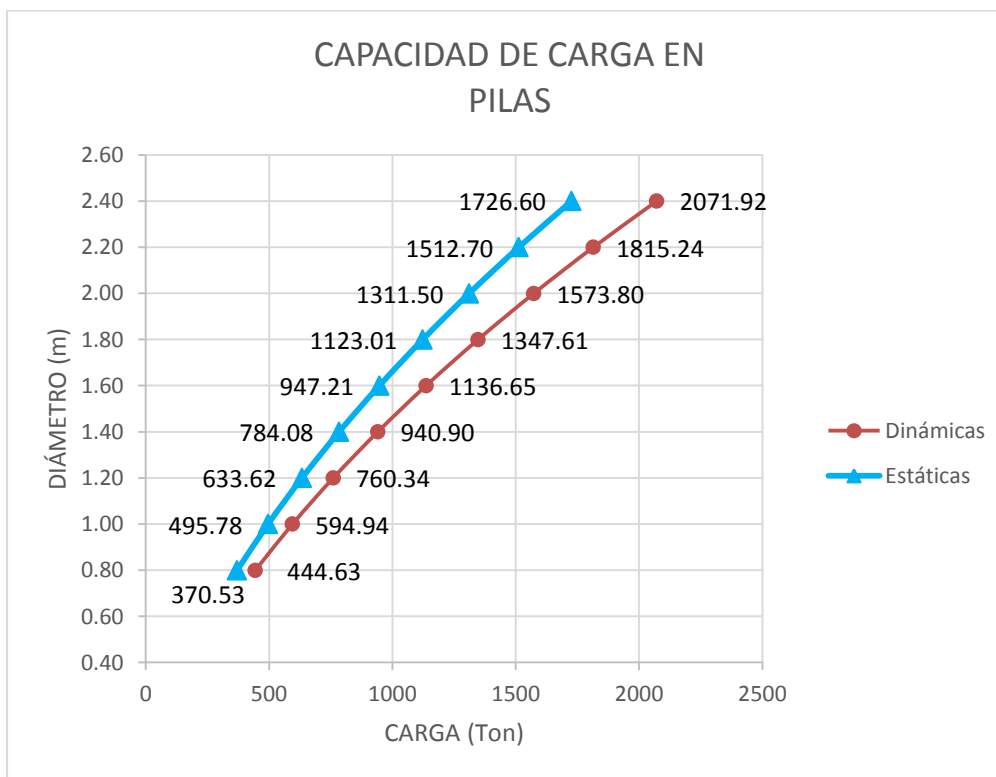


Tabla. Capacidad por punta y fricción de pilas de 33.70 m de longitud efectiva



B (m)	Q tensión (Ton)
0.80	159.35
1.00	211.89
1.20	269.51
1.40	332.21
1.60	400.00
1.80	472.87
2.00	550.82
2.20	633.85
2.40	721.97

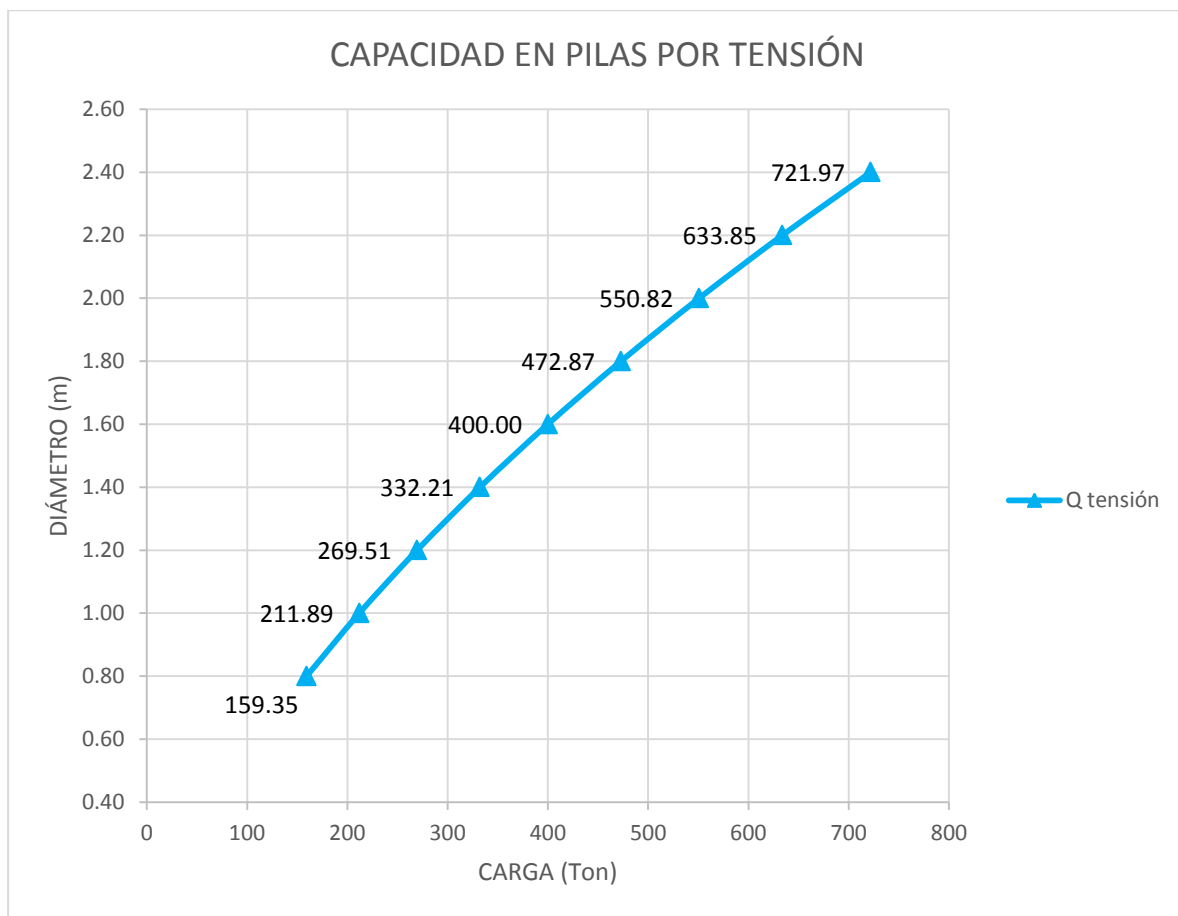


Tabla. Capacidad por tensión de pilas de 33.70 m de longitud efectiva



Pilas con longitud efectiva de 37.7 m entre los ejes 11S y 16S:

B (m)	Qadm (estático) (Ton)	Qadm (dinámico) (Ton)
0.80	452.64	543.17
1.00	633.24	759.88
1.20	840.12	1008.15
1.40	1073.30	1287.96
1.60	1332.76	1599.31
1.80	1618.51	1942.21
2.00	1930.55	2316.66
2.20	2268.88	2722.65
2.40	2633.49	3160.19

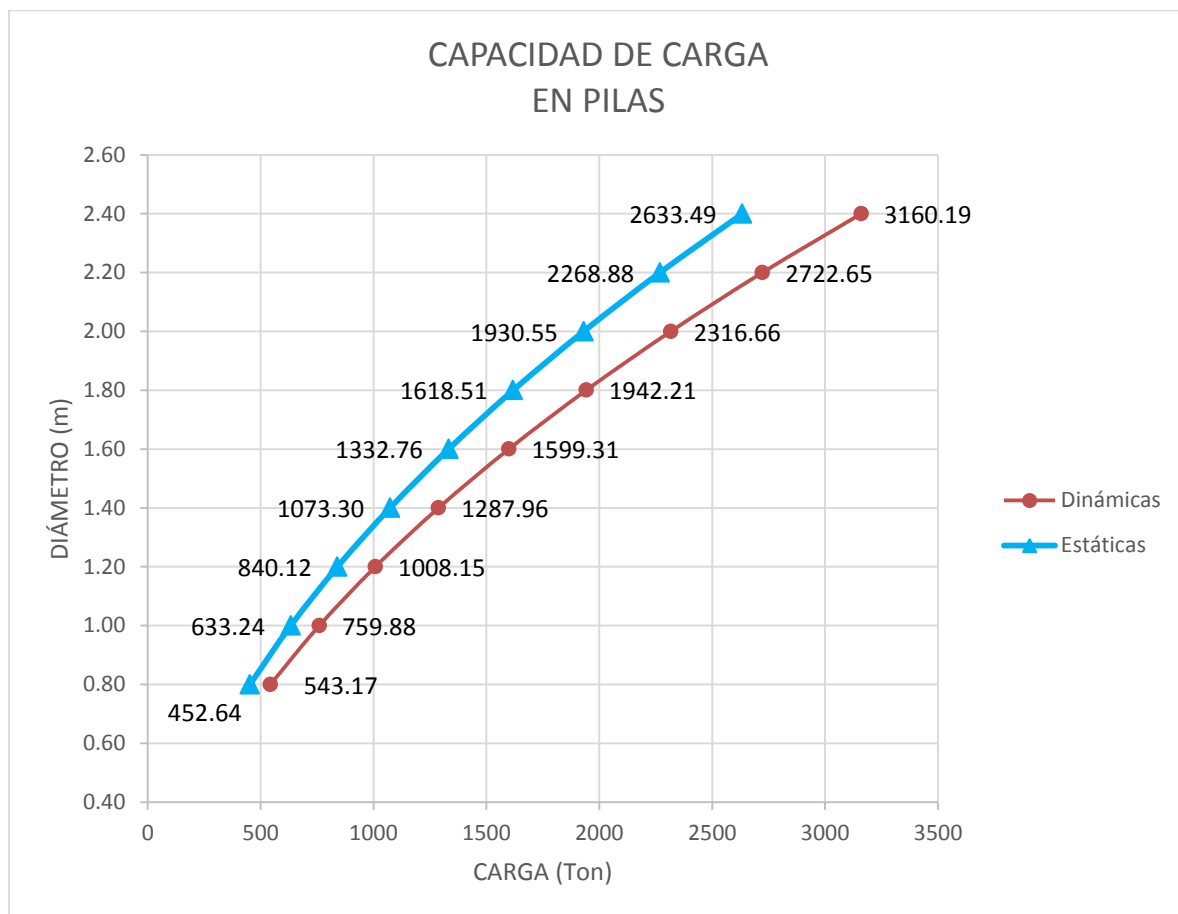


Tabla. Capacidad por punta y fricción de pilas de 37.70 m de longitud efectiva



B (m)	Q tensión (Ton)
0.80	193.18
1.00	229.55
1.20	292.52
1.40	361.17
1.60	435.50
1.80	515.52
2.00	601.23
2.20	692.62
2.40	789.69

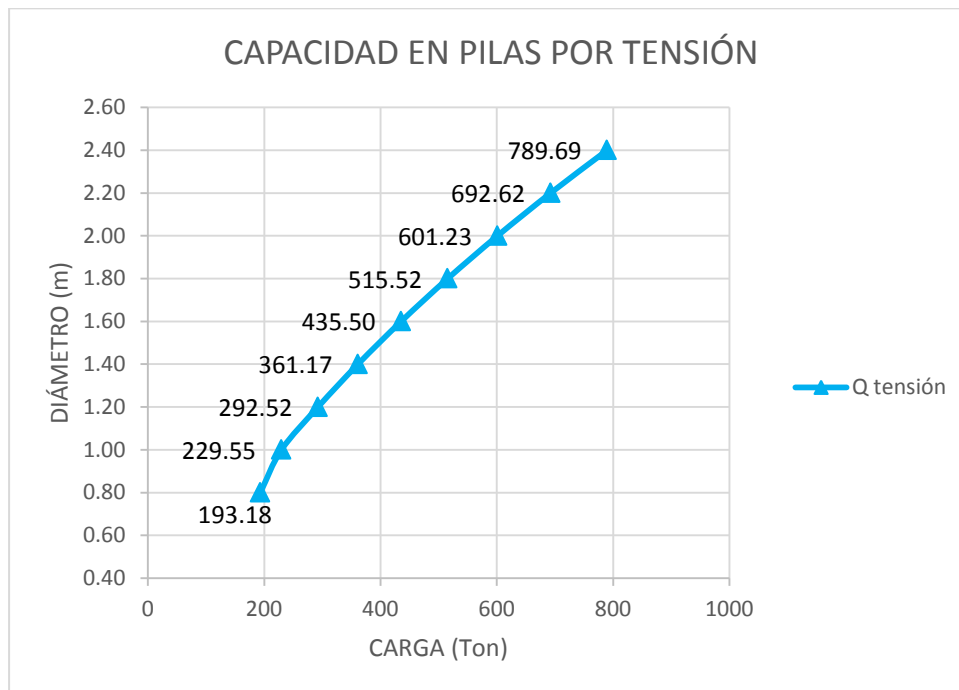


Tabla. Capacidad por tensión de pilas de 37.70 m de longitud efectiva

4.4.2.- Estado límite de servicio

Para calcular los asentamientos que se presentaron se utilizó la siguiente expresión:

$$\Delta H_e = Q \left[\frac{L}{Ec Af} + \frac{m Cs fp}{Es \sqrt{Ab}} (1 - \mu^2) \right]$$

dónde:

ΔH_e : Deformación.

Q : suma de fuerzas actuantes en la pila.



L : longitud de la pila.
 E_c : módulo de elasticidad de la pila.
 A_f : área transversal del fuste.
 m : factor de forma igual a 0.95.
 C_s : factor de rigidez igual a 1.0.
 f_p : factor de profundidad igual a 0.5.
 μ : relación de Poisson igual a 0.35.
 E_s : módulo de elasticidad del suelo igual a 12,000 ton/m².
 A_b : área transversal de la base.

Sustituyendo la ecuación anterior se obtuvieron asentamientos entre 1.8 y 3.1 cm.

4.4.3.- Asentamientos diferenciales

Para revisar los asentamientos diferenciales entre pilas contiguas, se tomara la condición más crítica sustituyendo en la siguiente ecuación:

:

$$\Delta H_{DIF} = \frac{\Delta H_{m\acute{a}x} - \Delta H_{m\acute{i}n}}{L}$$

dónde:

ΔH_{DIF} : asentamiento diferencial
 $\Delta H_{m\acute{a}x}$: asentamiento máximo, en cm
 $\Delta H_{m\acute{i}n}$: asentamiento mínimo, en cm
 L : longitud entre apoyos, en cm

El asentamiento diferencial máximo según las Normas Técnicas Complementarias es de 0.004, por lo que la condición más crítica en el predio deberá satisfacer este requerimiento.

4.4.4.- Módulo de reacción vertical

El módulo de reacción vertical es un análisis de suelo – estructura, el cual se puede calcular mediante el cociente de la sobrecarga aplicada al terreno entre la deformación esperada por la aplicación que produce esa sobrecarga, es decir:

$$K_v = \frac{q}{\Delta H}$$

dónde:

K_v : módulo de reacción vertical, en Ton/m³
 q : sobrecarga aplicada en el terreno, en Ton/m²
 ΔH : deformación esperada en el terreno debido a la aplicación de la sobrecarga, en m



5.- ESTABILIDAD DE TALUDES

Debido a que el cajón tendrá que estar desplantado a una profundidad de -4.3 m, considerando que se tiene el nivel de piso terminado del sótano a -4.0 m de profundidad y que el nivel freático se tiene a 3.2 m de profundidad respecta al nivel de piso terminado de la Mega, se propone emplear Muro Milán de 50 cm de espesor perimetralmente, y una tablestaca temporal por las etapas de excavación requeridas por el proyecto.

Cabe mencionar que el cajón de cimentación deberá quedar totalmente hermético para garantizar que durante la vida útil de la estructura el agua freática no se infiltre a través de este.

5.1.- Estabilidad de taludes Mediante Sistema Muro Milán

El Muro Milán es un elemento estructural que puede ser colado en sitio o prefabricado, cuya finalidad es la de contener los empujes del terreno, y mantener la estabilidad de las construcciones aledañas, durante los trabajos de excavación de sótanos (en el caso de edificaciones).

El Muro Milán puede funcionar como elemento estructural de contención de taludes, temporal o permanente de la cimentación, cargando las zonas perimetrales de cualquier edificación; además de que sirve de tablestaca con pocas filtraciones (estas son fáciles de controlar) para trabajos de abatimiento del nivel freático.

A continuación se indica el procedimiento constructivo de la excavación necesaria para alojar el sótano utilizando el sistema de muro Milán:

La excavación se podrá realizar en siete o más etapas en toda el área cubierta por la estructura, hasta alcanzar una profundidad de 4.3 m respecto al nivel de piso terminado de la Mega.

Se podrá realizar una excavación previa en todo el terreno de 0.80 m para retirar rellenos.

El proyecto requiere la construcción un sótano para alojar los cajones de estacionamiento que formaran parte de una estructura constituida por planta baja y un nivel superior, para lo cual se necesita efectuar una excavación mínima a 4.3m de profundidad, y cuya excavación podrá ser resuelta mediante un muro Milán con un espesor de 50 cm, el cual contará con 6.8 m de profundidad para una excavación de - 4.3 m con respecto al nivel cero.

5.1.1.- Procedimiento constructivo

Con objeto de dar rapidez y seguridad a la excavación que alojará el sótano de la estructura, resulta necesario que esta se efectúe limitándola mediante el uso de un ademe troquelado de concreto armado, que se construirá en el perímetro del área de excavación que contempla el proyecto.

El muro Milán de 50 cm de espesor alcanzará una profundidad de 6.8 m, para una excavación de 4.3 m de profundidad con respecto al nivel cero; al tenerlo en el perímetro, funcionará como una pantalla impermeable que impida el flujo del agua hacia la excavación.



El muro estará constituido por elementos de concreto armado colados in situ y tendrá las siguientes funciones:

- a) Contener los cortes verticales como se establecerá en el procedimiento constructivo de la excavación.
- b) Reducir el flujo horizontal de agua hacia las zonas de excavación de los estratos superficiales de mayor permeabilidad.
- c) Reducir el riesgo de falla de fondo por sub-presión.

5.1.2.- Estabilidad de taludes considerando falla por traslación

La falla por traslación de una masa de tierra que forma parte un talud, ocurre asociada a estratos débiles donde la resistencia al esfuerzo cortante disminuye en forma importante a la resistencia general. La geometría que deberán tener los taludes para ser estables considerando que se conservarán únicamente durante la construcción (corto plazo), estará gobernada por la longitud de superficie resistente necesaria en cada uno de los estratos que componen el talud para soportar los empujes actuantes debidos a la acción integrada del empuje de tierras activo, el empuje generado por la acción de una sobrecarga de 2.0 ton/m² actuando sobre la corona del talud y el empuje de agua.

El empuje activo se calculó aplicando la teoría de Rankine con un valor del coeficiente de presión de tierras de 0.3.

La geometría que deberían adoptar los taludes sin retención y para satisfacer el factor de seguridad elegido de 1.5, deberá ser tal que la inclinación del talud sea 1.0:1.0 (horizontal: vertical), por lo cual se requiere una excavación con taludes verticales retenidos por un Muro Milán.

5.1.3.- Revisión por falla de empotramiento en Muro Milán

La falla por empotramiento del Muro Milán se produce cuando la pata del Muro se desliza al vencerse la resistencia del suelo frente a la ataguía. Considerando que el nivel del troquel se encuentre colocado a 2.4 m de profundidad por arriba del nivel de máxima excavación, en esa etapa de excavación se genera una articulación plástica.

Considerando una resistencia al esfuerzo cortante de 3.5 ton/m², que la punta del Muro Milán quedará a 6.8m de profundidad con respecto al nivel cero, que la excavación tendrá 4.3 m de profundidad en el perímetro y despreciando el momento flexionante del Muro Milán, se obtuvo un factor de seguridad de 2.40 que es admisible.

5.1.4.- Abatimiento del nivel freático

Dado que en el sitio de estudio se detectó nivel freático a 3.2 m, con respecto al nivel de piso terminado de la Mega, y que la excavación quedará confinada por el Muro Milán, el agua que se infiltrará hacia ella y que se filtre a través de las juntas entre los módulos del muro Milán, se reducirá inyectando una mezcla de arena fina-bentonita-cemento, introduciendo un tubo hasta la parte inferior del Muro.



El agua que se filtre a la excavación deberá ser controlada mediante bombeo profundo y de achique, este último se efectuará conduciéndola a través de drenes superficiales hacia los pozos profundos, de donde será bombeada al exterior; una vez alcanzada la máxima profundidad de excavación se tenderá una cama de grava de 10cm de espesor, y se mantendrá el bombeo hasta la construcción de la losa del segundo nivel superior cuando menos.

5.1.5.- Trabajos previos al procedimiento constructivo

Para retirar los rellenos toda en el área que ocupará la estructura, se podrá realizar una excavación previa en todo el terreno de 0.80 m con respecto al nivel de piso terminado de la Mega.

Primeramente se construirá el Muro Milán, y posteriormente se realizara la colocación del sistema de bombeo.

Una vez excavados los primeros 0.80 m antes mencionados se procederá a revisar el estado de las cimentaciones de las construcciones colindantes, pero se recomienda que deberán rehabilitarse en caso necesario, mediante la aplicación de un mortero de cemento que garantice el buen comportamiento de la cimentación vecina durante los trabajos por ejecutar. De igual manera se recomienda proteger los muros de las colindancias que lo requieran con un mortero de cemento o bien se puede colocar un concreto lanzado que le de rigidez a los muros colindantes durante el proceso de construcción del Muro Milán.

5.1.6.- Secuencia del procedimiento constructivo

El proceso constructivo para la construcción del muro Milán que se recomienda, deberá realizarse será la siguiente manera:

- ◆ Colocación de un tapial e instrumentación en todo el perímetro.
- ◆ Construcción de un muro Milán perimetral de 50 cm de espesor, con sus respectivos brocales.
- ◆ Inicio del sistema de bombeo 2 semanas antes de la excavación y construcción de la cimentación profunda.

Previo a la excavación de la primera etapa, deberá instalarse y operar el sistema de bombeo, así como construir el muro Milán, y efectuar un despalme mínimo de 0.80 m adicional en toda el área del predio por excavar, una vez que sea colado el muro faldón o trabe corona

Se procederá a excavar la etapa 1 hasta una profundidad de 2.5 m, el cual considera 20 cm por debajo del primer nivel de troqueles, con respecto al nivel de banqueta.

Cada puntal se colocará con una precarga de 35 ton mediante un gato operado con una bomba manual o eléctrica de 50 ton, que se apoyará en otro puntal más corto. El sistema gato-bomba deberá tener un manómetro para medir la magnitud de la presión aplicada.



6.- PROCESO CONSTRUCTIVO

En el Muro Milán se pueden dejar los armados de traveses y columnas embebidas en el mismo, protegido con poliestireno, para posteriormente desdoblar y traslapar colocando un refuerzo especial en esta zona, para unir con las propias traveses de la estructura a nivel sótano.

6.1- Procedimiento constructivo

A continuación, se resume el procedimiento constructivo que deberá realizarse para el proceso de excavación y la construcción del sótano, que posteriormente se explican de una manera más amplia.

- 1.- Inicialmente se realizará un despalme de 80 cm, de tal manera que se retiren los materiales de relleno y las cimentaciones antiguas.
- 2.- Se iniciarán los trabajos para la construcción del Muro Milán.
- 3.- Se iniciará el proceso constructivo para las pilas y de la colocación del sistema de bombeo
- 4.- De acuerdo a los tiempos que indique el calendario se iniciará el abatimiento del nivel freático mediante el sistema de bombeo.
- 5.- Se procederá a realizar el proceso para la excavación que alojará al sótano, mediante la alternativa que se considere más adecuada.
- 6.- Se continuará con el proceso constructivo de la estructura siguiendo las recomendaciones.

6.1.1.- Protección a colindancias

Considerando que se tienen rellenos de mala calidad con espesor promedio de 0.80 m, el nivel freático a 3.2 m de profundidad respecto al nivel de piso terminado de la Mega y que se requiere efectuar una excavación de 4.30 m de profundidad a continuación, se presenta el proceso constructivo que deberá efectuarse.

La excavación se podrá realizar en siete o más etapas en toda el área cubierta por el terreno, hasta la profundidad máxima (4.30 m) a partir del nivel de piso terminado de la Mega considerado como la cota 0.00, iniciando por la zona donde se desplantara la estructura más ligera constituida por sótano y estacionamiento superficial, como se muestra en la figura 35.

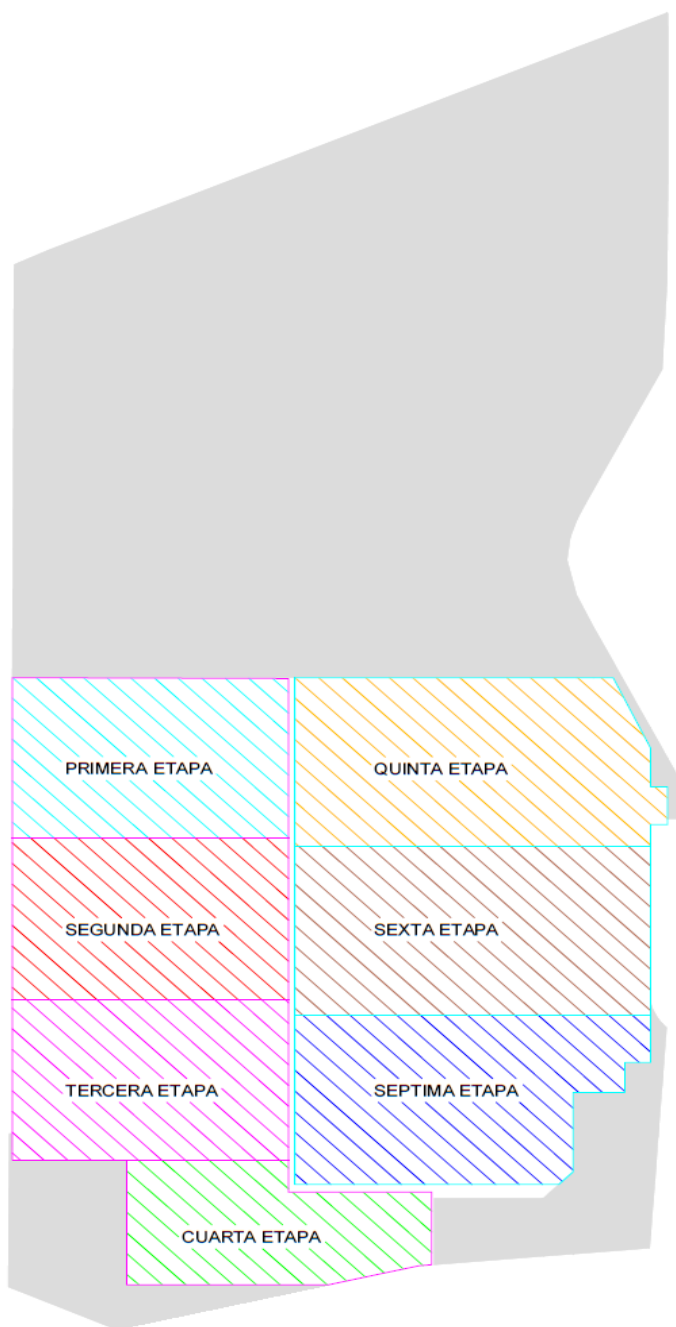


Figura 35.- Etapas de excavación.

Dado que el área por excavar será la que tiene el terreno en su totalidad, se requiere estabilizar los cortes verticales mediante un sistema de contención que garantice la estabilidad de los taludes, que se dejarán perimetralmente y la cimentación de las estructuras que se tienen en las colindancias, así como de la vía pública.

En esta zona y de acuerdo a las características de los materiales, se establece que deberá construirse un muro Milán de 50 cm de espesor para dejar taludes verticales.

Se tendrá que colocar un tablestacado temporal (de concreto armado e hincado in situ) para estabilizar la excavación entre las etapas de la estructura ligera y la estructura pesada, troquelando entre columnas de la estructura y el Muro tablestaca temporal, el cual quedara arremetido en el área de la estructura pesada para dejar preparaciones para la junta que se realizara con la estructura pesada. (Ver figura 36.1)

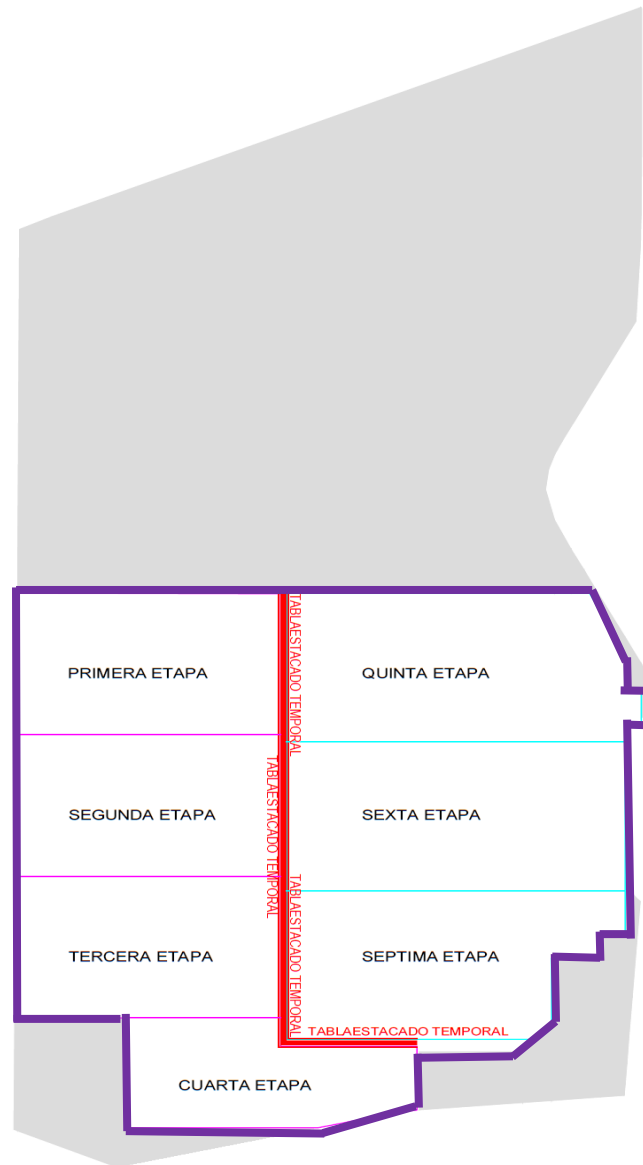


Figura 36.1- Tablestacado temporal y sembrado del muro Milán

Una vez concluida la estructura al nivel de banqueta en la primera etapa, se iniciarán los trabajos correspondientes a la segunda etapa, para proceder a la excavación y colocación de puntales en la segunda etapa.

En las figuras 36.2 a 36.6 se muestra la secuencia de las etapas de excavación, en las que se considerará dejar un talud (1.0:1.0, Horizontal: Vertical), con respecto a la etapa en construcción para estabilizar el terreno del lado donde posteriormente se continuará la excavación. Por lo que una vez

terminada la primera etapa, se procederá a iniciar la segunda etapa de excavación, así con las etapas posteriores, en donde se realizará el retiro del material y se troquelara contra la estructura que se construirá en la etapa anterior.

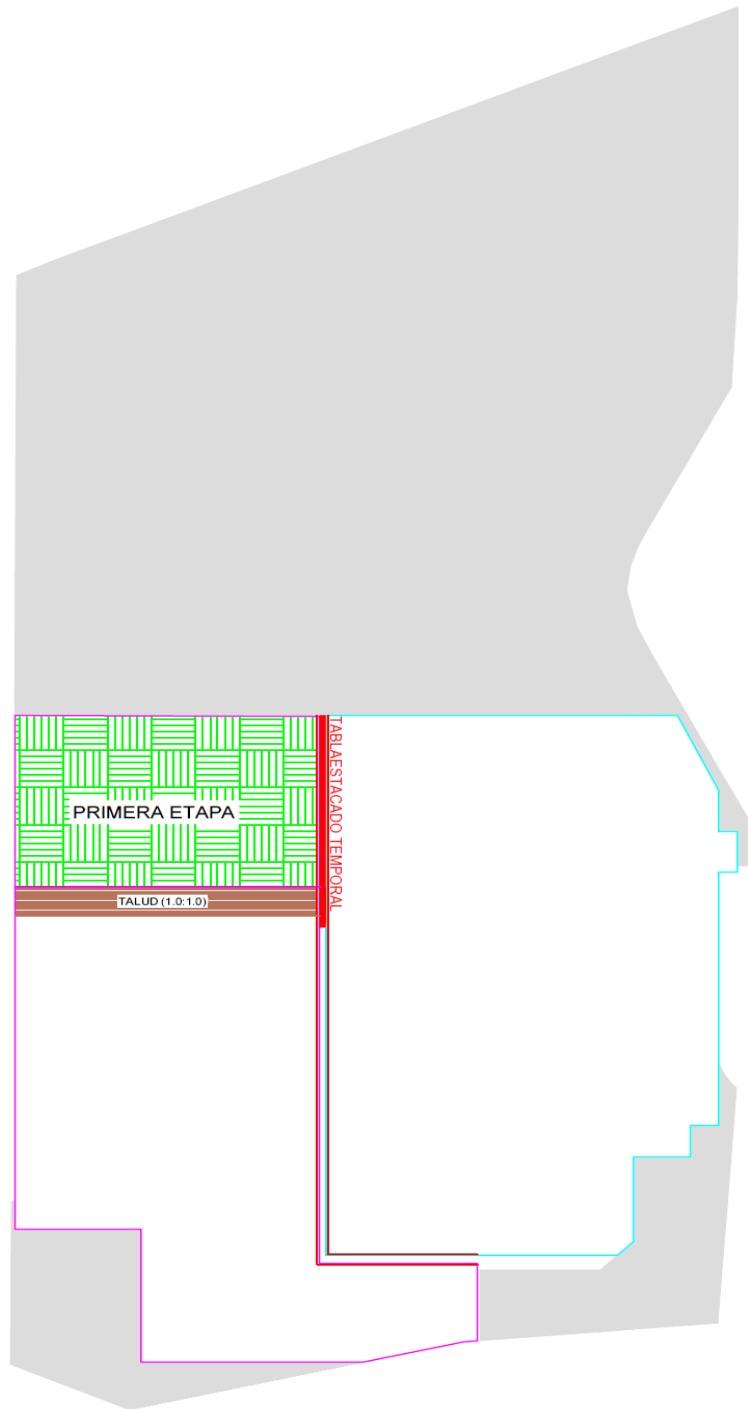


Figura 36.2- Etapa de excavación

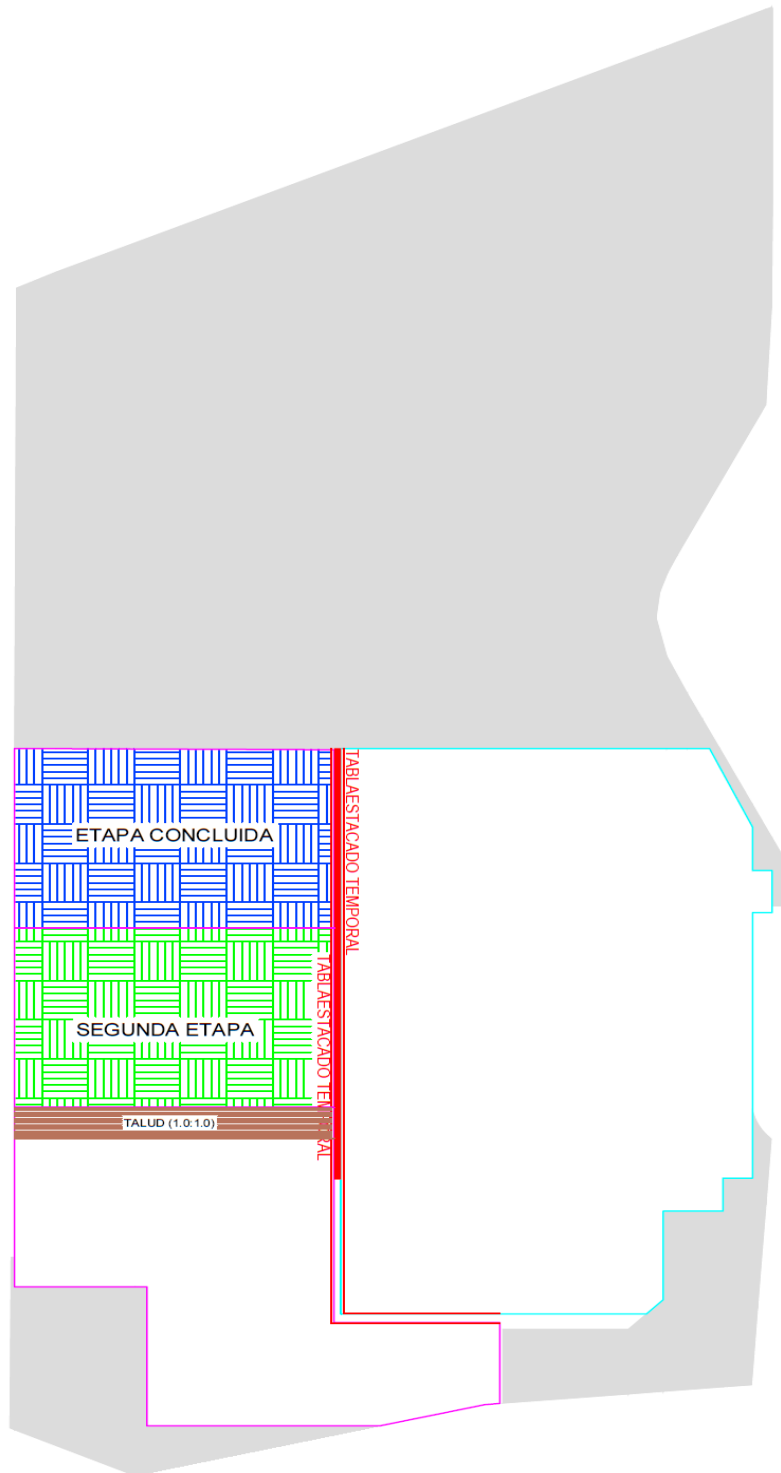


Figura 36.3- Etapa de excavación

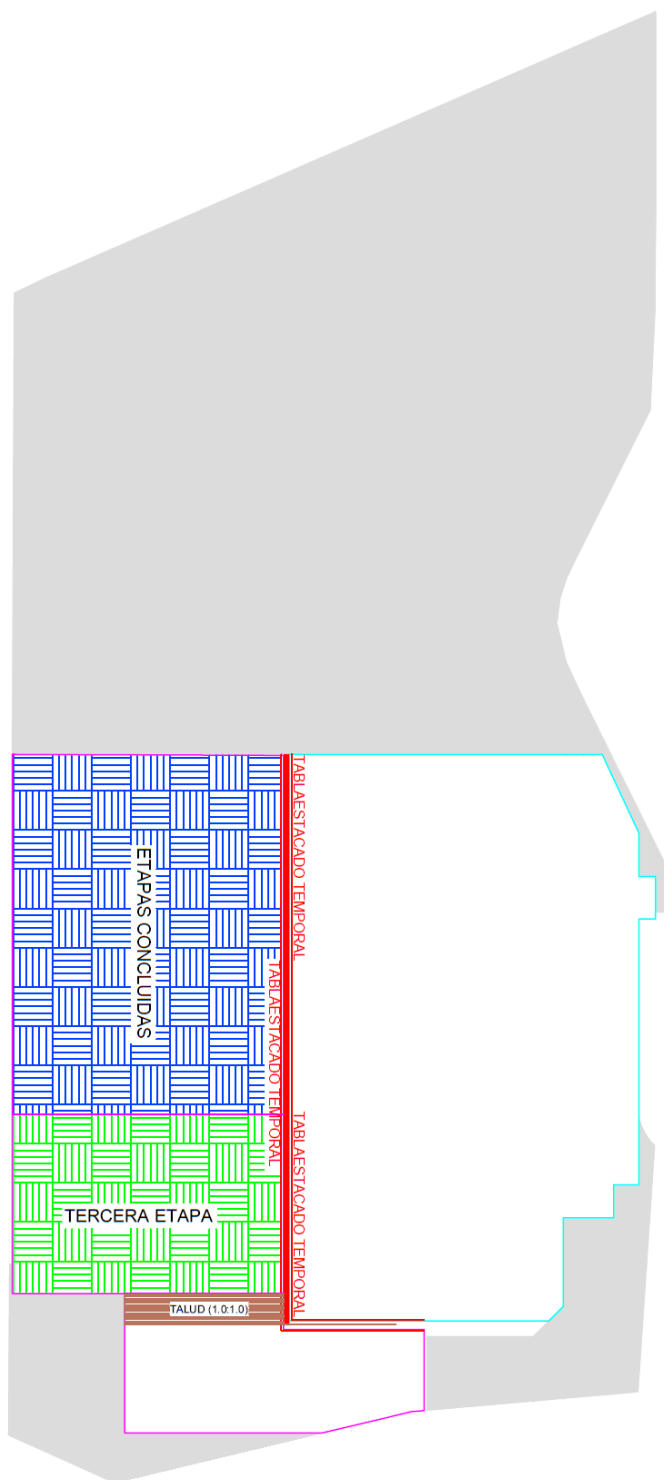


Figura 36.4- Etapa de excavación

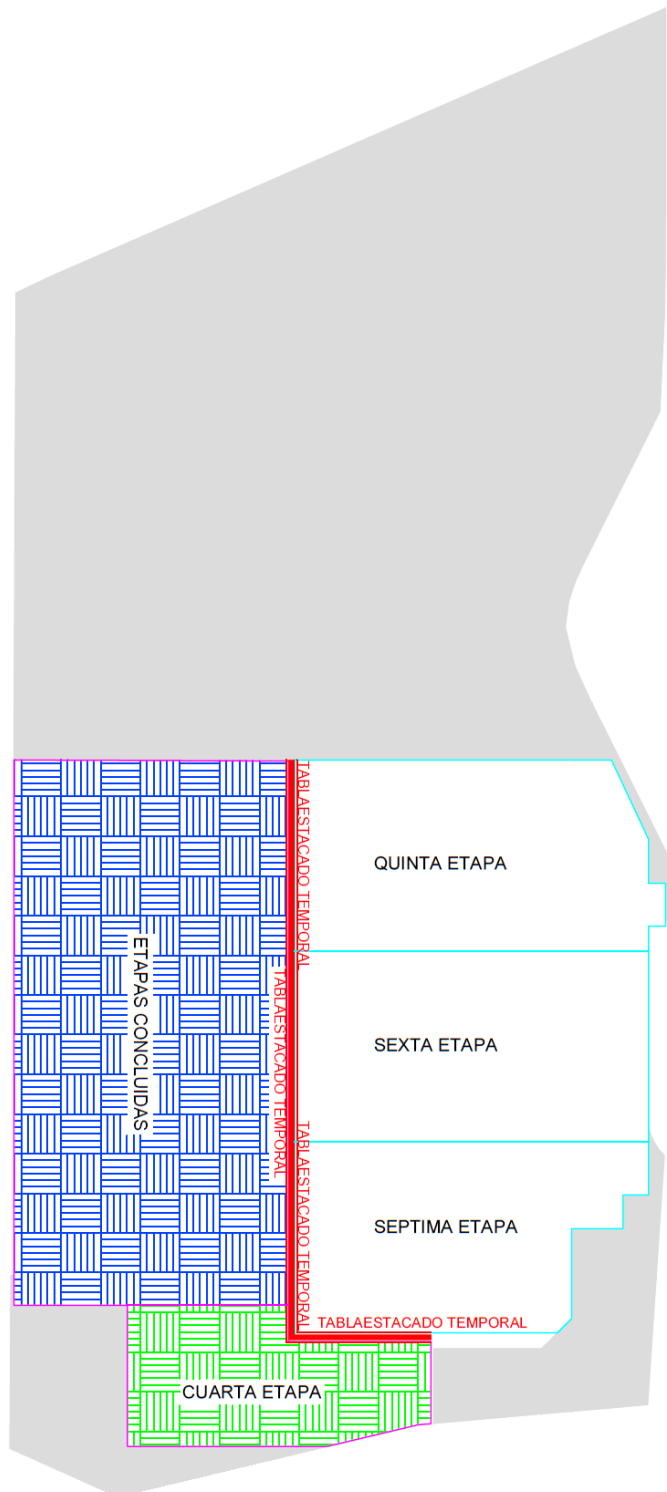


Figura 36.5- Etapa de excavación

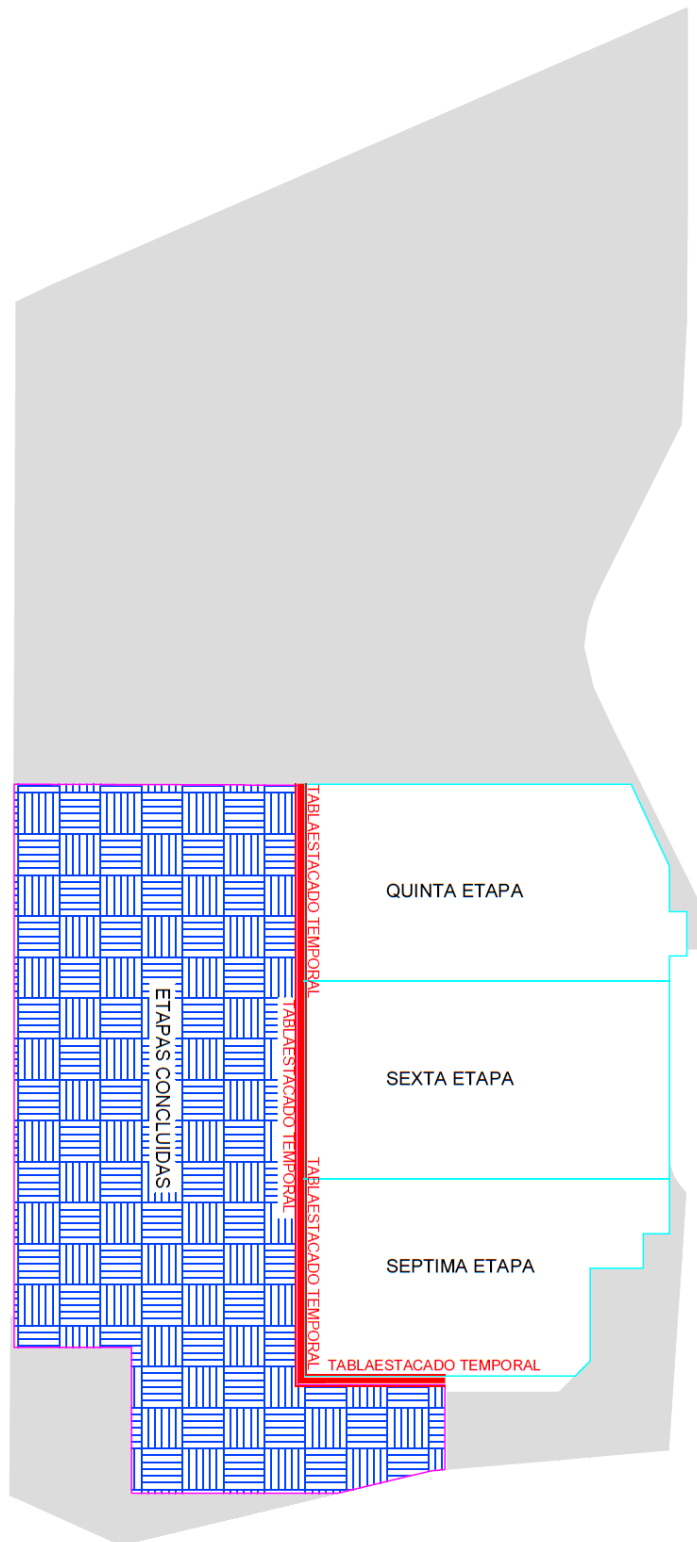


Figura 36.6- Etapa de excavación

Una vez concluidas las etapas de la estructura ligera, se procederá con las etapas para alojar el sótano en la estructura pesada, por lo que se tendrá que demoler el Muro Tablestaca para poder realizar la junta correspondiente en la losa fondo (Ver figura 36.7 a 36.10). De igual manera se considerará dejar un talud (1.0:1.0, Horizontal: Vertical), con respecto a la etapa en construcción para estabilizar el terreno del lado donde posteriormente se continuara la excavación. Por lo que una vez terminada la etapa en ejecución, se procederá a iniciar la siguiente etapa de excavación, así con las etapas posteriores, en donde se realizará el retiro del material y se troquelara contra la estructura que se construirá en las etapas anteriores.

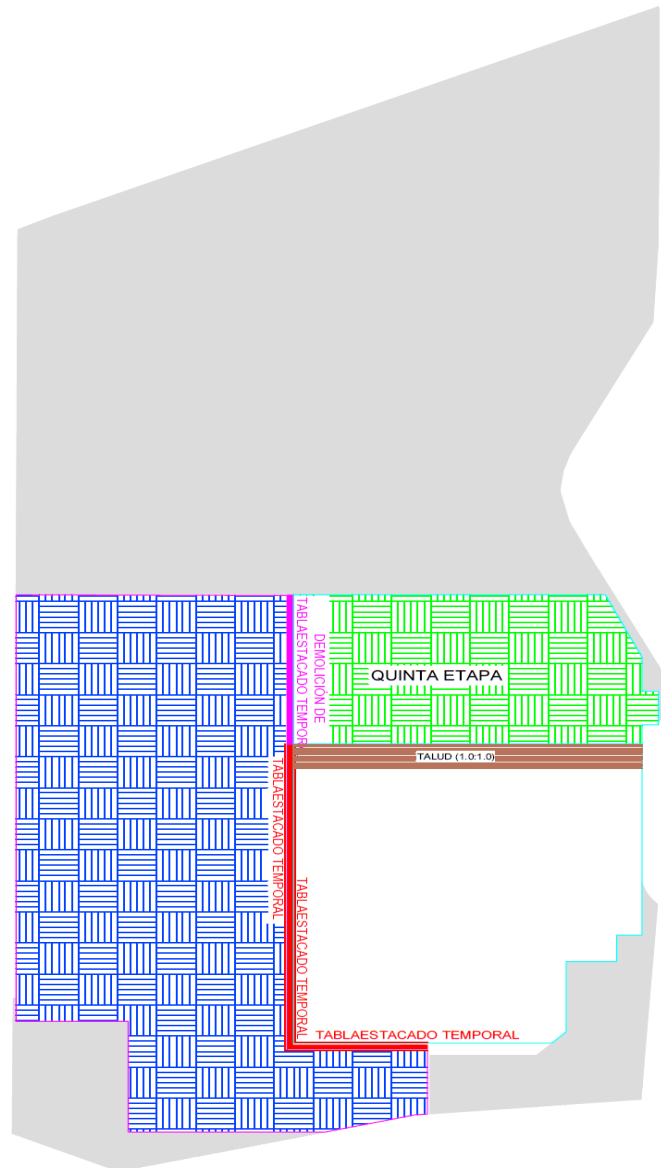


Figura 36.7- Etapa de excavación

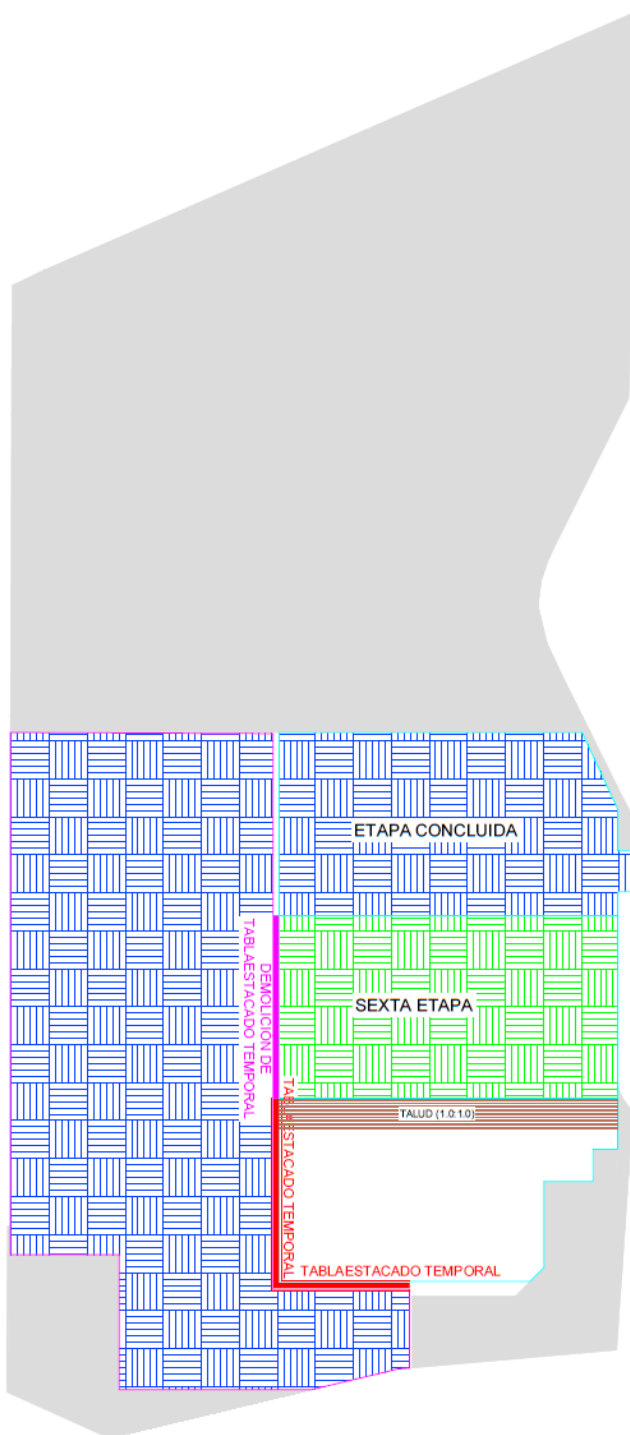


Figura 36.8- Etapa de excavación

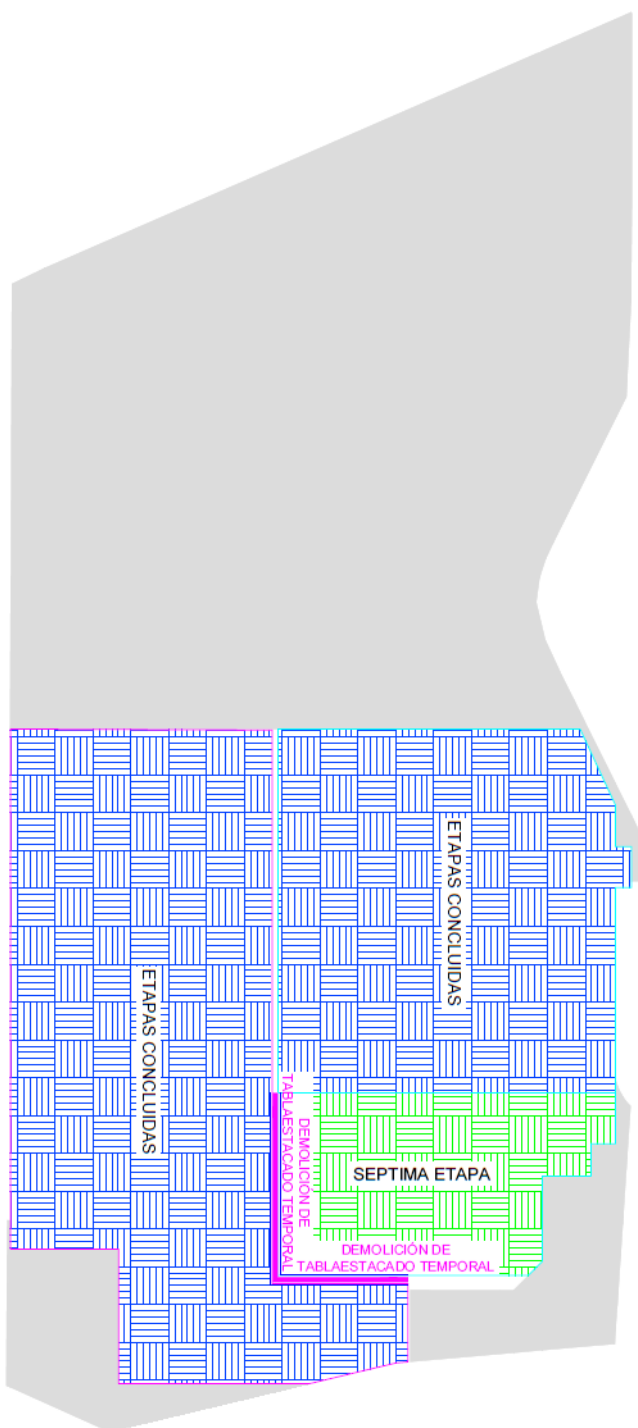


Figura 36.9- Etapa de excavación

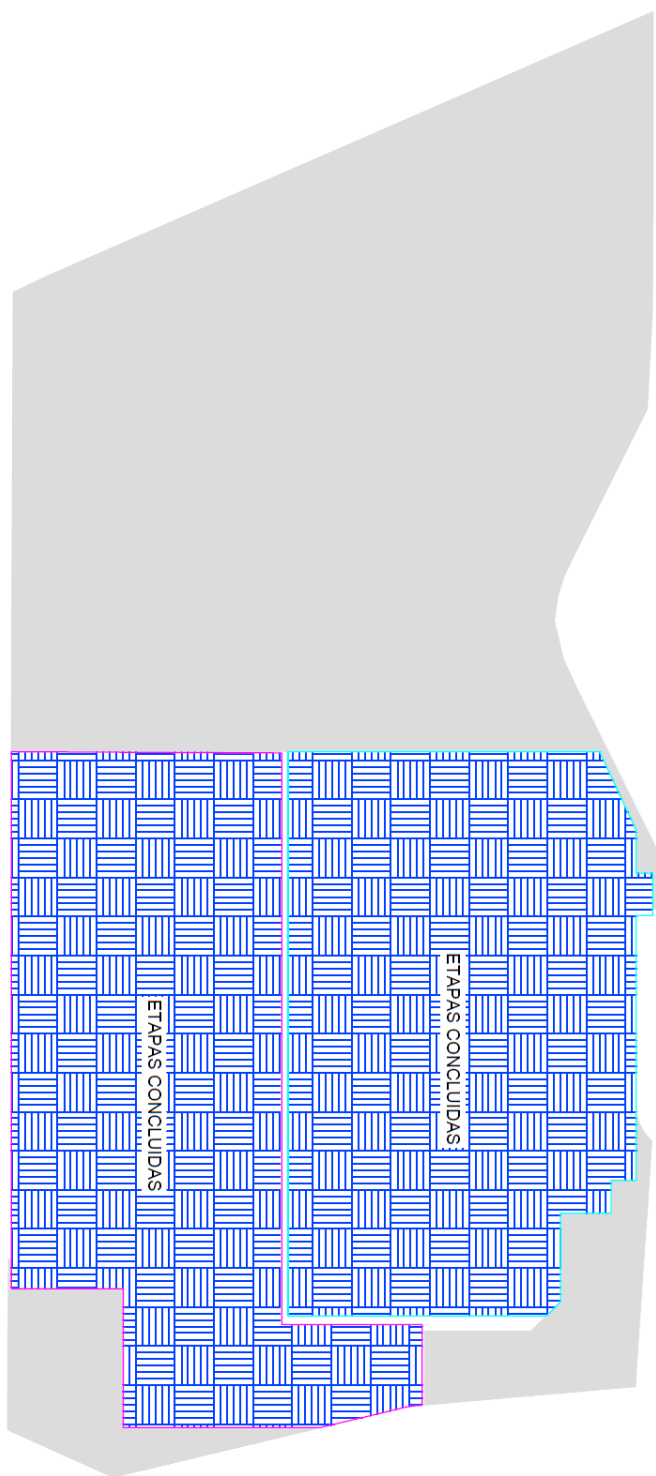


Figura 36.10- etapa de excavación



6.2.- Proceso Constructivo del Muro Milán

6.2.1.- Construcción del Brocal guía para equipo guiado

El brocal es una estructura de concreto armado, alojado en una zanja previamente hecha, cuya construcción puede ser hecha por maquinaria, siendo recomendable que se haga por medios manuales con el objeto de detectar posibles interferencias e instalaciones como son: cableado de teléfono, energía eléctrica, líneas de gas, drenaje, agua potable, etc.

El objetivo de la construcción del brocal, es proporcionar una guía que garantice la posición y verticalidad correcta del equipo guiado, durante el proceso de excavación de una de las posiciones que requiera el muro Milán, además lo anterior sirve para contener el terreno de la parte superficial, ya que durante los movimientos de la maquinaria y camiones, pueden ocurrir derrumbes.

El trazo es de vital importancia en el procedimiento constructivo ya que de este dependerá la correcta ubicación y el número de tableros por construir.

- a) Se realizará la excavación de la zanja, para muros Milán de espesor de 0.50 m, las dimensiones del brocal son 1.50 m de profundidad por 0.80 m de ancho, la profundidad puede variar según se requiera.
- b) Se procede al armado, cimbrado y colado de las partes que conforman el brocal, siendo estas: el alerón de banquetta (fijado al pavimento o terreno firme por medio de varillas a buena profundidad que garantice su inmovilidad).

6.2.2.- Excavación del tablero

La excavación se inicia una vez terminada la construcción del brocal y cuando el concreto ha alcanzado su madurez, se debe de contar con una secuencia de trabajo progresiva, ya programada de antemano, los tableros comúnmente se dimensionan con 0.50 m de espesor, longitudes entre 6.0 y 7.5 m, y una profundidad de 5.5 m, el largo mínimo que puede tener un tablero está determinado por la apertura de las quijadas de la almeja (2.50 m).

Definido el tablero a construir, se procede a realizar la excavación de las zanjas hasta el nivel de desplante según el proyecto, debiendo usar una lechada bentonítica para garantizar la estabilidad de las paredes, manteniendo el nivel constante, el cual debe ser menor a 1.0 m por debajo del borde superior de los brocales.

El uso de bentonita en la construcción del muro Milán otorga un grado de mayor seguridad y es conveniente procurar su utilización, a continuación se dan una serie de recomendaciones para la excavación:

- a) Es necesario señalar la secuencia conveniente de construcción de los tableros, para la fácil identificación, por lo que es necesario usar un plano que incluya la ubicación o despiece de todos los tableros por construir, y asignándoles un número progresivo de ejecución, en el alerón del brocal se marca la numeración de los muros, esta técnica acarrea como beneficio el conservar un orden en el habilitado y armado de las parrillas por su uso secuencial. e identificar a los tableros con posibles fallas en el procedimiento constructivo y, finalmente mantener una correcta secuencia de trabajo.



- b) Marcar el brocal las posiciones de la grúa (eje de la máquina) con el objeto de asegurar la extracción total de material, iniciando en los extremos del muro para finalizar en el centro del muro.
- c) Al señalar las posiciones de la draga o grúa, deberá inclinarse en la longitud del muro el ancho correspondiente a las juntas metálicas que se colocan para soportar la banda de PVC.
- d) Colocar la máquina sobre el terreno firme, debiendo quedar sensiblemente horizontal lo más posible, para ayudar a conservar la verticalidad del equipo guiado. Si el terreno no ofrece las condiciones para que el equipo quede a plomo, se procederá a la compensación del desnivel, rellenando la parte que produce el desnivel.
- e) Colocar taponés de madera en los extremos del muro por excavar, sellados con materia local, para evitar la fuga de la lechada bentonítica durante el proceso de excavación y colado del muro.
- f) Checar constantemente el plomo del equipo guiado, para garantizar durante todo el proceso de excavación, que las paredes queden verticales.
- g) Para evitar las deformaciones del equipo es necesario, impedir el golpe brusco de este sobre el terreno, logrando con esto eliminar los desprendimientos del propio terreno.
- h) Mantener una constante vigilancia en el funcionamiento del equipo, para lo cual es necesario revisar mangueras cables y poleas principalmente.
- i) Es recomendable la limpieza de la almeja en cada una de sus salidas de la zanja para aprovechar a su máxima capacidad el volumen de extracción del material.
- j) Con el propósito de garantizar la profundidad de desplante del muro Milán, se marcara en el Kelly del equipo, la medida necesaria, haciéndole chequeo constante mediante el uso de una sonda referida al nivel de la superficie del alero.
- k) Una vez terminada la excavación, es recomendable realizar un nuevo sondeo de la excavación terminada mediante el uso mismo de la almeja, ubicada en el nivel de desplante del muro, en cada una de las tres posiciones.
- l) Es recomendable mantener una constante limpieza en el área de trabajo para evitar accidentes.
- m) Para tener un mejor aprovechamiento del equipo, la secuencia de construcción de los tableros se efectuara de manera alternada, es decir, se construirán un tablero y se dejará un tablero intermedio sin construir, se procede a construir el tablero siguiente, así sucesivamente. Los tableros que se dejaron sin construir serán terminados de regreso, quedando intermedios entre muros con el concreto ya resistente.
- n) Es importante evitar trabajos y movimientos innecesarios de la maquinaria y equipo durante los trabajos, es decir procurar respetar en lo posible el plan de trabajo ya programado para evitar daños en los mismos y con esto no generar tiempos perdidos.
- o) En caso de fugas de la lechada bentonítica en la excavación, como consecuencias de grietas en el terreno, presencia de lentes de arena, instalaciones municipales no detectadas, etc., se procede de la siguiente manera:



I.- Si la excavación se encuentra en la primera posición, es conveniente retirar el equipo y rellenar de inmediato con material local, e informar a la supervisión para consultar al proyectista y dar una pronta solución al problema.

II.- Si la excavación se encuentra en segunda o tercera posición, se recomienda acelerar la excavación para de inmediato colar.

6.2.3 Colocación de juntas

Sin caídos

La estabilización de las paredes de una zanja excavada o excavación, depende de la misma cohesión de los suelos en que se realizan los trabajos, la profundidad de la misma y del empuje hidrostático del fluido que llena dicha perforación, si el lodo espontáneo es suficiente para estabilizar la excavación se prosigue con los trabajos; de no suceder esto y se detecten derrumbes se procederá a la colocación de lechada bentonítica sódicos o cálcicos con menos de 3.5% de arena.

Con caídos

El efecto de los caídos durante las perforaciones debe a la presencia de una capa de suelo inestable. Cuando el agregado de agua para producir lodo espontáneo no es suficiente para detener los derrumbes, ni el vaciado de lodo bentonítico; se utilizan productos estabilizantes alternativos; como es el caso de la barita que aumenta la densidad del lodo (lodo pesado) y logra estabilizar la perforación; existen otros productos como: el gel a base de polímeros mezclas de aceites con polímeros o arcillas atapulgitas (se usa en aguas de alta concentración salina).

Es necesario tener en cuenta el análisis de las fuerzas que actúan durante la construcción, así como el correcto uso de un coeficiente de seguridad, esto para tener una idea más clara del tipo de terreno que se va a trabajar.

Factores de seguridad en función de la profundidad

Profundidad de la excavación (m)	Factor de seguridad	
	Con agua	Con lodo
2.00	5.30	5.41
4.00	2.98	3.06
6.35	2.17	2.31

Esta tabla es aplicable en la ciudad de México y con arcillas que tengan una cohesión por lo menos de 3 ton/m² o más.

6.2.4.- Colocación correcta de juntas

Maniobra del lanzado de juntas. Una vez alcanzado el nivel de desplante según proyecto, se procede a colocar en los extremos de la perforación abierta, las juntas de colado, las cuales son elementos metálicos huecos de forma trapezoidal, abiertos en su parte baja (para facilitar su colocación y evitar



que floten), en cuya cara frontal lleve una ranura donde se aloja una banda de P.V.C, que quedara ahogada en el muro colado. La punta inferior debe de quedar clavada en el fondo de la perforación, por lo que debe tener la forma tipo “espada”, para evitar movimientos durante las maniobras del lanzado del armado y hacer que la junta de P.V.C. se caiga o mueva de lugar.

Estas juntas funcionan como cimbra tapón para contener el concreto del muro que se va a colar y darle la forma machihembrada al muro, que a su vez protege la banda P.V.C. en la excavación del muro complementario. Cabe mencionar que entre dos muros colados con estas juntas se construye un muro complementario, pero ya sin estas, debido a que las paredes de los muros ya existentes funcionan como cimbra y como la banda de PVC fijada. El motivo de poner bandas PVC es sellar las juntas frías que se generan entre los muros durante su construcción, y para su colocación se utilizan grúas de pluma rígida o telescópica comúnmente llamadas máquinas nodrizas. A continuación se dan una serie de recomendaciones para este trabajo:

- 1) Es necesario verificar la verticalidad de las juntas al ser introducidas, éstas siempre deben de estar a plomo.
- 2) La cara de la junta que quede en contacto con el concreto, debe de aplicársele una película de grasa para chasis o cualquier desmóldante de marca, para evitar la adherencia innecesaria con el concreto y de esta manera facilitar la su extracción.
- 3) La banda de PVC debe de quedar completamente fijada en la ranura de la junta, esto se logra retacando el espacio anular entre la ranura y la banda, con estopa alquitranada que es completamente antiadherente y a su vez evita el paso de la lechada del concreto a la ranura.
- 4) La banda de PVC nunca debe de ser perforada para su fijación o cualquier otro motivo, dado que si esto se hace no se cumpliría la finalidad que tiene dicha junta, que es evitar el paso del agua freática a través de la junta constructiva que se crea por la construcción de los muros de manera independiente.
- 5) Al retirar las juntas es menester la limpieza de estas y de todo el equipo utilizado. Con esto se prolonga su vida útil y buena conservación.

6.2.5.- Colocación del armado

Maniobra del lanzado del armado, estando las juntas en su posición correcta (en caso de muros que lleven), se procederá a la colocación del acero de refuerzo o parrilla de refuerzo como se le conoce, ésta maniobra también la realiza una grúa nodriza, a continuación se dan una serie de recomendaciones para los trabajos del lanzado del armado:

- a) Se debe programar con detalle, la secuencia de construcción de los tableros, y por consiguiente el armado de las parrillas correspondientes. El armado de las parrillas siempre debe de estar adelantado respecto a la excavación y no tener tiempos muertos por esto.
- b) Debido a que el armado de la parrilla de acero no es simétrico en ambas caras, es necesario al finalizar el armado, identificar perfectamente ambas caras para su correcta colocación.



c) Es necesario realizar una constante revisión de soldadura, en tensores y orejas de izaje. Es necesario contar con soldadores calificados para este importante trabajo.

d) Es elemental contar con el número suficiente de estrobos con la medida adecuada, balancín de izaje para el armado no sufra deformaciones indeseadas o ruptura de la soldadura durante el levante y lanzado.

e) Es importante fijar correctamente la parrilla de armado, ya que esta no debe quedar asentada en el fondo, es decir debe de quedar suspendida en el nivel correcto, con esto se evita que descansa en el fondo o que flote el armado durante el colado, deberá anclarse al brocal colocando barras transversales apoyadas en orejas de acero previamente coladas en el brocal que impidan los movimientos ya mencionados.

f) Es requisito la colocación de roles de concreto en la distribución correcta y el número exacto (en ambas caras y fijados con pedacería de varilla), para un buen desplazamiento de la parrilla a lo largo de la excavación, estos también sirven de separadores, evitando que el acero quede sin recubrimiento de concreto y sea atacado por los agentes corrosivos de las sales minerales presentes en el agua freática, para que los roles funcionen las paredes de la excavación deben ser suficientemente resistentes, para que los roles giren sin hundirse para garantizar el centrado correcto se pueden utilizar roles más grandes o en su caso utilizar centradores de P.T.R , que serán retirados una vez terminado el colado o antes de ser posible.

g) Durante el anclaje de las parrillas, es necesario etiquetarlas para no perder la programación establecida y su secuencia de uso, es frecuente utilizar un armado en una perforación que no le correspondía, siendo el armado más chico que esta y generando el problema de tener un armado grande de sobra.

6.2.6.- Colado del elemento

Una vez que la parrilla ha sido colocada, centrada y nivelada en su posición correcta, se procede al colado, este se realiza por el método Tremie descrito en la construcción de pilas y para no ser reiterativos, solo se dará una secuencia resumida de dicho procedimiento y las recomendaciones:

a) Colado con tubo Tremie. Siempre el colado de los muros Milán se realiza por el método Tremie, debido a que se realizan bajo lechada bentonítica, siendo los siguientes puntos a cuidar:

- 1.- El diámetro de la tubería debe ser entre 20 y 30 cm (8 y 12 pulgadas).
- 2.- La longitud de los tramos de tubería será de 3 m como máximo.
- 3.- La tubería debe ser lisa por dentro y por fuera, para que el concreto fluya libremente y evitar atoramientos en el armado.
- 4.- Las uniones entre los tramos deben ser herméticas, es decir no se permitirá que la lechada bentonítica penetre a través de ellas.
- 5.- Las cuerdas de cada tramo de tubería deben de estar en perfecto estado para facilitar las maniobras de acoplado y desacoplado, son recomendables las cuerdas de listón o trapezoidales.
- 6.- Debe emplearse dos líneas de colado para cada tablero de muro Milán, cuya longitud sea, tal que el extremo inferior quede a una distancia no mayor de 30 cm del fondo de la zanja.



7.- Antes de iniciar el colado se colocara un tapón deslizante (diablo) dentro de cada línea de colado que puede ser una pelota de vinil, o de poliestireno, que impida la contaminación del concreto con la lechada bentonítica al inicio del colado.

8.- El extremo inferior de las líneas de colado permanecerán ahogadas en el concreto cuando menos 1.50 m (5 o 6 diámetros, dependiendo del que se use).

9.- El concreto debe tener agregado máximo de 19 mm (3/4") y un revenimiento de 18 ± 2 cm.

10.- El colado deberá de realizarse de manera continua evitando lapsos de espera prolongada que provoque taponamientos en la tubería por el fraguado inicial del concreto.

6.2.7.- Recomendaciones para el colado

1.- Siempre se debe de contar con suficientes balones de látex o diablos de reserva y para colados nocturnos, de no contar con esto se puede artificial una bola de papel (costales de cemento o bentonita que es muy resistente).

2.- En medida que el concreto es vaciado el nivel de éste en la excavación aumenta y esto provoca que el concreto se desplace con dificultad, por lo que es necesario recortar tubería, esto debe de realizarse con las debidas precauciones y teniendo cuidado de no sacar la parte inferior de la tubería del concreto ya que esto provocaría que el concreto se contamine.

3.- Si teniendo la longitud de tubería mínima y el concreto no fluye, es necesario provocar una serie de movimientos repetidos y verticales de arriba hacia abajo o "chaqueteo", este se realiza por medio de la maquina nodriza, pero también puede ser efectuando por un malacate, esta maniobra evita también que la tubería quede atrapada en el concreto.

4.- El vaciado del concreto debe de realizarse de manera alterna y pausada, entre las dos líneas de colado, para mantener una distribución uniforme del concreto y evitar taponamientos durante el colado.

5.- Es necesario contar con una bomba de lodos activa durante el colado, ya que al ser depositado el concreto éste desplaza al agua o lodo hacia fuera de la zanja por arriba del brocal regándose y provocando incomodidades durante los trabajos.

6.- Es necesario llevar un control del colado, midiendo en forma permanente la variación del nivel de la superficie del concreto a lo largo del tablero y anotarlo en un registro apropiado, esto permite asegurar un llenado homogéneo a los niveles de proyecto y a su vez el retiro oportuno de los tramos de tubería.

7.- Para verificar los niveles de excavación y vaciado de concreto en un muro, es conveniente usar sondas con "buzo", esto es un alambre con un trozo de placa en el extremo que sirve de lastre.

8.- Al término del colado es necesario mover las juntas de colado, esto puede hacerse ya iniciado el primer fraguado (fraguado inicial) en el lapso de la primera hora. Se recomienda obtener testigos del concreto vaciado para saber cuándo el concreto empieza a fraguar y efectuar los movimientos de despegue de las juntas metálicas, es importante contar con varios pares de juntas, por si se da el caso que algunas se queden pegadas y su recuperación tenga que realizarse tiempo después, cuando se realice la excavación del tablero intermedio (el que no requiere de juntas metálicas).



6.3.- Procedimiento constructivo de pilas

A continuación se describe el procedimiento constructivo para la perforación y colado que se deberá efectuar en pilas:

1.- Con ayuda de la brigada de topografía, se deberá localizar el centro y posición exacta para cada pila de la cimentación y realizar su trazo.

2.- El equipo de perforación deberá emplear brocas helicoidales con alabes y elementos de ataque adecuados para la perforación. Previo a los trabajos de inicio de perforación, deberán construirse sus respectivos brocales. También es necesario verificar la verticalidad del equipo de perforación con el objeto de garantizar que la perforación se realice en forma adecuada.

3.- La construcción de los brocales en cada una de las pilas tiene la finalidad de verificar el trazado correcto de las pilas y contener los materiales superficiales.

4.- Las perforaciones donde se ubicaran cada una de las pilas, se realizarán con un diámetro de 10 cm mayor al diámetro de proyecto de las mismas, hasta el nivel de desplante con respecto al nivel de banqueta.

5.- Se procederá a realizar la perforación de las pilas en estado seco, hasta la profundidad de 3.2 m, que es donde se encuentra el nivel freático; una vez que la perforación pase el nivel freático, será necesario la utilización de lodo bentonítico para estabilizar las paredes de la perforación y así tratar de evitar el exceso de materiales caídos dentro de la excavación.

6.- Se inspeccionarán por un ingeniero especialista si los materiales del subsuelo existentes a la profundidad de desplante corresponden a los materiales considerados en los análisis para el diseño de pilas.

7.- Una vez que se concluye la perforación con la máquina, se realizará la limpieza del fondo de la excavación para eliminar todo material suelto, empleando un bote desazolvador, el que se meterá tantas veces como sea necesario; posteriormente se verificará con una sonda que la profundidad de desplante sea la especificada.

8.- El armado se introducirá a la perforación momentos antes de realizar el colado y después de haber realizado la limpieza necesaria de todo material suelto, con sus separadores correspondientes para un correcto centrado dentro de la perforación.

9.- Después de introducir el armado, se procede a colar la pila con brevedad, empleando un tubo de colado tipo "Tremie", manteniendo su punta 0.5 m por arriba del nivel de máxima excavación, con el fin de evitar la segregación del concreto.

10.- El colado será continuo y con el procedimiento "Tremie", deberá llevarse a una altura de 0.6 m mínimo arriba del nivel de lecho inferior de las contratrabes, con objeto de tener concreto de buena calidad en la unión de dichos elementos y evitando su contaminación, para lo cual, después de terminar el colado, se verificará con una sonda la profundidad a la que se coló la pila.



11.- La punta inferior del tubo irá ascendiendo conforme avance el colado, de tal manera que ésta permanezca dentro del concreto, durante todo el colado, con el propósito de no contaminarlo; una longitud recomendable es de 1m.

12.- Se deberá llevar un registro del volumen del concreto vaciado a la perforación, el que se cotejará con la ubicación de la misma.

13.- El colado se suspenderá una vez que el nivel tope de colado tenga la altura correspondiente de +0.60 m con respecto al nivel de lecho inferior de las contratrabes con el propósito de descabezar hasta el nivel de lecho inferior de las contratrabes y garantizar un concreto sano libre de contaminantes.

14.- Se recomienda usar concreto con revenimiento de $20 \text{ cm} \pm 3.5 \text{ cm}$.

15.- Se llevará un registro de la localización de las pilas (entre eje y eje), las dimensiones de las perforaciones, las fechas de perforación y colado, la profundidad y los espesores de los materiales encontrados y las características del material de apoyo. Así como de aquellas anomalías o eventualidades presentadas durante la ejecución de los trabajos realizados.

La colocación del concreto en la perforación ya realizada, que en común buscan evitar su segregación, por medio de tubería de conos, segmentadas, llamadas comúnmente trompas de elefante o por medio de tubos tremie, el concreto se vacía directamente de la olla revolvedora al cono. Éste debe fluir libremente por lo que se tiene que cumplir con el revenimiento especificado y en un intervalo de tiempo adecuado entre olla y olla (2 horas a lo máximo).

Además de los requisitos de calidad que deben cumplir los agregados y demás materiales que intervienen en la fabricación del concreto, deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

Tamaño del agregado. Es importante para que el agregado pase libremente entre el armado de acero y logre un verdadero acomodo en todo lo largo de la perforación, se recomienda que el tamaño máximo de los agregados no sea mayor de 2/3 partes del paso libre entre vuelta y vuelta del acero transversal y del espesor del recubrimiento o lo que resulte menor de ambos.

Revenimiento. Se recomienda un revenimiento de $20 \text{ cm} \pm 3.5 \text{ cm}$, además del empleo de aditivos tanto para retardar el fraguado durante el colado como para mejorar las características de fluidez. Es importante no suspender el colado con el fin de evitar la creación de juntas frías.

Aditivos. Se recomienda el uso de aditivos retardantes que pueden ser útiles en ciertos casos de emergencia, los cuales deben de contar con dos horas de retraso antes de que el concreto inicie su fraguado. Además, es recomendable el uso de un fluidizante para mayor acomodo del concreto a lo largo de toda la pila. El aditivo que es recomendable en todos los casos es el que procura la mínima utilización de agua.

Una vez coladas las pilas se procederá a efectuar la excavación del sótano, como se indica a continuación.

6.4.- Alternativa de excavación con sistema Top-Down

Considerando que el nivel de piso terminado del sótano se encuentra en la cota -4.00 m con respecto al nivel de terreno actual, y considerando una sobre excavación de 30 cm para alojar a la losa de fondo, siendo así que el nivel de máxima excavación será de -4.30 m de profundidad. Se propone una cimentación mixta empleando cajón de cimentación por proyecto y complementado con pilas de punta y fricción desplantadas a 38.00 m de profundidad entre los ejes $0S$ y $10S$ y a 42.00 m de profundidad entre los ejes $11S$ y $16S$, con respecto al nivel de banqueta, contemplando un empotramiento de 2 metros en el estrato resistente

Inicialmente se efectuará un corte de 0.8 m de espesor, esto para retirar los materiales de relleno de mala calidad que existen sobre el predio. (Ver figura 37)

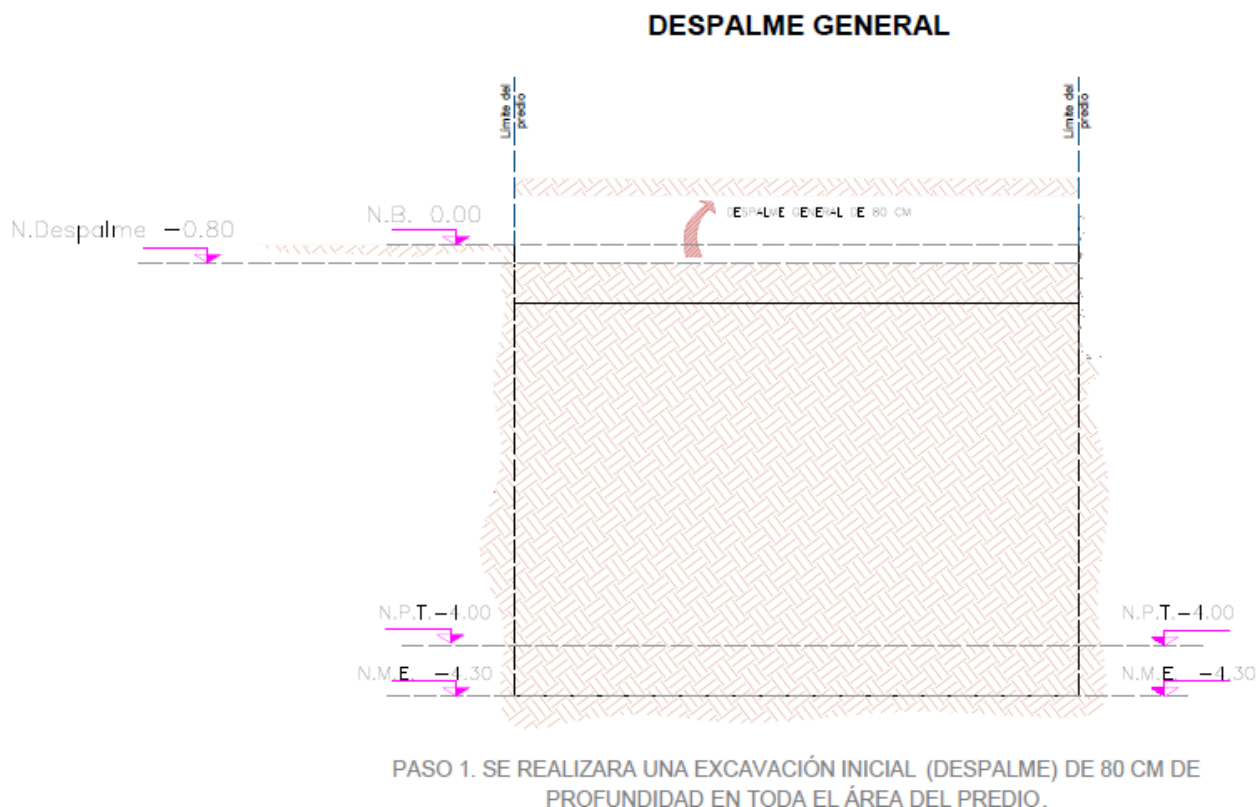


Figura 37.- Despalme inicial

- ◆ Previo a la excavación de la primera etapa, deberá instalarse y operar el sistema de bombeo, así como construir el muro Milán, y se tendrá que efectuar una excavación de 80 cm para retirar materiales de mala calidad con respecto al nivel de piso terminado de la Mega.
- ◆ Se construirá una plataforma de apoyo para el equipo de excavación del muro Milán.
- ◆ El sistema de bombeo se iniciará dos semanas antes de la excavación

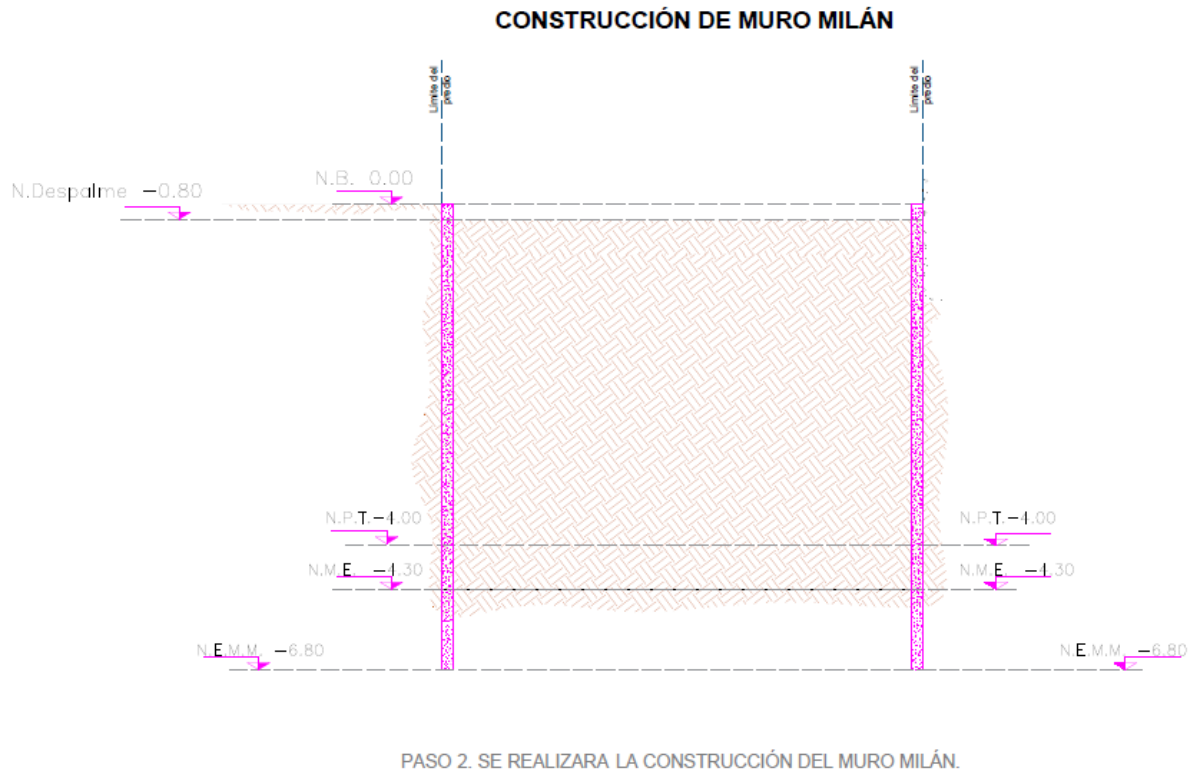
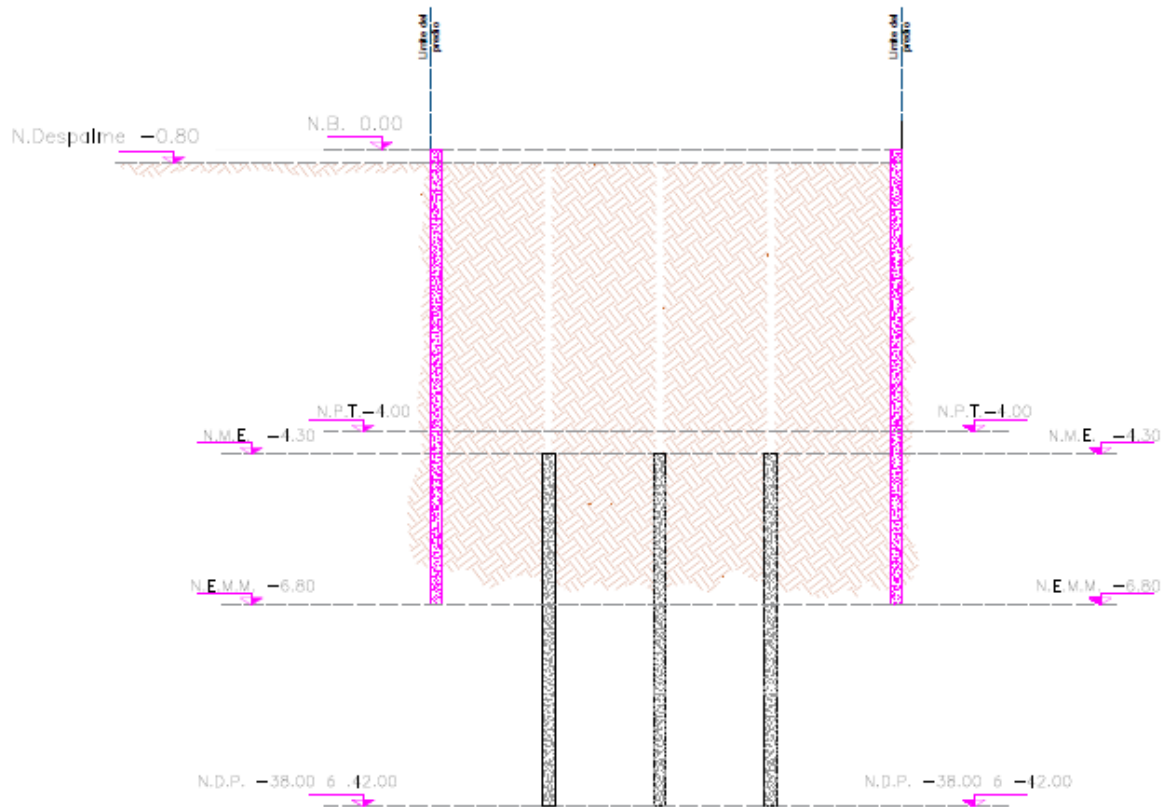


Figura 38.- Colado de muro Milán

Posteriormente se realizara la perforación con maquinaria para habilitar armados y colar las pilas centrales y laterales, desplantadas a 38.00 m de profundidad entre los ejes 0S y 10S y a 42.00 m de profundidad entre los ejes 11S y 16S, con respecto al nivel de banqueteta, contemplando un empotramiento de 2 metros en el estrato resistente, dejando una longitud adicional en la sección que conformará la cabeza de la pila para cuando se realice el descabece y unión con el cajón de cimentación garantizando la longitud efectiva de diseño. (Ver figura 39)

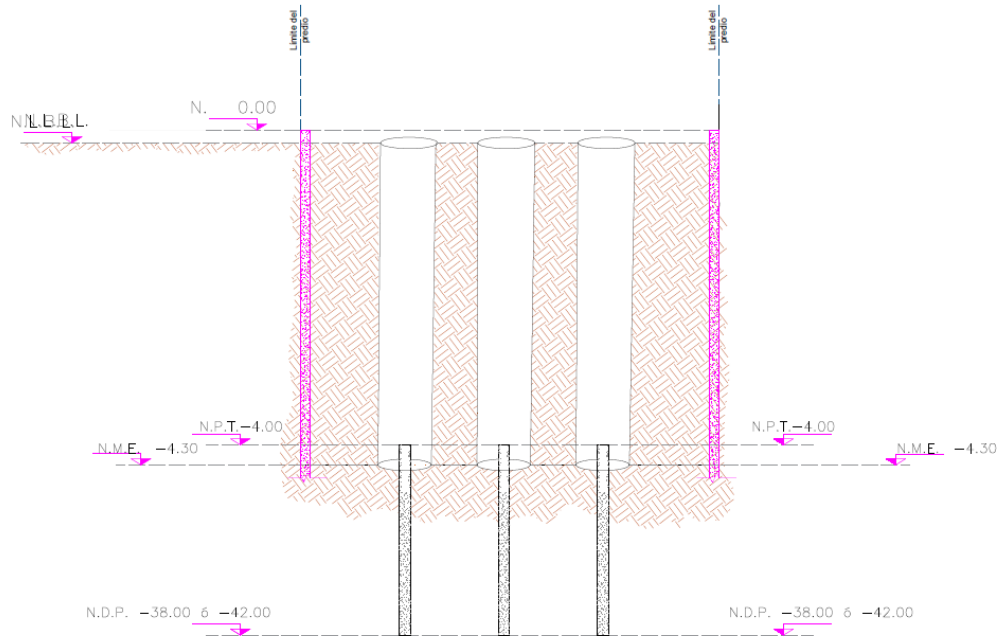


PASO 3. SE REALIZARAN TRABAJOS DE PERFORACIÓN Y COLOCACIÓN DE PILAS A NIVEL DE -38.00 m ó -42.00 m CON RESPECTO A NIVEL DE BANQUETA.

Figura 39.- Habilitado y colado de pilas

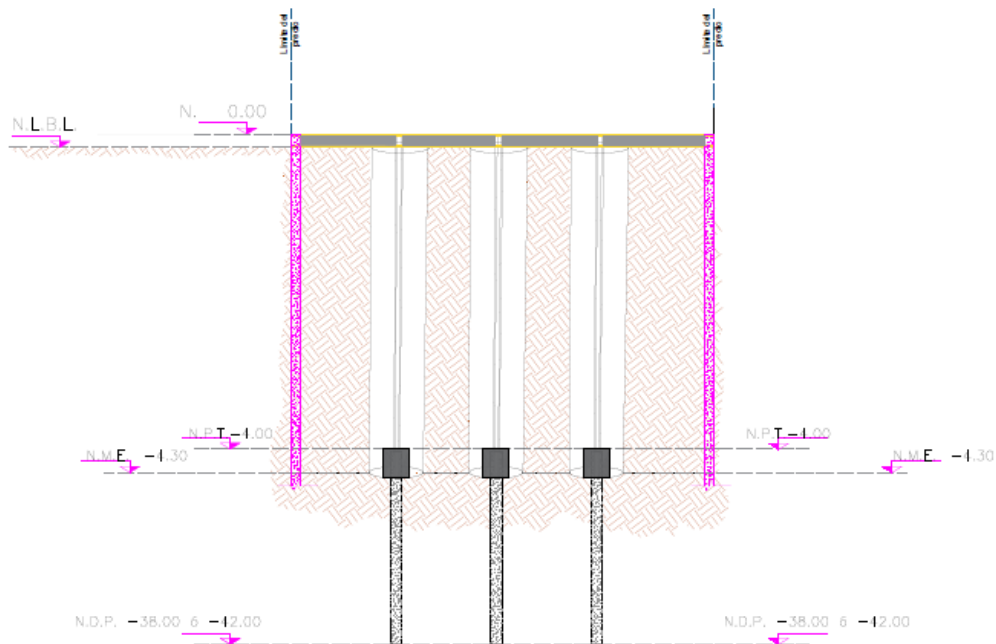
A continuación, se tendrán que realizar lumbreras para realizar los trabajos necesarios (figura 40) y ligar las pilas con la columna estructural mediante la habilitación de un dado estructural en el que se dejaran los preparativos para la losa fondo y las contratraves (figura 41).

EXCAVACION DE LUMBERAS



PASO 4. UNA VEZ COLADAS LAS PILAS , SE PROCEDERA A LA EXCAVACIÓN DE LUMBRERAS LAS CUALES LLEGARAN HASTA EL NIVEL DE MAXIMA EXCAVACION.

Figura 40.- Excavación de lumberas



PASO 5. LLEGANDO A NIVEL DE MAXIMA EXCAVACIÓN, SE PROCEDERA A ABRIR CAJAS PARA HABILITAR Y COLAR DADOS EN EN LAS PILAS DEJANDO LAS PREPARACIONES EN ESTE PARA HABILITAR Y COLAR LOSAS Y CONTRATRABES POSTERIORMENTE.

Figura 41.-Habilitado de dados

La excavación se hará en forma horizontal, y conforme se vaya profundizando la excavación se colocará un nivel de troquelamiento entre el Muro Milán y las columnas estructurales al nivel propuesto de -2.60 m como se observa en la figura 42.

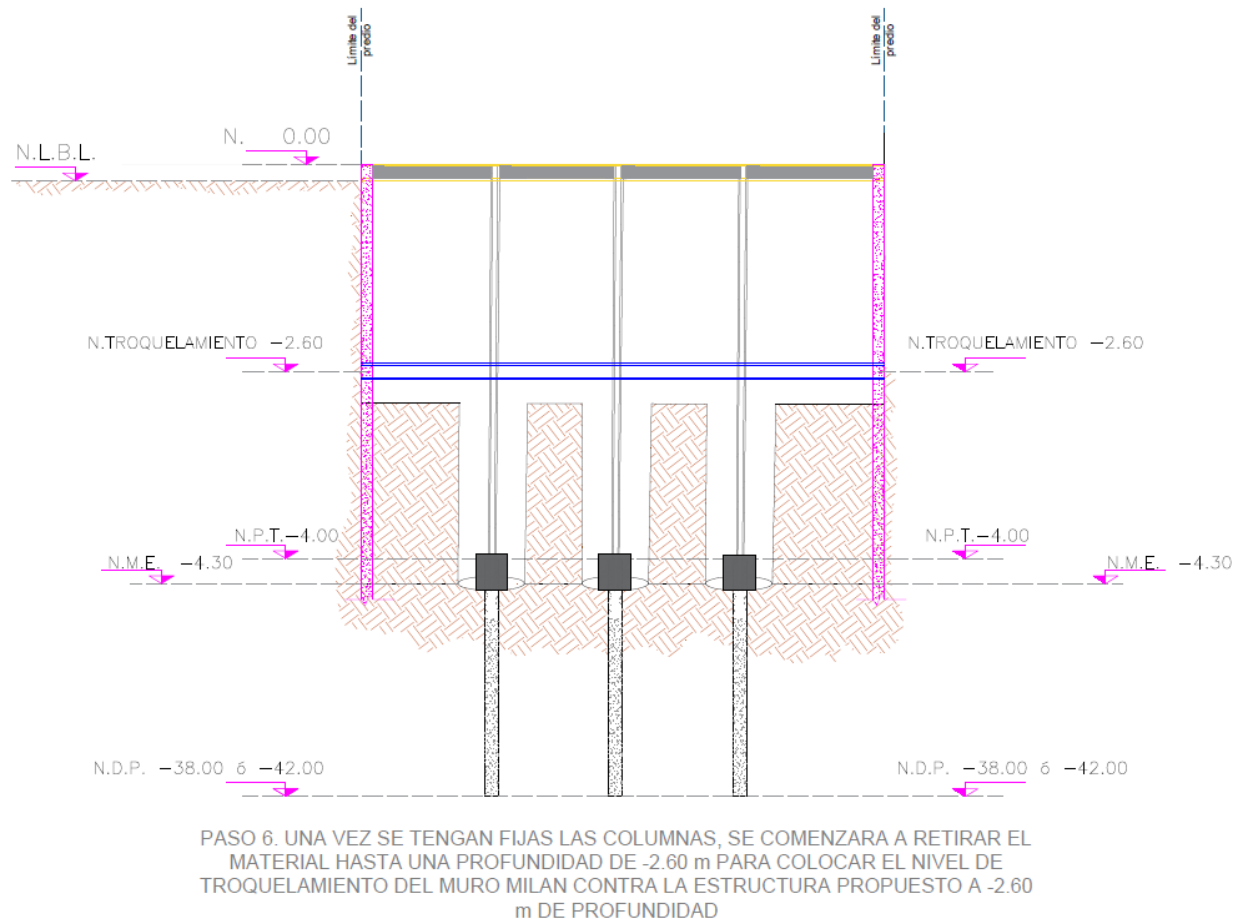


Figura 42. Colocación de troqueles

A continuación, se excavará el terreno hasta el nivel de máxima excavación (-4.3 m) compactando el terreno natural al 90% de su P.V.S.M. según la prueba AASHTO estándar, procediendo a la colocación de una plantilla de concreto pobre de 5 cm de espesor para nivelar el terreno. (Ver figura 43)

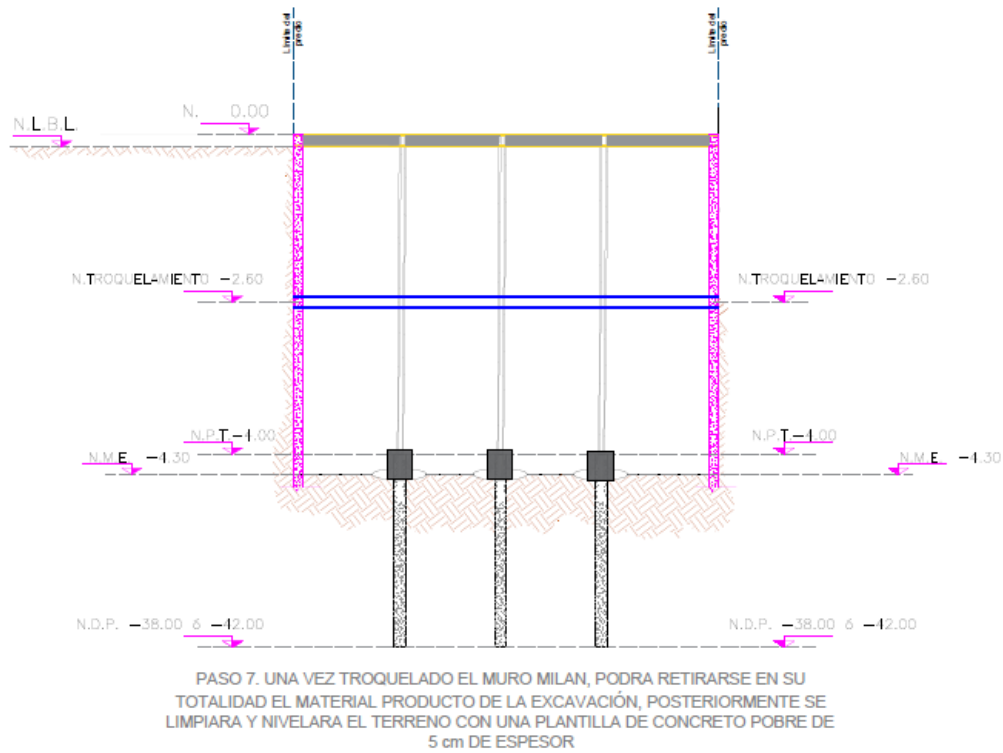


Figura 43. Preparación del fondo de la excavación

Por último, se realizarán las cepas para alojar las contratraves de la losa y en secuencia el colado de contratraves y losa fondo. (Ver figura 44).

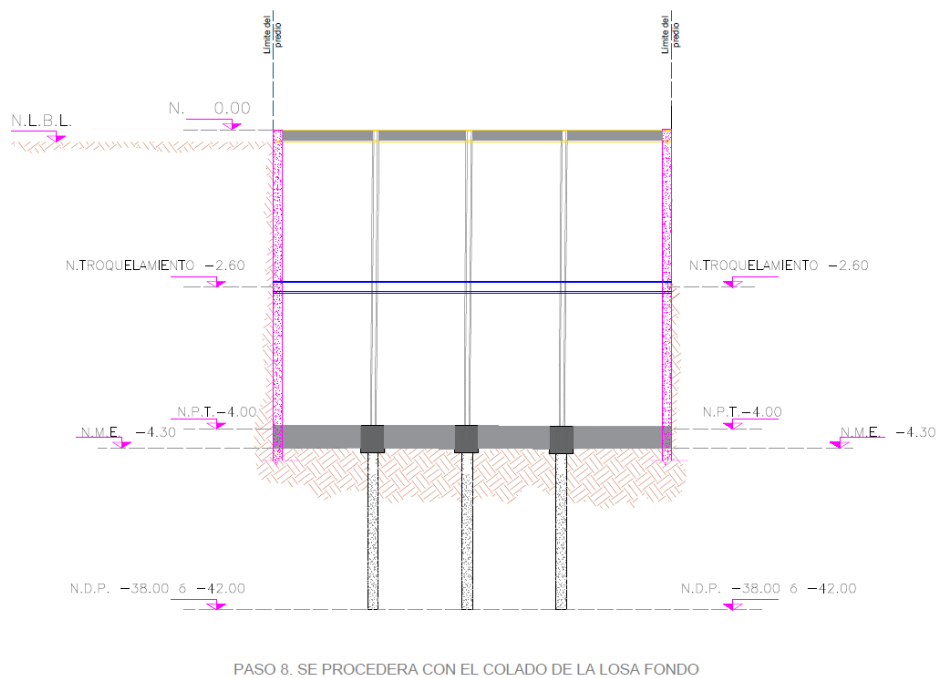


Figura 44.- Colado de las contratraves y losa fondo



El fondo de la excavación, antes del colado de la losa de fondo, se protegerá colocando una plantilla de concreto pobre de 5cm de espesor, para evitar alterar el suelo de apoyo durante las maniobras de construcción.

Se continuará con la excavación de las zanjas para alojar las contratrabes, mediante taludes verticales; enseguida se colará la plantilla de concreto simple, de 5 cm de espesor y después del fraguado de la misma, se procederá a efectuar el colado de las contratrabes, dejando las preparaciones necesarias para la liga estructural con la losa de piso del sótano, según las indicaciones del proyecto estructural.

Veinticuatro horas después de coladas las contratrabes, se procederá a colocar el armado y colado de la losa de piso del último sótano.

Durante el colado de la losa de piso deberá construirse un muñón o segmento de muro estructural, debiendo dejarse ahogada en él una banda PVC, para formar la junta de colado y evitar futuras filtraciones, de acuerdo con el detalle estructural correspondiente. Asimismo, en la construcción de cada etapa deberá realizarse en la losa, la junta de construcción respectiva, según el detalle estructural correspondiente y considerar un aditivo impermeabilizante.

Considerando que el cajón de cimentación tendrá un nivel de desplante a -4.3 m de profundidad con respecto al nivel de piso terminado de la Mega y que el nivel freático se encuentra a -3.20 m de profundidad con respecto al nivel de piso terminado de la Mega, deberá considerarse la aplicación de un impermeabilizante XYPEX o equivalente a la losa y los muros que formaran el cajón de cimentación.

Se continuará con la construcción de la estructura.

6.5.- Sistema de retención

Se recomienda el sistema de Muro Milán, y debe considerarse lo siguiente:

- Construcción de brocales de 15 cm a ambos lados de lo que será el Muro Milán, y que servirá de guía; como especificación es necesario que la profundidad mínima de los brocales sea de 1.50 m.
- Los Muros Milán serán de 50 cm de espesor, con módulos variables entre 2.5 y 7.08 m, desplantados a 6.80 m, y que las barbas de acero en la parte superior sobresalgan del brocal por lo menos 50 cm.
- La almeja de excavación tienen una abertura hasta de 2.50 m, se excavarán las partes extremas del módulo de ataque y posteriormente la franja central del módulo atacado.
- Conforme se excave se irá vaciando lodo bentónico con el fin de mantener la estabilidad de las paredes de la excavación.
- El espacio perdido por Muro Milán será de 15 cm de brocal + 50 cm de Muro Milán resultando 80 cm, por lo que se puede eliminar el Muro de sótano, únicamente habrá que considerar que se requerirá amartelinar y aplanar la superficie expuesta del Muro Milán para proporcionarle una apariencia adecuada, o bien podrá adaptarse una cimbra para dejar una superficie lo más uniforme posible.

- Las juntas del Muro Milán serán entre 2.5 y 7.08 m y su tratamiento se efectuará mediante un tubo de diámetro igual al espesor del muro.
- Con este sistema se tendrán pequeñas fugas al que se le dará un tratamiento adecuado tomando en cuenta que el NAF se encuentra a 3.20 m, con respecto al nivel de piso terminado de la Mega.

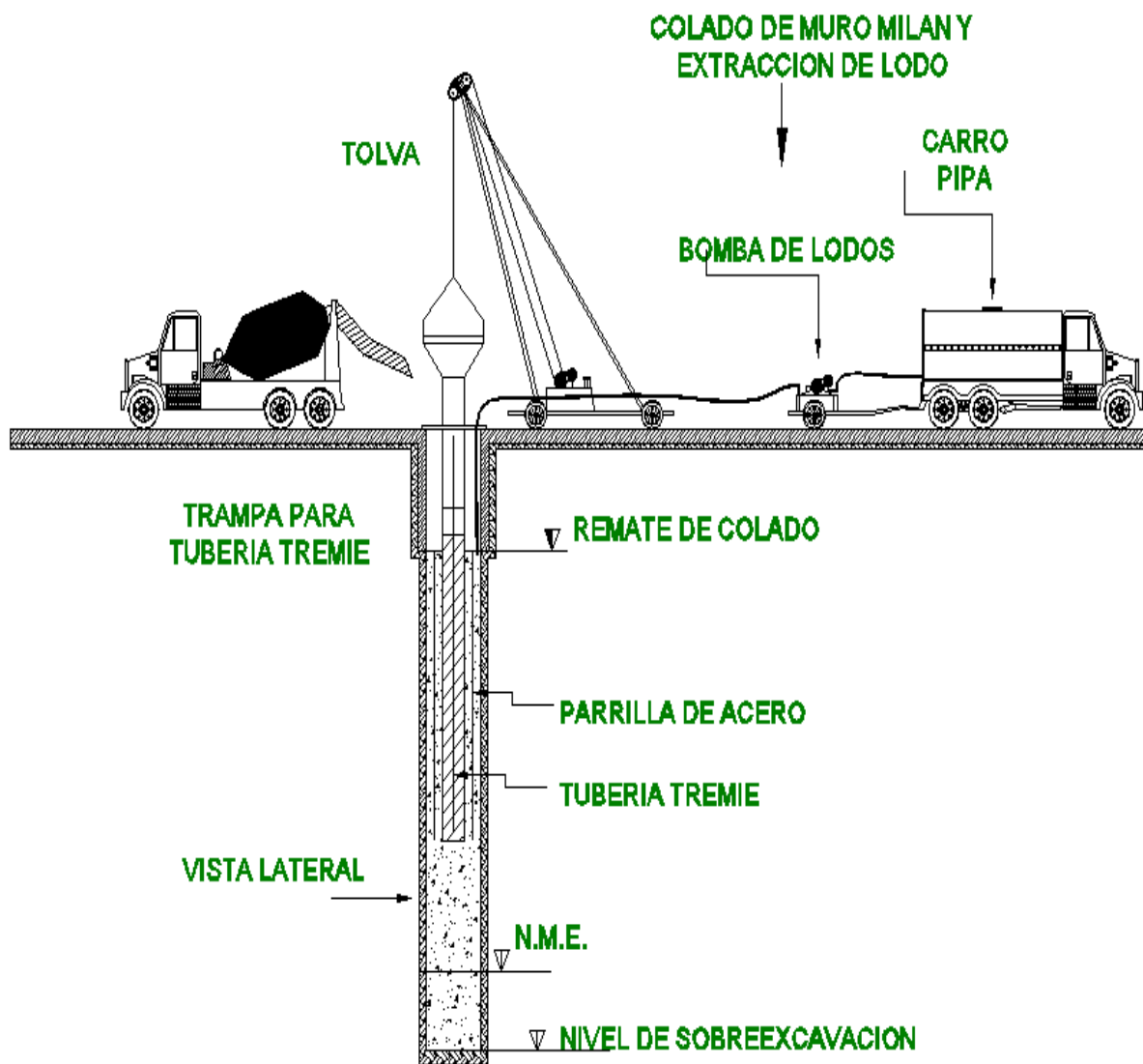


Figura 45.- Colado de muro Milán.

Ventajas

- Menor vibración provocada por los equipos al subsuelo
- Requiere menos troquelamiento
- Tratamiento de fugas con inyecciones.
- Se recomienda utilizar troqueles metálicos de 15" de diámetro con precarga.



Desventajas

- Se dificulta el anclaje de traveses y losas en sótano y cimentación.
- La apariencia no es perfecta.
- Manejo de lodos bentoníticos.

En el Muro Milán se pueden dejar los armados de traveses y columnas embebidas en el mismo, protegido con poliestireno para posteriormente desdoblarse y traslapar colocando un refuerzo especial en esta zona.

6.6.- Proceso de construcción de muro Milán.

La secuencia constructiva recomendada es la siguiente: 1) construcción de brocales guía; 2) excavación de tableros; 3) estabilización de la perforación con lodo bentonítico; 4) colocación de armaduras; 5) juntas con tubos metálicos; y 6) colado del muro con tubería Tremie.

6.6.1.- Muros guía (pre trinchera) o Brocales.

Se recomienda construir un brocal de una altura de 1.5 m y de un ancho de 0.80 m. Algunas de las funciones que tiene la construcción de los elementos son las siguientes:

- ◆ Permite marcados y nivelaciones.
- ◆ Sirve de apoyo para las maniobras (tubo de junta, armaduras).
- ◆ Sirve de reserva de lodo al principio de la perforación.
- ◆ Asegura la estabilidad del suelo en superficie.
- ◆ Sirve de guía a los equipos de excavación.

6.6.2 Fluido para excavación (Lodo bentonítico).

Será necesario implementar en obra una planta de lodos o un proveedor que suministre el volumen mínimo por tablero. El lodo bentonítico será reciclable, después del colado del muro se hará pasar por una planta desarenadora previamente instalada. El volumen recuperado será aproximadamente del 60% que podrá usarse en el muro subsecuente.

Otra opción es que durante el colado del muro se tengan pipas de la capacidad suficiente para acarrear fuera de la obra el lodo extraído durante el proceso de colado. Para la elaboración del lodo, se deberá contar con una toma de agua que aporte un gasto mínimo del volumen de cada tablero; o en su defecto suministrar agua tratada en pipas.

Lodos de polímeros. Sirven como fluidos estabilizadores de la excavación con algunas ventajas sobre los lodos con bentonita; químicamente se trata de polímeros orgánicos de poliácridamida que forman moléculas grandes en cadena constituidas por un mismo grupo de partículas o moléculas del mismo material; al mezclarse con agua obtiene rápidamente cualidades estabilizadoras por su habilidad aniónica, con un peso volumétrico de 1.04t/m^3 . Los fabricantes de este tipo de productos manifiestan que fácilmente pueden alcanzar una viscosidad Marsh de 40 segundos cuando el agua tiene un PH variable entre 8 y 10.



También mencionan como ventajas que es fácil de transportar, en general 20 litros de polímero sustituyen una tonelada métrica de bentonita. Es interesante aclarar que estos lodos no forman costra en la pared de la excavación ya que el polímero se infiltra y une las partículas por atracción iónica. La densidad de este tipo de lodos se puede incrementar agregándole sulfato de bario y bentonita cálcica o sódica.

Los fabricantes de polímeros los presentan con distintas propiedades, algunos como producto biodegradable y no contaminante que permite formar un lodo que facilita realizar una obra con gran limpieza y puede ser desalojado directamente al drenaje público sin contaminarlo.

Nombre	Dosificación	Aditivo recomendable
Super Mud	1.25 lt para 1m ³ de agua	Bicarbonato de sodio
Federal Summit FSF 2000	-----	Sal de cloruro de potasio
Drill Mate	3 kg para 1 m ³ de agua	-----

POLÍMEROS USUALES EN MÉXICO

6.6.3.- Selección del equipo de perforación.

De conformidad con la profundidad de las zanjas y las características del suelo, se define cual es el equipo más adecuado para la excavación. En nuestro caso se recomienda utilizar una almeja hidráulica guiada. Esta máquina consta de una almeja operada hidráulicamente fijada a una barra metálica deslizante llamada Kelly que sirve de guía y control de la verticalidad del sistema.

Estos equipos van montados sobre dragas de 45 o más toneladas de capacidad y puedan alcanzar profundidades del orden de los 30 m; la cantidad de camiones de volteo deben ser suficientes para sacar fuera de obra el material producto de la excavación.

6.6.4.- Perforación o excavación de zanjas.

Desde inicio de la excavación debe inyectarse lodo para evitar la socavación de la boca de la trinchera. Al sacar la herramienta con suelo, debe evitarse la caída de detritus y dejar escurrir el lodo sobrante en la zanja. Otro aspecto importante durante la excavación de la trinchera es cuidar la verticalidad de la herramienta de excavación, evitando desviaciones o inclinaciones en la trinchera, garantizando la verticalidad del muro.

No se debe dejar la trinchera totalmente excavada y estabilizada por mucho tiempo, no más de 24 hrs., antes de colar el muro. Se recomienda que la excavación se realice como sigue: primero se excavan las porciones laterales y finalmente la central, con el propósito de lograr simetría y conservar la verticalidad.

6.6.5.- Colocación del armado.

Los aceros especiales y verticales deben dejar entre sí un espacio libre de 10 a 15 cm para el paso del concreto. Con objeto de garantizar una buena envoltura lateral, las armaduras tienen un ancho inferior al de la pared en unos 10 cm aproximadamente. Son necesarios centradores (rodillos o patines) y elementos de izado (asas, rigidizadores) para manipular y posicionar la armadura. Una vez colocada la parrilla se debe amarrar al brocal por medio de unas orejas, para evitar su flotación durante el colado.



6.6.6.- Maniobras de izaje:

Esta maniobra es muy importante en el proceso de construcción de muro Milán y debe realizarse tratando de evitar la deformación de la parrilla de acero. Debe contarse con un balancín, que sujete al armado en varios puntos a la vez. Con este aditamento será introducido en la zanja cuidando que no quede asentada en el fondo de ella, es decir, debe mantenerse suspendida en el nivel correcto. Para evitar el efecto de flotación del esfuerzo que frecuentemente se presenta durante el proceso de colado, deberá anclarse al brocal colando barras transversales apoyadas en orejas de acero previamente colocadas en el brocal, que impida el movimiento ascendente del armado.

6.6.7.- Centrado del acero de refuerzo.

En este caso es recomendable el uso de centradores tubulares (patines) hechos con base de perfiles PTR de 4" x 3". Se colocaran en la zanja apoyados en el brocal antes de proceder a instalar el armado y serán extraídos al momento de terminar el colado o antes si este se ha retrasado por algún imprevisto y ya se ha iniciado el fraguado del primer concreto vaciado.

Terminada la excavación del primer tramo se introducen los tubos junta, de sección circular o trapecial, ligeramente inferior al ancho de la excavación. Llevada la excavación hasta su máxima profundidad de proyecto se colocarán las juntas metálicas; una por cada extremo que delimitan la longitud del muro, el largo de la junta será como mínimo 1.0 m mayor a la profundidad de desplante del muro; estos elementos tienen la función de formar el machimbre entre muros.

Para el manejo de estas piezas se utilizara una grúa con pluma. En la extracción de estas piezas se puede utilizar el mismo tipo de equipo pero además con patesca.

Se hace el colado con una tubería Tremie (columna de vaciado o trompa) bajo agua o lodo. La operación de vaciado no debe ser interrumpida: debe hacerse en una sola operación.

Se tardara a menudo el fraguado del concreto (en 10 horas como máximo) y se usan cadencias elevadas (hasta 50 m³/h de rendimiento). Más allá de 5 a 6 m de abertura, el concreto tiene poca fluidez horizontalmente y deben preverse 2 columnas.

El tubo debe llegar hasta 20 o 30 cm arriba del fondo de la excavación, para vaciar la primera carga de concreto, antes de realizar el primer vaciado debe colocarse un tapón (pelota) en el interior del tubo para que se empujado por el concreto, desaloje el lodo y sirva como seguro para evitar la penetración del lodo.

A continuación se mencionan algunos puntos importantes de este procedimiento:

- ◆ El diámetro de la tubería debe ser entre 8" a 12" y su longitud será de 3 m como máximo. Deberá ser lisa por dentro y por fuera para que el concreto fluya libremente y evitar atoramiento en el armado.
- ◆ Las uniones entre los tramos deben ser herméticas, no se permitirá que el lodo o agua penetre a través de ellas. Las cuerdas de cada tramo de tubería deben estar en perfecto estado para facilitar las maniobras de acoplado y desacoplado. Son recomendables las cuerdas de listón o trapecoidales.



- ◆ Antes de iniciar el colado se colocara un tapón deslizante dentro de cada línea de colado que puede ser pelota de vinil, o de poliestireno, que impida la contaminación del concreto con el lodo o agua al inicio del colado.
- ◆ El extremo inferior de las líneas de colado permanecerá ahogadas en el concreto cuando menos 1.5 m.
- ◆ El concreto debe ser con agregados de 19 mm como máximo y revenimiento de 18 + 2 cm.
- ◆ El colado deberá realizarse de manera continua evitando lapsos de espera prolongada que provoquen taponamientos en la tubería por el fraguado inicial del concreto.

6.6.8.- Juntas.

Se observa un croquis de los elementos que comúnmente se emplean para moldear las juntas de los tableros del muro Milán, para lograr el machihembrado entre ellos. Son piezas generalmente metálicas que constan de un cuerpo tubular de sección rectangular, de ancho igual al muro Milán, que sirve de respaldo y rigidizador a la parte de la junta que deja una huella en el concreto del tablero. Esta parte es trapezoidal y en algunos casos tiene un pequeño canal para alojar una banda de PVC usada como sello entre tablero y tablero.

Se aclara que estas juntas se emplean en tableros alternados. Se instalan inmediatamente después de terminar la excavación y antes de que se coloque el acero de refuerzo. Su extracción debe realizarse al concluir el colado, es importante determinar el momento en que es conveniente moverlas tomando en consideración el fraguado del concreto ya que pueden quedarse atrapadas cuando el concreto se endurece o bien provocar que el concreto fluya hacia el hueco que deja la junta cuando se le levanta si aún no tiene la resistencia adecuada.

Se recomienda obtener testigos de fraguado de cada olla que se vacíe y cuidar el tiempo en que presente su fraguado inicial. En este momento se podrá mover ligeramente la junta para despegarla, repitiendo esta operación hasta que el concreto tenga auto-soporte y sean retiradas las juntas.

6.6.9.- Machihembrado contra infiltraciones.

En varias zonas es factible que se presenten filtraciones entre juntas de muros; dependiendo de la aportación, se podrán “calafatear” o inyectar y se tratarán conforme se vaya excavando el núcleo y descubriendo muros.

6.7.- Sistema de bombeo

La forma más económica de controlar la estanqueidad de la excavación con este tirante de agua es por medio de abatimiento del nivel freático con un sistema de bombeo profundo. El sistema recomendado es con pozos de bombeo a base de bombas con electroniveles.

El objeto del bombeo profundo es trabajar en seco y controlar las expansiones durante la excavación y en el proceso de construcción de la cimentación, es necesario abatir el nivel freático, hasta una



profundidad de 8.50m en la periferia y de 9.50 m en los pozos centrales. El nivel dinámico del agua en los pozos perimetrales se mantendrá a 8.50 m de profundidad y a 9.50 m en los pozos centrales.

En caso de no efectuarse se tendrá como consecuencia complicaciones en el proceso constructivo y el excedente de bombeo trae como resultado posibles asentamientos en la periferia, por lo que será necesario cuidar este aspecto con las recomendaciones establecidas a continuación y efectuar un abatimiento con un sistema de bombeo profundo, pues a mayor profundidad dentro del nivel freático mayor presión se genera en el fondo de la excavación.

- Será necesario implementar un sistema de bombeo mediante pozos perforados a 15 m con respecto al nivel de la banqueta. Su ubicación será en toda el área evitando se interseque con algún elemento estructural.
- Los pozos tendrán un diámetro de 30 cm (12") y se perforarán con máquina rotatoria, equipada con broca del tipo de aletas o broca ahuer, inyectando agua a presión como fluido de perforación no se utilizarán lodos bentoníticos.
- Alcanzada la profundidad especificada se lavará el pozo, hasta que el agua de retorno salga limpia (*libre de lodo o arena*)

Posteriormente, en la perforación se colocará un ademe ranurado, formado por un tubo de PVC de 15 cm (6") de diámetro interior y sostenido por una armadura formada por 3 ángulos de $\frac{3}{4}$ por $\frac{1}{8}$. El ranurado será en toda su longitud, excepto en los 2.0 m superiores, y las ranuras serán de 1 mm de ancho, espaciadas 10 cm entre sí.

- El espacio anular entre el ademe y la pared del pozo se rellenará con gravilla de tamaños variables entre 5 y 10 mm, bien graduada (confitillo) de tamaño máximo que ocupe el área que se tenga entre la pared de la perforación y el ademe; para evitar que el material del filtro pase al interior del ademe, se deberá colocar una malla de mosquitero o fieltro de 300 g/m^2 alrededor del ademe.

Dentro del ademe se instalarán bombas de tipo eyector de 1" x 1 1/4" operadas a una presión de 4 kg/cm^2 o bombas sumergibles eléctricas de $\frac{1}{2}$ caballo; el nivel de succión de las mismas estará a 12 m de profundidad para los pozos interiores y en los de la periferia a 11 m, medidos con respecto a la superficie del terreno. El detalle de los pozos de bombeo profundo, se muestra en la fig. 46.

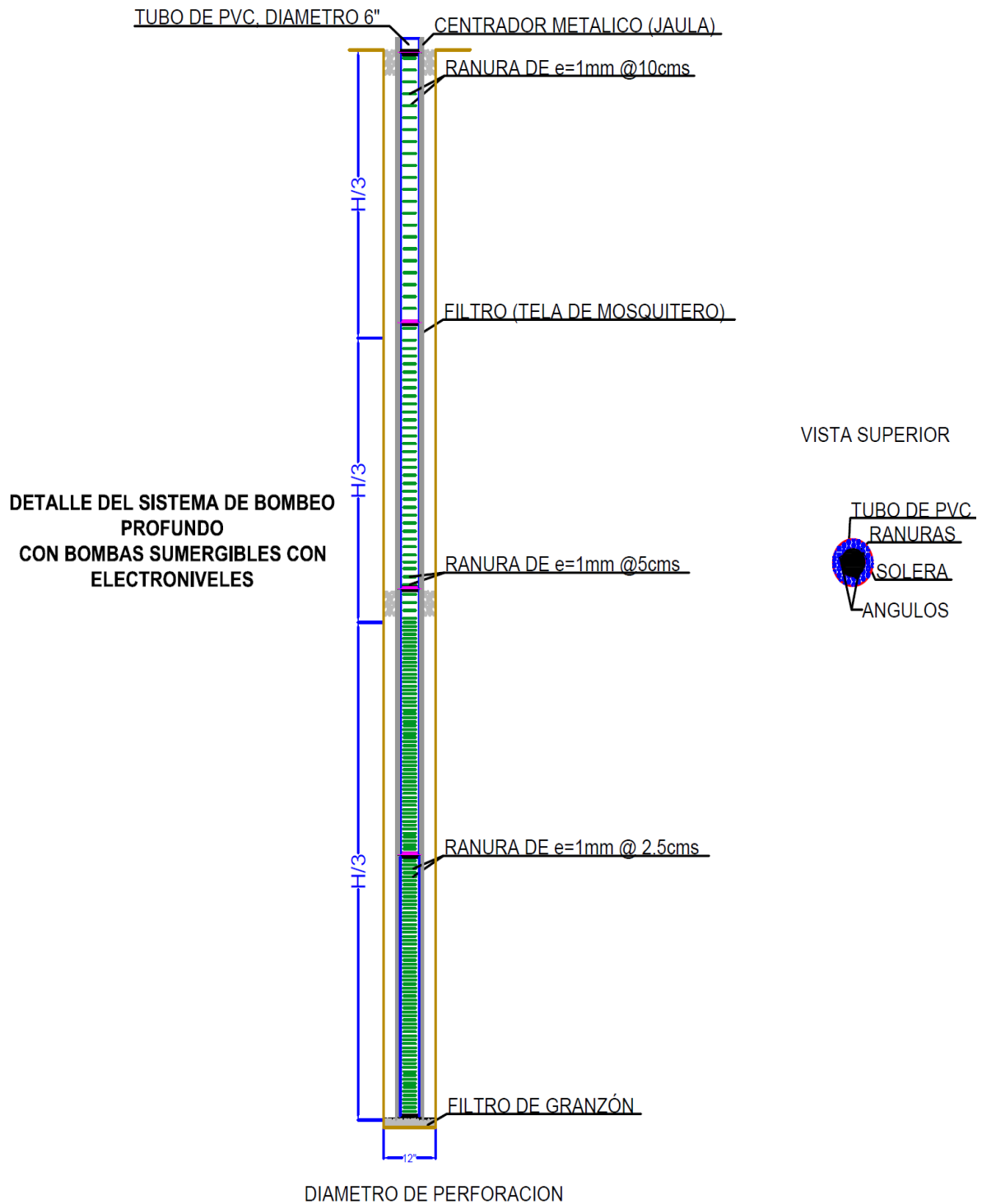


Figura 46.- Sistema de bombeo

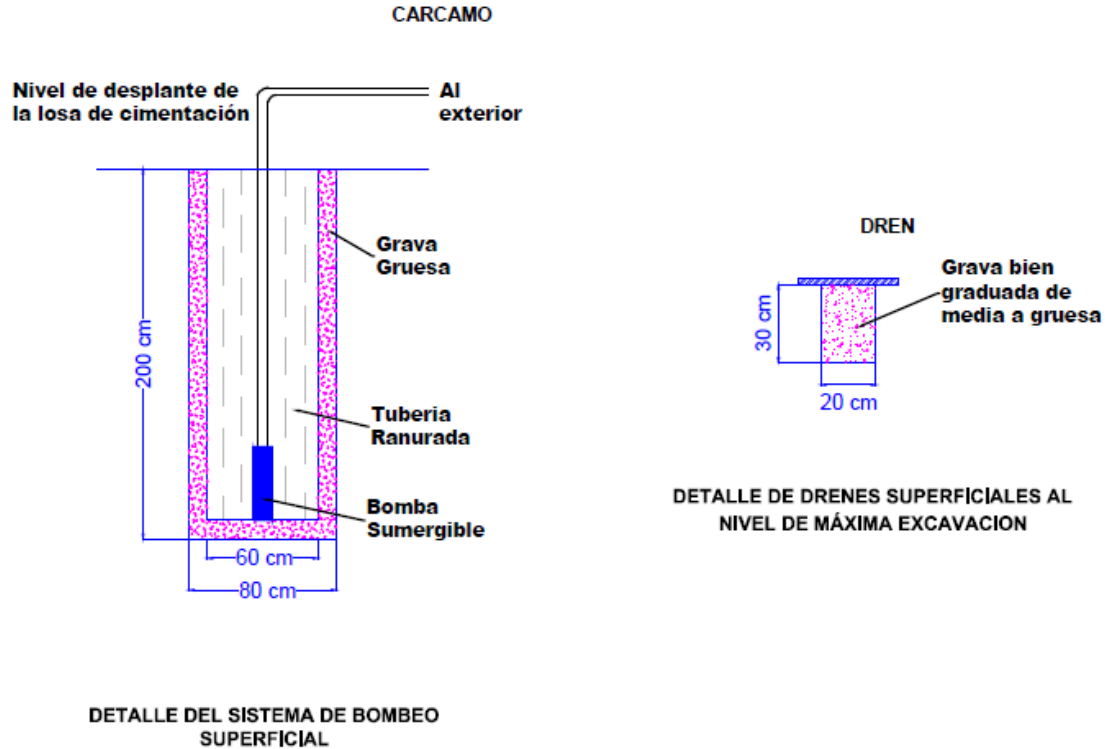


Figura 47.- Sistema de bombeo

- Se estima un total de 20 pozos por etapa de excavación propuesta, con la posibilidad de que esta se reduzcan, de acuerdo al comportamiento de la excavación y de las etapas de excavación.
- Estos pozos se irán recortando conforme se efectuó el avance de la excavación.
- Los electroniveles se manejarán en la zona lateral a -8.50 m y en la central a -9.50 m.

Dado que dependiendo de la época en que se realicen los trabajos de excavación y ante la presencia de época de lluvias podría requerirse un sistema de bombeo de achique complementario, además del sistema de bombeo profundo para abatir el nivel freático, dado que la excavación estará por debajo del mismo.

Dependiendo del comportamiento del nivel freático en fondo de la excavación de ser necesario se empleará un sistema de bombeo de achique, especificado en la figura 47 constituido por cárcamos de bombeo y bombas autocebantes colocados en sitios estratégicos para cada etapa de la excavación, por lo que la distribución de estas bombas se realizará de tal manera que se cubra toda el área de la excavación para que el abatimiento del nivel de agua freática sea uniforme.

Se podrá emplear un tambo metálico de 200 lts el cual deberá estar ranurado a cada 15cm en todo su perímetro hasta la mitad, para que pueda llenarse con el agua recaudada. Este tambo deberá estar forrado con malla mosquitero de tipo plástica para minimizar que se azolve y el flujo pueda ser bombeado sin ningún problema, deberá tener mayor número de ranuras donde se conecte con los drenes o veneros que se requieran.

El dren o venero es el que recorrerá la distancia con una pendiente necesaria para captar el agua de todo el terreno y reconozca hacia el cárcamo, este se compone de una excavación de 30cm con un ancho de 20cm y este relleno con grava bien graduada, para que pueda conducirse el flujo hacia el cárcamo. (Ver figura 48 Y 49)

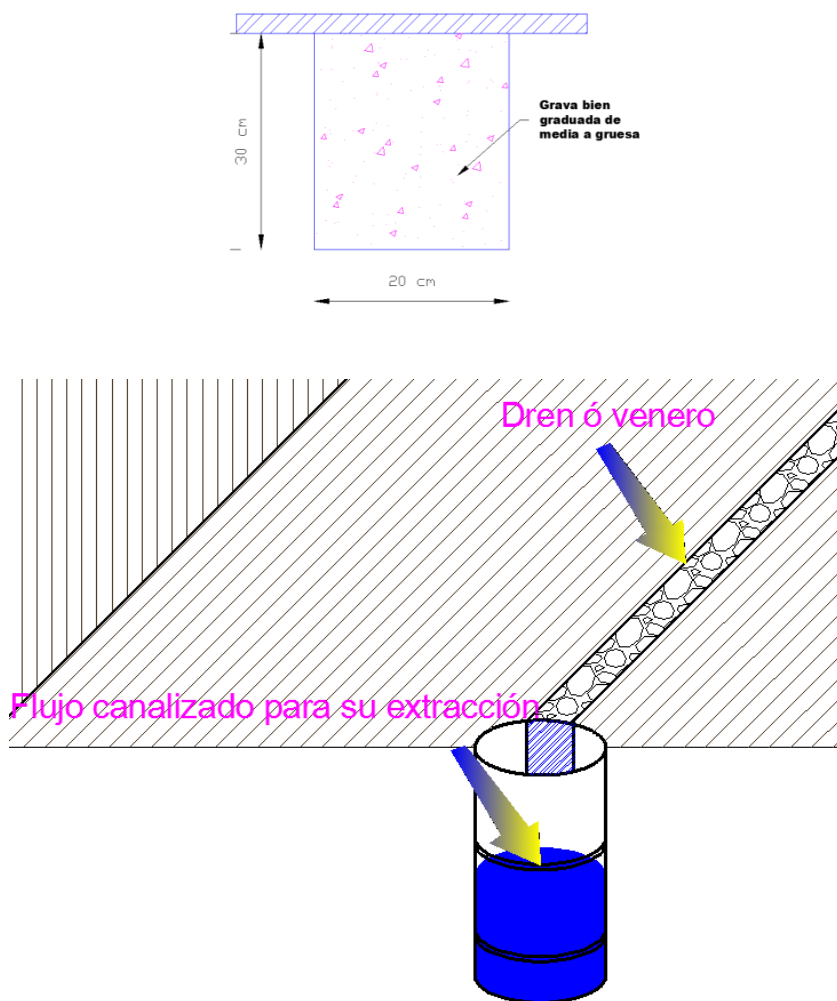
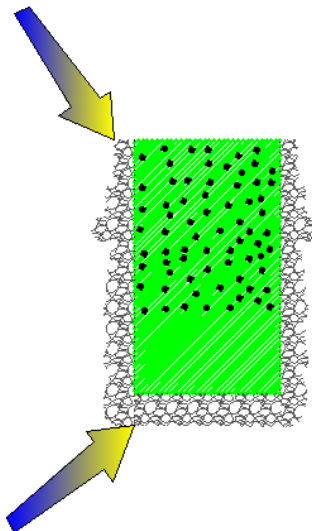


Figura 48.- Canalización de flujo

Se deberá excavar a partir del nivel de máxima excavación, para poder introducir el tambo, sin embargo, se sobre excavará del orden de 15cm en todo el perímetro y también en el fondo para colocar un filtro de grava.

FILTRO DE GRAVA PERIMETRAL



FILTRO DE GRAVA EN EL FONDO

Figura 49.- Filtro de grava bien graduada

La secuencia será excavar el área donde se ubicará el cárcamo, preparar el bote de 200 lts ranurado y forrado con la malla tipo mosquitero, Después se colocará el granzón al fondo del bote para que el agua pueda reconocer hacia el tambo, y una vez colocado el granzón en el fondo se instalara el tambo de 200lts, procediendo a confinar con el granzón todo el perímetro para dejarlo fijado.

Una vez instalado el cárcamo se comenzara a captar el flujo, por lo cual se tendrá que conectar una bomba, y se canalizara a donde indique la dirección de obra.

Finalmente se establece que deberá implementarse un sistema de instrumentación que permita monitorear el comportamiento de las colindancias y de la excavación antes, durante y después de haber terminado la excavación que alojará a la cimentación de la estructura de Interés.

6.8.- Instrumentación

a) Banco de nivel flotante

Con el fin de medir los movimientos verticales causados por las expansiones y hundimientos generales en el fondo de la excavación, se instalará un banco de nivel flotante al centro de cada etapa. Las mediciones de éste instrumento deberán estar referidas a un banco de nivel profundo.

La profundidad de instalación del banco de nivel flotante será de 1.0 m abajo del nivel máximo de excavación, para lo cual deberá efectuarse una perforación de 6" de diámetro, con una máquina que cuente con equipo para el lavado del barreno.

Realizada la perforación se introducirá un cilindro de concreto (*muerto*) de $f_c=100\text{kg/cm}^2$, de 10 cm de diámetro y 30 cm de altura; el cilindro deberá tener acoplado tramos de tubería galvanizada de 1.0 m, de 1" de diámetro, cuya longitud será la profundidad de la instalación. Deberá asegurarse que el cilindro



de concreto apoye firmemente en el fondo de la perforación, 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 $\frac{3}{4}$ "

Se tomarán lecturas una vez por semana durante el proceso de excavación y construcción del edificio. Durante la excavación los tubos deberán desacoplarse por tramos de 1.0 m, trasladándose el nivel de referencia original.

Las mediciones del banco del nivel flotante formarán parte del control topográfico de las excavaciones.

b) 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:

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 $\frac{5}{8}$ x 4 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.

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.

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.

Previo al inicio del bombeo y de la excavación, se tomarán lecturas de nivelación; durante la excavación y bombeo, la frecuencia de lecturas será de una vez por semana y si las deformaciones son menores de 1 mm/semana, la frecuencia será quincenal.

c) Mediciones de plomos

Dadas las características en la colindancia sur donde se tienen construcciones de un nivel, y hacia la colindancia oriente se tienen estructuras de 2 y 3 niveles superiores, se recomienda efectuar mediciones de plomos, para conocer las componentes de inclinación, tanto en la dirección sur-norte, como en la oriente-poniente.

Se deberá tomar una lectura antes de iniciar el bombeo y la excavación; posteriormente, se hará una lectura mensual, hasta la suspensión del bombeo.

6.9.- Excavaciones:

- Las excavaciones necesarias para retirar todos los materiales de relleno de mala calidad existentes en el terreno y alojar al cajón de cimentación, deberán de realizarse del fondo del predio hacia su acceso, con el objeto de evitar su contaminación y su reblandecimiento.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



- La excavación se realizará en varias etapas y de acuerdo al procedimiento constructivo propuesto.
- La excavación central se efectuará con una retroexcavadora operando desde afuera del área excavada, debiendo llevarse como máximo a 0.15 m arriba del nivel máximo de excavación, este último tramo se excavará con herramienta manual, a base de pico y pala para evitar el remoldeo del material de apoyo de la plataforma de materiales mejorados.
- Todo el material producto de la excavación será retirado a donde lo indique, la dirección de obra, por ningún motivo podrá utilizarse como material de relleno mejorado.
- Cuando se alcance la máxima profundidad de excavación, se deberá afinar el fondo, lo cual implica retirar todo el material suelo producto de la excavación.
- En caso de que sea necesario y previo a la colocación del relleno controlado en las zonas de tuberías de drenaje, podrá colocarse una capa de 10 cm. de espesor de tezontle o grava que funcione como filtro y capa estabilizadora.
- Durante el proceso de excavación, se deberá cuidar los siguientes aspectos:
 - a) Cuando el material de relleno existente se encuentre en estado muy suelto, las paredes de la excavación deberán mantener el talud de reposo natural de dicho material y en caso necesario protegerlo mediante un repellado para evitar que pierdan humedad y por consiguiente su estabilidad.
 - b) En caso de detectar alguna cimentación antigua dentro del área de excavación, estas se deberán de extraer en su totalidad, y si la profundidad de dichas cimentaciones es mayor que la recomendada, las capas o zanjas se rellenarán con tepetate, compactándose al 95% de la prueba AASHTO estándar.
 - c) Deberán evitarse las sobre excavaciones, lo cual se corrige llevando un control de niveles con respecto a un banco de nivel, localizado fuera del área de influencia de la obra en cuestión, estos niveles se deberán referenciar a señales (palomas) en los muros colindantes.
 - d) Las filtraciones de agua de las colindancias hacia la excavación es muy frecuente, provocando saturamiento en los materiales excavados y sobre todo en el fondo (material aguachinado), en tal caso, se deberá orear la zona afectada y posteriormente colocar un material granular. El fondo de la excavación en el área afectada deberá de sobre excavar un máximo de 20 cm, y un mínimo de 10 cm con respecto a la máxima profundidad recomendada, la sobre excavación se tratará agregando una capa combinada de grava-tepetate con un proporcionamiento del 70 y 30% respectivamente, compactándose hasta alcanzar el nivel de excavación recomendado.
 - e) Terminada la excavación se revisará el fondo de las misma, cuidando que no presente material suelto producto de la excavación, que no se tengan rellenos de mala calidad a nivel de desplante y que las características de resistencia de los materiales sea la señalada, si se llegara a presentar algunos de los casos, se deberá profundizar la excavación en capas de 5 cm y solicitar la asesoría de Mecánica de Suelos.
 - f) Previo a la colocación de la cimentación, deberán preverse las instalaciones hidráulicas y sanitarias, así como la construcción de registros y de cisternas de almacenamiento de agua.
 - g) No debe permitirse por ningún motivo excavaciones posteriores a la colocación de la cimentación y sobre todo cuando ya se tengan coladas las losas de planta baja y primer nivel, las realizaciones indebidas de estas excavaciones provocan serios problemas de estabilidad del mejoramiento, que se reflejan en movimientos bruscos de la estructura y la presencia de grietas y fisuras en muros.



Conclusiones

El caso práctico analizado muestra la verdadera importancia que recae en la mecánica de suelos para el desarrollo de cualquier proyecto, desde la elección y diseño de la cimentación, hasta el proceso constructivo más adecuado para la ejecución de los trabajos correspondientes, además de servir como una guía paso a paso para el lector en el momento en que se le presenten situaciones similares y le sea más sencillo resolverlo con las metodologías aquí expuestas.

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: MEGA - LA VILLA HOJA: 1-3,
SONDEO: SM-1 FECHA: 29-sep-16

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
1	0.10 0.70	141	15.30	103.80	89.70	18.95		MATERIAL DE BASE: LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVILAS
1	0.10 0.70	72	15.60	77.60	63.20	30.25		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA Y PEDACERIA AISLADA DE CONCRETO
2	0.70 1.30	159	15.50	115.20	85.70	42.02		MATERIAL NATURAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON ESCASA ARENA FINA
3	1.30 1.90	190	15.30	91.90	70.60	38.52		ARCILLA GRIS POCO OSCURO
4	1.90 2.50	127	15.90	117.00	87.10	41.99		ARCILLA GRIS POCO OSCURO
5	2.50 3.10	100	15.50	80.20	61.10	41.89		ARCILLA GRIS POCO OSCURO
6	3.10 3.50	92	15.60	77.10	45.50	105.69		ARCILLA POCO LIMOSO GRIS CLARO CON LENTES DE ARENA PUMITICA
7	3.70 4.30	75	15.00	72.00	55.70	40.05		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA Y GRUMOS CEMENTADOS DEL MISMO AISLADO
8	4.30 4.90	96	15.10	91.90	59.10	74.55		LIMO ARENOSO FINO GRIS OSCURO
9-1	4.90 5.10	124	15.70	58.90	33.30	145.45		AZOLVE: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSA OSCURO CON FOSILES Y POCA ARENA
9-2	5.10 5.30	95	15.30	44.40	29.40	106.38		NATURAL: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON ARENA FINA
9-3	5.30 5.50	99	15.50	55.20	35.60	97.51		LIMO ARENOSO FINO GRIS OSCURO
10		196	15.70	76.80	49.90	78.65		LIMO ARENOSO FINO GRIS OSCURO
11	6.10 6.70	102	15.60	88.30	50.20	110.12		LIMO ARENOSO FINO CON POCA ARCILLA GRIS POCO OSCURO
12	6.70 7.30	165	15.70	75.60	36.10	193.63		ARCILLA GRIS CLARO CON FOSILES
13	7.30 7.90	149	15.50	74.50	34.30	213.83		ARCILLA GRIS CLARO CON MANCHAS CAFÉ SOCURO
14	7.90 8.50	120	15.50	79.30	39.90	161.48		ARCILLA GRIS CON ESCASA ARENA FINA
15	8.50 9.10	156	15.20	73.20	42.60	111.68		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON FOSILES



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 2-3,
 SONDEO: SM-1 FECHA: 29-sep-16

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
16-1	9.10 9.30	91	15.30	43.60	25.40	180.20		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON FOSILES
16-2	9.30 9.50	183	14.70	44.80	26.80	148.76		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
16-3	9.50 9.70	71	15.20	37.50	29.00	61.59		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON GRUMOS AISLADOS DE LIMO Y FOSILES
17	9.70 10.30	88	15.40	90.70	44.90	155.25		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON GRUMOS AISLADOS DE LIMO Y FOSILES
18	10.30 10.90	110	15.60	97.90	55.60	105.75		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS POCO OSUCRO CON FOSILES
19	10.90 11.50	197	14.50	66.00	37.20	126.87		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS POCO OSUCRO CON FOSILES
20	11.50 12.10	98	15.00	75.00	43.70	109.06		ARCILLA GRIS VERDOSA CON LENTES DE ARENA FINA
21	12.10 12.70	21	28.70	100.70	56.50	158.99		ARCILLA GRIS CLARO
22	12.70 13.30	22	35.30	113.90	80.60	73.51		ARCILLA GRIS CALRO CON POCA ARENA FINA
23-1	13.30 13.50	23	28.90	116.10	68.70	119.10		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
23-2	13.50 13.70	44	34.30	119.40	84.40	69.86		ARCILLA GRIS VERDOSA CON LENTES DE ARENA FINA
23-3	13.70 13.90	60	28.80	119.20	69.00	124.88		ARCILLA GRIS CLARO
24	13.90 14.50	24	28.80	114.70	73.70	91.31		ARCILLA LIMOSA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA
25	14.50 15.10	25	28.40	114.50	65.60	131.45		ARCILLA LIMOSA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA
26	15.10 15.70	27	27.60	94.90	59.40	111.64		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSA CON FOSILES
27	15.70 16.30	29	28.60	98.70	65.60	89.46		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSA OSCURA CON POCA ARENA FINA
28	16.30 16.90	30	35.30	108.60	70.20	110.03		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
29	16.90 17.50	32	35.30	101.60	61.10	156.98		ARCILLA GRIS CLARO



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 3-3,
 SONDEO: SM-1 FECHA: 29-sep-16

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+1 gr.	Ws+1 gr.	w %	TORC. kg/cm ²	CLASIFICACION
30-1	18.10 18.30	63	35.80	121.60	71.10	143.06		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES.
30-2	18.30 18.50	65	34.90	116.10	69.40	135.36		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES.
30-3	18.50 18.70	67	28.70	114.60	65.10	135.99		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES.
31	18.70 19.30	35	29.10	62.20	51.60	47.11		P.S. CENIZA VOLCANICA GRIS BLANQUISCO
31	18.70 19.30	38	29.20	92.10	56.60	129.56		P.I. ARCILLA POCO LIMOSO GRIS OSCURO
32	19.30 19.90	1	28.50	95.40	64.80	84.30		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA Y GRAVILLAS
33	19.90 20.50	2	28.70	67.00	54.30	49.61		P.S. ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA Y GRAVILLAS
33	19.90 20.50	5	28.90	77.20	60.70	51.89		P.I. ARCILLA LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA
34	20.50 21.10	6	28.90	98.50	62.10	109.64		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON LENTES DE ARENA FINA
35	21.10 21.70	12	29.20	99.20	56.80	153.62		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO
36-1	21.70 21.90	69	28.30	114.60	68.20	116.29		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON FOSILES
36-2	21.90 22.10	26	34.20	110.60	63.50	160.75		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON FOSILES
36-3	22.10 22.30	8	28.30	114.30	59.70	173.89		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
37	22.30 22.90	14	29.00	88.90	52.40	155.98		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
38	22.90 23.35	16	28.00	88.40	57.40	105.44		P.S. ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON ESCASA ARENA FINA
38	22.90 23.35	17	36.80	108.20	88.90	37.04		P.I. LIMO ARENSO GRIS CLARO CON GRUMOS CEMENTADOS DEL MISMO
39	23.50 23.75	53	29.60	102.00	79.30	45.67		LIMO CON POCA ARENA GRIS Y GRUMOS CEMENTADOS DEL MISMO
40	24.10 24.25	55	28.10	86.30	73.10	29.33		LIMO GRIS CLARO CON GRUMOS CEMENTADOS Y POCA ARENA
41	24.70 24.95	58	34.30	95.10	70.40	68.42		LIMO GRIS CON POCA ARENA



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA LA VILLA HOJA: 1-2,
 SONDEO: SM-1 Complemento FECHA: 18-mar-17

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
1	30.00 30.60	91	15.30	82.60	44.10	133.68		ARCILLA CON FÓSILES COLOR GRIS VERDOSA OSCURO
2	30.60 31.20	147	15.00	103.70	83.10	30.25		ARCILLA POCO LIMOSA COLOR GRIS Y ESCASA ARENA FINA
3	31.20 31.50	186	15.20	97.00	44.10	183.04		ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
4	31.80 32.20	102	15.70	107.30	77.00	49.43		ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS
5	32.40 32.80	112	15.80	93.90	67.00	52.54		ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS
6	33.00 33.30	175	15.30	106.40	87.60	26.00		LIMO ARENOSO FINO COLOR GRIS VERDOSO
7	33.60 34.20	146	15.70	100.50	77.10	38.11		ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
8	34.20 34.45	98	15.00	97.50	74.80	37.96		ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
9	34.80 35.10	99	15.00	110.80	86.90	33.24		LIMO ARENOSO FINO COLOR GRIS VERDOSO
10	35.40 35.65	172	15.40	88.10	72.50	27.32		LIMO ARENOSO FINO COLOR GRIS VERDOSO
11	36.00 36.60	97	15.20	98.90	72.70	45.57		ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
12	36.60 37.20	121	15.70	105.70	74.10	54.11		ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
13	37.20 37.80	149	15.50	103.30	70.90	58.48		ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
14	37.80 38.40	171	15.50	98.00	70.70	49.46		ARCILLA POCO LIMOSA CON ECASA ARENA FINA COLOR CAFÉ GRISÁCEO
15	38.40 39.00	191	15.40	102.60	65.70	73.36		LIMO POCO ARCILLOSO CON ESCASA ARENA COLOR GRIS OSCURO
16	39.00 39.30	140	15.30	99.30	74.50	41.89		LIMO ARENOSO COLOR GRIS OSCURO
17	39.60 39.85	174	15.70	83.40	54.30	75.39		ARCILLA LIMOSA COLOR GRIS OSCURO Y POCA ARENA
18	40.20 40.60	161	15.20	105.70	90.00	20.99		ARENA GRUESA CON ESCASOS FINOS COLOR GRIS OSCURO



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA LA VILLA HOJA: 2-2,
SONDEO: SM-1 Complemento FECHA: 18-mar-17

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+1	Ws+1	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
19	40.80 41.05	128	15.20	96.60	78.30	29.00		LIMO CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS OSCURO
20	42.00 42.30	189	15.70	85.60	72.00	24.16		ARENA FINA POCO LIMOSA COLOR GRIS Y GRAVILLAS AISLADAS
21	43.20 43.80	158	14.40	87.60	47.40	121.82		LIMO CON POCA ARCILLA COLOR GRIS BLANQUIZCO
22	43.80 44.40	182	15.80	81.40	42.20	148.48		LIMO CON POCA ARCILLA COLOR GRIS BLANQUIZCO
23	44.40 45.00	126	15.20	86.60	43.40	153.19		LIMO CON POCA ARCILLA COLOR GRIS BLANQUIZCO



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 1-4,
 SONDEO: SM-2 FECHA: 05-oct-16

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+1	Ws+1	w	TORC.	CLASIFICACION
N°	m.	N°	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
1	0.10 0.70	21	28.70	137.50	117.20	22.94		P.S. MATERIAL DE BASE ARCILLA LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA Y GRAVAS AISLADAS
1	0.10 0.70	22	35.30	116.80	93.70	39.55		P.I. MATERIAL NATURAL ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON ESCASA ARENA FINA Y MICAS
2	0.70 1.30	24	28.80	109.00	87.70	36.16		MATERIAL NATURAL ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON ESCASA ARENA FINA Y MICAS
3	1.30 1.90	25	28.40	117.80	96.40	31.47		MATERIAL NATURAL ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON ESCASA ARENA FINA Y MICAS
4	1.90 2.40	26	34.20	121.60	97.20	38.73		P.S. MATERIAL DE BASE ARCILLA LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA Y GRAVAS AISLADAS
4	1.90 2.40	27	27.60	80.30	69.00	27.29		P.I. ARENA FINA ARCILLOSA CAFÉ GRISACEO CON MICAS
5	2.50 3.10	29	28.60	91.70	76.90	30.64		P.S. ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA Y MICAS
5	2.50 3.10	30	35.30	94.30	77.10	41.15		P.I. ARCILLA CAFÉ GRISACEO OSCURO
6	3.10 3.70	32	35.50	106.90	83.90	47.52		ARCILLA GRIS OSCURO
7	3.70 4.30	34	29.40	100.20	66.90	88.80		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS BLANQUISCO CON LENTES DE ARENA FINA
8	4.30 4.90	35	29.10	103.20	42.30	461.36		P.S. ARCILLA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA
8	4.30 4.90	38	29.20	75.60	55.20	78.46		P.I. ARCILLA LIMOSA GRIS POCO OSCURO CON POCA ARENA FINA
9	4.90 5.50	39	27.20	63.60	39.70	191.20		ARCILLA GRIS POCO OSCURO CON FOSILES
10-1	5.50 5.70	36	28.10	114.20	54.90	221.27		ARCILLA GRIS CLARO CON FOSILES
10-2	5.70 5.90	37	35.00	130.70	89.20	76.57		LIMO ARENOSO GRIS OSCURO CON CONCHILLAS
11	6.10 6.70	50	29.20	95.10	63.50	92.13		ARENA FINA LIMOSA GRIS OSCURO
12	6.70 7.30	53	29.40	95.40	51.40	200.00		ARCILLA GRIS VERDOSA CON LENTES DE ARENA FINA
13	7.30 7.90	55	28.10	96.60	49.00	227.75		ARCILLA GRIS VERDOSA



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 2-4,
 SONDEO: SM-2 FECHA: 05-oct-16

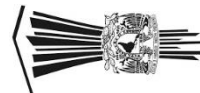
Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
14	7.90 8.50	56	28.90	84.10	47.00	204.97		ARCILLA GRIS VERDOSA
15	8.50 9.10	57	34.90	112.90	85.80	53.24		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON LENTES DE ARENA FINA
16	9.10 9.70	58	29.10	93.30	52.80	170.89		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON FOSILES
17	9.70 10.30	59	29.80	95.40	53.80	173.33		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON FOSILES
18-1	10.30 10.50	28	27.80	107.80	64.40	118.58		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON FOSILES
18-2	10.50 10.70	31	30.70	112.00	67.30	122.13		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON FOSILES
18-3	10.70 10.90	33	28.40	105.90	56.90	171.93		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON FOSILES
19	10.90 11.50	60	28.80	92.50	61.20	96.60		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES Y POCA ARENA FINA
20	11.50 11.75	63	35.80	94.30	78.90	35.73		LIMO ARENOSO FINO GRIS VERDOSO
21	12.10 12.70	67	28.70	55.10	46.70	46.67		P.S. ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA GRIS
21	12.10 12.70	68	27.90	56.10	39.40	145.22		P.I. ARCILLA GRIS CLARO
22	12.70 13.30	69	28.30	82.40	52.00	128.27		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSA CON POCA ARENA FINA
23	13.30 13.90	66	28.60	88.80	63.70	71.51		ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA CON LENTES DE ARENA
24	13.90 14.50	70	28.80	98.80	58.20	138.10		ARCILLA GRIS VERDOSA
25-1	14.50 14.70	54	28.50	101.60	55.40	171.75		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS BLANQUISCO CON ESCASA ARENA FINA
25-2	14.70 14.90	62	35.20	127.90	73.20	143.95		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS BLANQUISCO CON ESCASA ARENA FINA
25-3	14.90 15.10	64	29.80	119.00	73.30	105.06		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS BLANQUISCO CON ESCASA ARENA FINA
26	15.10 15.70	1	28.30	104.90	66.80	98.96		ARCILLA GRIS CLARO POCO LIMOSA



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 3-4,
 SONDEO: SM-2 FECHA: 05-oct-16

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
27	15.70 16.30	2	28.70	103.10	66.00	99.46		ARCILLA GRIS VERDOSA CON MANCHAS CAFÉ AMARILLENTO CON LENTES DE ARENA FINA
28	16.30 16.90	3	34.30	80.20	53.00	145.45		LIMO GRIS CLARO CON POCA ARENA
29	16.90 17.50	4	28.80	103.30	65.50	103.00		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS BLANQUISCO CON ESCASA ARENA FINA
30	17.50 18.10	5	28.90	93.80	57.60	126.13		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS BLANQUISCO CON ESCASA ARENA FINA
31-1	18.20 18.40	15	28.50	105.70	52.20	225.74		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
31-2	18.40 18.60	42	29.40	105.50	59.60	151.99		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
32	18.60 18.90	6	28.90	74.10	60.60	42.59		P.S. LIMO GRIS CLARO
32	18.90 19.20	7	35.40	77.90	56.50	101.42		P.I. ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA
33	19.20 19.80	9	28.90	91.40	61.90	89.39		ARCILLA LIMOSA GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
34	19.80 20.10	10	29.90	61.40	44.80	111.41		P.S. ARCILLA GRIS OSCURO CON LENTES DE ARENA FINA
34	20.10 20.40	11	28.50	67.50	55.40	44.98		P.I. LIMO ARENOSO GRIS CLARO
35	21.10 21.70	12	29.20	76.50	57.60	66.55		LIMO ARENOSO GRIS CLARO
36-1	21.90 22.10	61	35.00	108.40	63.60	156.64		ARCILLA GRIS VERDOSA OSCURA
36-2	22.10 22.30	45	34.00	112.50	62.60	174.48		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
37	22.30 22.90	13	29.10	92.40	51.40	183.86		ARCILLA GRIS VERDOSA POCO LIMOSA
38	22.90 23.20	14	29.00	91.80	70.40	51.69		LIMO CON POCA ARENA GRIS
39	23.50 23.95	16	28.00	77.90	57.60	68.58		P.S. LIMO ARENOSO GRIS CLARO
39	23.50 23.95	17	36.80	81.00	63.70	64.31		P.I. LIMO ARENOSO CAFÉ GRISACEO CON POCA ARCILLA



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 4-4,
 SONDEO: SM-2 FECHA: 05-oct-16

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
N°	m.	N°	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
40	24.10 24.35	18	35.10	87.80	67.90	60.67		LIMO ARENOSO CAFÉ GRISACEO
41	24.70 25.30	19	28.70	84.60	52.80	131.95		ARCILLA GRIS CLARO
42	25.30 25.90	20	28.70	100.50	67.90	83.16		ARCILLA GRIS CLARO
43	25.90 26.50	40	28.40	85.40	51.70	144.64		ARCILLA GRIS VERDOSA OSCURA
44	26.70 26.90	41	28.40	80.50	68.00	31.57		LENTE DE CENIZA VOLCANICA
45	27.30 27.90	43	37.40	99.20	64.50	128.04		ARCILLA GRIS VERDOSA OSCURO
46	27.90 28.50	44	34.30	94.60	61.10	125.00		ARCILLA LIMO GRIS CLARO
47	28.50 29.10	46	26.90	76.50	47.40	141.95		ARCILLA LIMOSA GRIS CLARO
48	29.10 29.40	47	36.60	97.40	64.00	121.90		P.S. ARCILLA POCO LIMOSA GRIS BLANQUISCO
48	29.40 29.70	49	35.20	81.30	70.00	32.47		P.I. CENIZA VOLCANICA GRIS BLANQUISCA
49	29.70 30.30	51	28.00	108.60	71.20	86.57		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSA OSCURA CON LENTES DE ARENA FINA OSCURA



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA LA VILLA HOJA: 1-2,
 SONDEO: SM-2 Complemento FECHA: 21-mar-17

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
1	30.00 30.60	100	15.50	98.90	62.00	79.35		ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA FINA COLOR GRIS OSCURO
2	30.60 31.20	183	14.70	98.70	55.50	105.88		ARCILLA POCO LIMOSA COLOR GRIS OSCURO
3	31.20 31.75	187	15.90	121.60	95.00	33.63		LIMO POCO ARCILLOSO CON POCA ARENA COLOR GRIS VERDOSO
4	31.80 32.05	190	15.30	106.60	80.00	41.11		ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
5	32.40 32.81	178	15.20	93.70	59.00	79.22		ARCILLA CON POCA ARENA COLOR GRIS VERDOSA
6	33.00 33.30	89	15.00	115.20	84.10	45.01		ARCILLA CON POCA ARENA COLOR GRIS VERDOSA
7	33.60 34.20	179	15.60	115.60	77.70	61.03		ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
8	34.20 34.65	117	15.20	91.80	74.60	28.96		LIMO ARCILLOSO CON ARENA GRIS VERDOSA
9	35.40 36.00	72	15.60	94.50	75.10	32.61		ARENA CON ESCASOS FINOS LIMOSOS COLOR GRIS VERDOSA
10	36.00 36.30	90	15.30	96.80	81.50	23.11		ARENA CON ESCASOS FINOS LIMOSOS COLOR GRIS VERDOSA
11	36.60 36.90	84	15.00	105.00	82.60	33.14		LIMO CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSO OSCURO
12	37.20 37.52	129	15.80	87.90	74.50	22.83		ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
13	37.80 38.05	96	15.70	85.50	69.60	29.50		ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
14	39.00 39.60	197	14.50	119.20	94.20	31.37		ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA COLOR GRIS VERDOSA
15	39.60 40.20	74	14.90	115.90	88.30	37.60		ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA COLOR GRIS VERDOSA
16	40.20 40.55	143	15.80	104.80	85.40	27.87		ARCILLA LIMOSA CON ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
17	40.80 41.05	109	15.40	97.00	76.50	33.55		LIMO COLOR GRIS CLARO Y POCA ARENA
18	41.40 41.80	87	15.20	100.20	70.60	53.43		ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 1-4,
 SONDEO: SM-3 FECHA: 05-oct-16

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
1	0.10 0.70	93	15.50	103.70	79.60	37.60		MATERIAL DE RELLENO: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA Y PEDACERIA DE TEZONTLE ROJIZO
2	0.70 1.30	118	15.20	69.30	54.60	37.31		MATERIAL NATURAL: ARCILLA CAFÉ
3	1.30 1.90	195	15.80	104.10	81.30	34.81		ARCILLA CAFÉ CON ESCASA ARENA FINA Y MICAS
4	1.90 2.50	79	14.90	77.80	59.60	40.72		ARCILLA CAFÉ GRISACEO
5	2.50 3.10	81	15.20	72.10	54.00	46.65		P.S. ARCILLA GRIS OSCURO
5	2.50 3.10	187	15.90	85.00	64.80	41.31		P.I. ARCILLA LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA FINA
6	3.10 3.50	105	15.60	82.10	62.90	40.59		ARCILLA LIMOSA GRIS CON ESCASA ARENA Y GRUMOS CEMENTADOS AISLADOS DEL MISMO
7	3.70 4.30	122	14.80	58.80	28.20	228.36		P.S. ARCILLA GRIS CLARO CON POCA ARENA PUMITICA
7	3.70 4.30	119	15.90	56.40	26.70	275.00		P.I. ARCILLA GRIS VERDOSA OSCURA CON FOSILES
8-1	4.10 4.30	166	15.40	44.60	27.70	137.40		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA
8-2	4.30 4.50	115	16.20	42.10	27.20	135.45		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA
8-3	4.50 4.70	97	15.30	38.40	22.40	225.35		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON LENTES DE ARENA FINA
9	4.90 5.50	114	15.30	62.80	42.00	77.90		LIMO ARENOSO GRIS OSCURO CON POCA ARCILLA
10	5.50 6.10	136	15.60	88.60	58.20	71.36		LIMO ARENOSO GRIS OSCURO CON POCA ARCILLA
11	6.10 6.70	182	15.80	82.50	51.60	86.31		LIMO ARCILLOSO GRIS OSCURO CON POCA ARENA
12	6.70 7.30	117	15.20	105.10	44.10	211.07		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
13	7.30 7.90	148	15.30	68.70	34.70	175.26		ARCILLA CAFÉ OSCURO CON FOSILES
14-1	7.90 8.10	199	15.70	51.90	28.30	187.30		ARCILLA CAFÉ SOCURO CON FOSILES



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 2-4,
 SONDEO: SM-3 FECHA: 05-oct-16

Muestra	Profundidad	Tara	lara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
14-2	8.10 8.30	104	15.20	42.90	27.70	121.60		ARCILLA CAFÉ CON LENTES DE ARENA FINA
14-3	8.30 8.50	73	16.00	43.80	28.10	129.75		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
15	8.50 9.10	109	15.40	63.50	33.30	168.72		ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES
16	9.10 9.70	90	15.30	58.50	32.40	152.63		ARCILA CAFÉ GRISACEO CON FOSILES
17	9.70 10.30	87	15.20	91.00	53.10	100.00		ARCILLA GRIS VERDOSA CON LENTES DE ARENA Y FOSILES
18	10.30 10.90	184	13.20	71.40	47.00	72.19		ARCILLA ARENOSA GRIS GRUMOS DE LIMO ARENOSO AISLADOS
19	10.90 11.50	60	28.80	84.00	67.60	42.27		LIMO ARENOSO GRIS CLARO
20	11.50 12.10	45	34.00	92.40	73.40	48.22		LIMO CON POCA ARENA FINA GRIS
21	12.10 12.70	67	28.70	81.60	73.00	19.41		ARENA GRIS CON GRUMOS AISLADOS DE ARCILLA
22	12.70 13.30	47	38.60	90.20	66.70	83.63		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON ARENA FINA
23	13.30 13.90	70	28.80	91.20	60.50	96.85		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON ARENA FINA
24-1	13.90 14.20	7	35.40	60.20	47.80	100.00		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CON ESCASA ARENA FINA
24-2	14.20 14.50	40	28.40	57.70	44.60	80.86		LIMO GRIS CON ESCASA ARENA
25	14.50 15.10	66	28.60	77.80	50.20	127.78		ARCILLA GRIS CON FOSILES
26	15.10 15.70	20	28.70	80.60	52.30	119.92		ARCILA POCO LIMOSA GRIS
27	15.70 16.30	46	26.90	104.30	62.80	115.60		ARCILLA LIMOSA GRIS CLARO
28	16.30 16.90	59	29.80	89.50	53.30	154.04		ARCILLA LIMOSA GRIS CLARO
29	16.90 17.50	49	35.20	108.00	68.70	117.31		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 3-4,
 SONDEO: SM-3 FECHA: 05-oct-16

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
30-1	17.50 17.70	28	27.80	49.10	36.20	153.57		ARCILLA GRIS CON FOSILES
30-2	17.70 17.90	31	30.70	55.30	40.30	156.25		ARCILLA GRIS CON FOSILES
30-3	17.90 18.10	1	28.30	51.60	37.60	150.54		ARCILLA GRIS VERDOSA OSCURA CON FOSILES
31	18.10 18.70	58	29.10	79.80	52.70	114.83		ARCILLA GRIS CON FOSILES
32	18.70 19.30	68	27.90	102.50	74.80	59.06		ARCILLA GRIS OSCURO CON LENTE DE CENIZA VOLCANICA GRIS BLANQUISCO
33	19.30 19.55	8	28.30	92.80	70.70	52.12		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA
34	20.50 21.10	23	28.90	75.40	47.30	152.72		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CON FOSILES
35	21.10 21.70	39	27.20	83.80	49.70	151.56		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CON FOSILES
36	21.70 22.30	25	28.40	111.50	60.70	157.28		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CON FOSILES
37	22.30 22.90	27	27.60	79.50	45.60	188.33		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CON FOSILES
38	22.90 23.50	26	34.20	98.40	71.10	73.98		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA Y GRAVAS AISLADAS
39	23.50 23.75	38	29.20	91.60	74.60	37.44		LIMO ARENOSO GRIS CON GRUMOS CEMENTADOS
40-1	24.10 24.30	10	29.90	55.90	44.70	75.68		ARCILLA CLARO CON FOSILES Y ESCASA ARENA FINA
40-2	24.30 24.50	4	28.80	53.10	40.80	102.50		ARCILLA CLARO CON FOSILES Y ESCASA ARENA FINA
40-3	24.50 24.70	2	28.70	55.90	41.60	110.85		ARCILLA GRIS CLARO CON FOSILES
41	24.70 25.30	13	29.10	81.10	52.60	121.28		ARCILLA GRIS VERDOSA OSCURA
42	25.30 25.58	6	28.90	80.00	48.90	155.50		ARCILLA GRIS VERDOSA OSCURA
43	25.90 26.05	11	28.50	71.70	62.10	28.57		LENTE DE CENIZA VOLCANICA GRIS BLANQUISCO



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 4-4,
 SONDEO: SM-3 FECHA: 05-oct-16

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
N°	m.	N°	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
44	26.50 27.10	43	37.40	117.50	74.00	118.85		ARCILLA GRIS VERDOSA POCO LIMOSA
45	27.10 27.30	14	29.00	74.30	61.80	38.11		ARCILLA GRIS VERDOSA CON LENTES DE CENIZA VOLCANICA
46	27.70 28.30	69	28.30	88.50	53.50	138.89		ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA
47	28.30 28.90	3	34.30	84.60	57.60	115.88		ARCILLA GRIS CLARO
48	29.00 29.60	12	29.20	63.40	45.00	116.46		ARCILLA GRIS POCO OSCURO
49	29.60 29.90	5	28.90	106.20	89.20	28.19		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA
50	30.20 30.65	54	28.50	127.70	93.20	53.32		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA
51	30.80 31.05	15	28.50	81.40	69.70	28.40		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA FINA
52	31.40 31.85	42	29.40	75.60	63.90	33.91		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO
53	32.00 32.60	25	28.40	80.30	56.90	82.11		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO
54	32.60 33.20	67	28.70	92.50	64.50	78.21		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO
55	33.20 33.80	13	29.10	74.30	51.40	102.69		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO
56	33.80 34.40	12	29.20	85.10	64.30	59.26		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSA
57	34.40 34.70	39	27.20	74.00	62.80	31.46		LIMO ARENOSO FINO GRIS VERDOSO
58	35.00 35.40	38	29.20	90.60	66.80	63.30		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSA CON POCA ARENA
59	35.40 35.70	62	35.20	99.50	79.60	44.82		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSA CON POCA ARENA
60	36.20 36.50	9	28.90	79.40	65.10	39.50		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSA CON POCA ARENA



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA LA VILLA HOJA: 1-2,
 SONDEO: SM-3 Complemento FECHA: 21-mar-17

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
1	30.00 30.60	107	15.20	123.20	97.30	31.55		ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
2	30.60 30.90	114	15.30	107.50	82.60	37.00		ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
3	31.20 31.80	154	15.90	103.00	69.50	62.50		ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA FINA COLOR GRIS CLARO
4	31.80 32.40	76	15.40	97.10	61.70	76.46		ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA FINA COLOR GRIS CLARO
5	32.40 33.00	132	15.50	99.50	61.40	83.01		ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA FINA COLOR GRIS CLARO
6	33.60 34.20	185	15.40	94.10	65.20	58.03		ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA Y GRUMOS AISLADOS BLANQUIZCOS
7	34.20 34.65	144	15.60	102.10	67.90	65.39		ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA COLOR GRIS VERDOSA
8	34.80 35.15	192	14.90	105.10	77.10	45.02		ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA COLOR GRIS VERDOSA
9	35.40 35.80	82	15.40	106.50	78.20	45.06		ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA COLOR GRIS VERDOSA
10	36.00 36.26	112	15.80	94.00	70.10	44.01		ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA COLOR GRIS VERDOSA
11	36.60 36.90	97	15.20	77.50	69.00	15.80		ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
12	37.20 37.45	102	15.70	74.80	67.30	14.53		ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
13	37.80 38.05	175	15.30	79.20	62.30	35.96		ARCILLA POCO LIMOSA COLOR GRIS CON POCA ARENA
14	39.00 39.60	128	15.20	114.80	77.40	60.13		ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA COLOR GRIS
15	39.60 40.02	171	15.50	111.80	84.10	40.38		ARCILLA POCO LIMOSA CON ARENA FINA COLOR GRIS VERDOSA
16	40.20 40.80	146	15.70	105.40	72.00	59.33		ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA FINA COLOR GRIS
17	40.80 41.23	79	14.90	87.90	64.30	47.77		P. SUPERIOR: ARCILLA LIMOSA CON POCA ARENA COLOR GRIS OSCURO
17	40.80 41.23	121	15.70	62.00	48.20	42.46		P. INFERIOR: ARCILLA ARENOSA COLOR GRIS



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA LA VILLA HOJA: 2-2,
SONDEO: SM-3 Complemento FECHA: 21-mar-17

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
18	41.40 41.70	149	15.50	108.60	85.70	32.62		LIMO CON ARENA FINA COLOR GRIS OSCURO
19	42.00 42.20	105	15.60	112.10	88.80	31.83		ARENA ARCILLOSA COLOR GRIS VERDOSO Y GRAVILLAS AISLADAS



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 1-1,
 SONDEO: PCA'S FECHA: 29-sep-16

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+1	Ws+1	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm ²	
PCA-1 1	0.04 0.34	125	15.80	130.00	109.70	21.62		MATERIAL DE BASE: LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVAS AISLADAS
2	0.80 2.00	144	15.60	75.00	59.10	36.55		MATERIAL NATURAL: ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON PEQUEÑAS OQUEDADES
3	2.00 2.25	192	14.90	77.30	57.00	48.22		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA Y GRAVAS MUY AISLADAS
MC-1	13.00 1.50	137	15.20	61.40	48.80	37.50		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON PEQUEÑAS OQUEDADES Y GRAVILLAS AISLADAS
PCA-2 1	0.08 0.20	154	15.90	79.90	68.30	22.14		MATERIAL DE BASE LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVILLAS AISLADAS
2	135.00 1.50	191	15.40	97.50	78.00	31.15		MATERIAL NATURAL: ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON ESCASA ARENA FINA
3	1.50 2.00	116	15.50	73.40	64.50	18.16		ARENA CAFÉ OSCURO CON POCOS FINOS ARCILLOSOS
4	2.00 2.30	147	15.00	107.60	75.70	52.55		MATERIAL SATURADO: ARCILLA LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA Y MICAS
MC-1	1.40 1.80	77	15.20	60.90	50.10	30.95		MUESTRA ALTERADA: ARCILLA LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA Y MICAS
MC-2	2.10 2.30	174	15.70	69.30	54.30	38.86		MATERIAL DE BASE: LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS AISLADOS CEMENTADOS DEL MISMO Y PEDACERIA DE TABIQUE ROJO MUY AISLADOS
PCA-3 1	0.07 0.25	177	15.60	128.40	113.20	15.57		MATERIAL NATURAL: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA
2	0.25 0.60	78	14.80	69.00	53.60	39.69		MATERIAL NATURAL: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA
3	0.80 2.10	74	14.90	80.80	61.90	40.21		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON ESCASA ARENA FINA YMICA
MC-1	2.10 2.30	86	15.20	51.60	42.40	33.82		ARCILLA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON ESCASA ARENA
PCA-4 1	0.33 1.85	160	15.50	62.60	54.10	22.02		ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON ARENA FINA Y MICAS
MC-1	2.00 2.20	146	15.70	45.50	36.70	41.90		ARCILLA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA Y GRAVAS MUY AISLADAS
BOLSA	BOLSA	80	15.10	58.00	44.10	47.93		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON ESCASA ARENA Y MICAS
PCA-5 1	0.10 0.27	57	34.90	156.40	138.90	16.83		MATERIAL DE BASE: ARCILLA ARENOSA CAFÉ CON GRAVILLAS Y GRAVAS



CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: MEGA - LA VILLA HOJA: 1-1,
 SONDEO: PCA'S FECHA: 29-sep-16

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+1 gr.	Ws+1 gr.	w %	TORC. kg/cm ²		CLASIFICACION	
PCA-5	0.27								MATERIAL NATURAL: ARCILLA CAFÉ GRISACEO	
2	0.67	51	28.00	94.90	78.30	33.00				
	0.67	44	34.30	102.80	82.60	41.82			ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON ESCASA ARENA FINA	
3	2.40									
MC-1	2.20	55	28.10	57.30	49.70	35.19			ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON ESCASA ARENA FINA Y MICAS	
	2.40									





PORCENTAJE DE FINOS POR LAVADO

PROCEDENCIA: MEGA - LA VILLA

SONDEO: SM-1

Muestra	Profundidad m.	Ws.+tara gr.	Ws. lavado + tara	W. tara gr.	W total del material	W finos	% finos
SM-1							
SM-1	5,10-5,30	29.40	16.20	15.30	14.10	13.20	93.62
SM-1	9,10-9,30	25.40	16.40	15.30	10.10	9.00	89.11
SM-1	13,30-13,50	68.70	29.90	28.90	39.80	38.80	97.49
SM-1	18,30-18,50	69.40	35.20	34.90	34.50	34.20	99.13
SM-1	22,10-22,30	59.70	32.20	28.30	31.40	27.50	87.58



PORCENTAJE DE FINOS POR LAVADO

PROCEDENCIA: MEGA - LA VILLA

SONDEO: SM-2

Muestra	Profundidad m.	Ws.+tara gr.	Ws. lavado + tara	W. tara gr.	W total del material	W finos	% finos
SM-2							
10-1	5,50-5,70	54.90	39.50	28.30	26.60	15.40	57.89
18-3	10-70-10,90	56.90	34.40	28.40	28.50	22.50	78.95
25-2	14,70-14,90	73.20	37.00	35.20	38.00	36.20	95.26
36-1	21,90-22,10	63.60	35.20	35.00	28.60	28.40	99.30



PORCENTAJE DE FINOS POR LAVADO

PROCEDENCIA: MEGA - LA VILLA

SONDEO: SM-3

Muestra	Profundidad m.	Ws.+tara gr.	Ws. lavado + tara	W. tara gr.	W total del material	W finos	% finos
SM-3							
8-2	4,30-4,50	27.20	21.20	15.20	12.00	6.00	50.00
14-3	8,30-8,50	28.10	17.00	16.00	12.10	11.10	91.74



PORCENTAJE DE FINOS POR LAVADO

PROCEDENCIA: PROLONGACIÓN MISTERIOS

SONDEO: PCA'S

Muestra	Profundidad m.	Ws.+tara gr.	Ws. lavado + tara	W. tara gr.	W total del material	W finos	% finos
PCA'S							
<i>PCA-1</i>	<i>1,30-1,50</i>	<i>48.80</i>	<i>16.60</i>	<i>15.20</i>	<i>33.60</i>	<i>32.20</i>	<i>95.83</i>
<i>PCA-2</i>	<i>1,40-1,80</i>	<i>50.10</i>	<i>28.10</i>	<i>15.20</i>	<i>34.90</i>	<i>22.00</i>	<i>63.04</i>
<i>PCA-2</i>	<i>2,10-2,30</i>	<i>54.30</i>	<i>24.40</i>	<i>15.70</i>	<i>38.60</i>	<i>29.90</i>	<i>77.46</i>
<i>PCA-3</i>	<i>2,10-2,30</i>	<i>42.40</i>	<i>16.80</i>	<i>15.20</i>	<i>27.20</i>	<i>25.60</i>	<i>94.12</i>
<i>PCA-4</i>	<i>2,00-2,20</i>	<i>36.70</i>	<i>17.50</i>	<i>15.70</i>	<i>21.00</i>	<i>19.20</i>	<i>91.43</i>

Proyecto:	MEGA LA VILLA	Localización:	MEGA LA VILLA
Sondeo:	SM-1	Tipo de sondeo:	SM
No. de muestra:	9-2,	Profundidad (m):	5,10-5,30

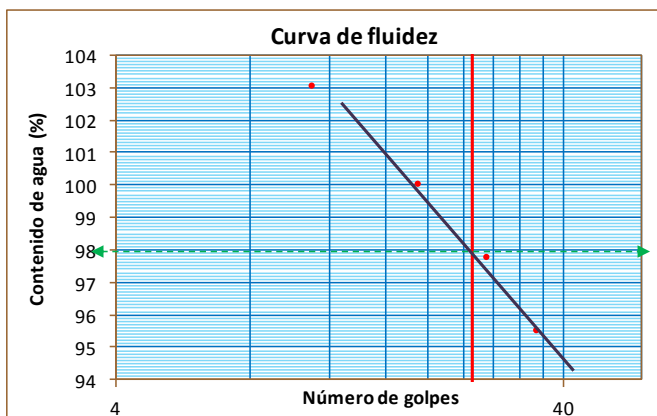
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	121	9.80	35	22.90	16.50	6.40	6.70	95.52
b	131	9.90	27	23.20	16.60	6.55	6.70	97.76
c	84	10.20	19	23.60	16.90	6.70	6.70	100.00
d	32	10.20	11	23.60	16.80	6.80	6.60	103.03

Límite plástico

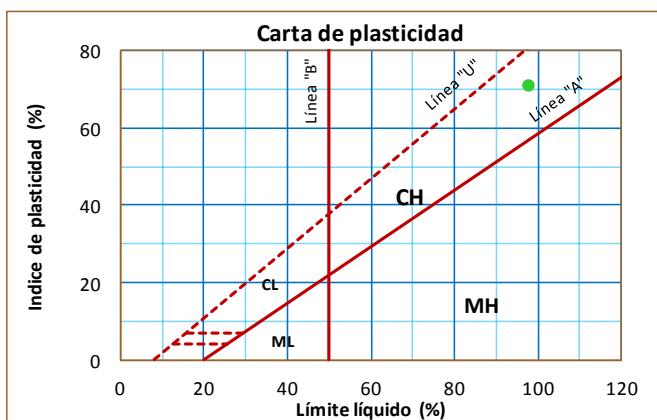
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)	
a	11	6.10	12.20	10.90	1.30	4.80	27.08	
b	77	6.10	12.20	10.90	1.30	4.80	27.08	
							Promedio=	27.08



Límite líquido (%)= 98.00

Límite plástico (%)= 27.08

Índice de plasticidad (%)= 70.92



Clasificación SUCS

C H
Arcilla de alta plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-1	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 16-1,	Profundidad (m): 9,10-9,30

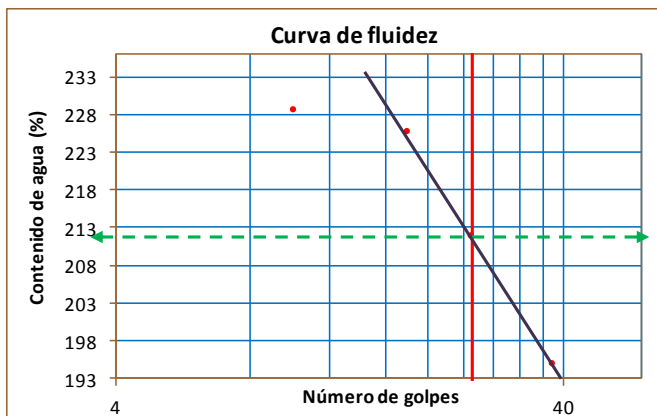
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	121	9.80	38	21.30	13.70	7.60	3.90	194.87
b	130	11.40	25	22.80	14.80	7.20	3.40	211.76
c	9	10.50	18	21.90	14.00	7.90	3.50	225.71
d	115	12.50	10	24.00	16.00	8.00	3.50	228.57

Límite plástico

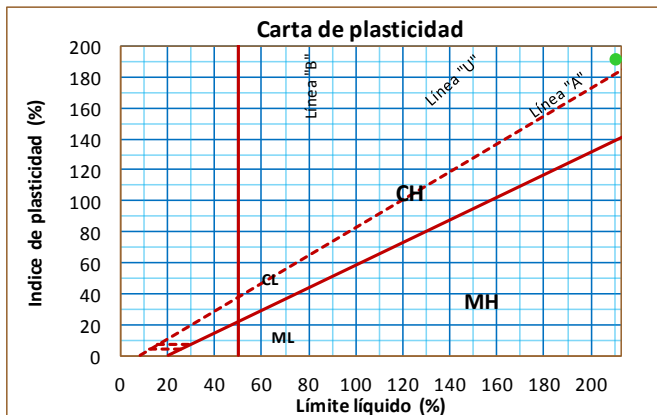
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)	
a	12	6.10	12.10	11.00	1.10	4.90	22.45	
b	124	6.10	12.00	11.10	0.90	5.00	18.00	
							Promedio=	20.22



Límite líquido (%)= 211.00

Límite plástico (%)= 20.22

Índice de plasticidad (%)= 190.78



Clasificación SUCS

C H
 Arcilla de alta plasticidad

Proyecto:	MEGA LA VILLA	Localización:	MEGA LA VILLA
Sondeo:	SM-1	Tipo de sondeo:	SM
No. de muestra:	23-1,	Profundidad (m):	13,30-13,50

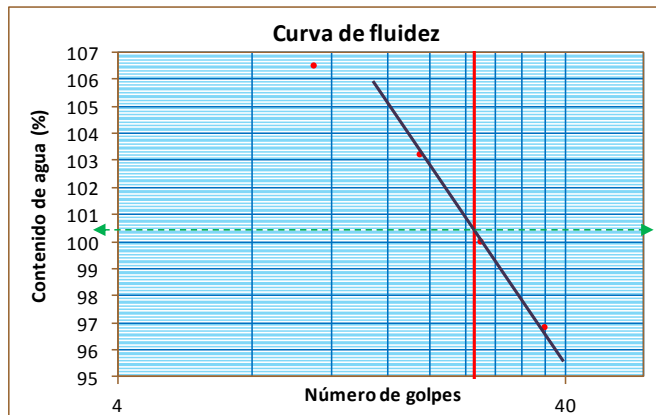
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	83	13.10	36	25.50	19.40	6.10	6.30	96.83
b	92	13.00	26	25.60	19.30	6.30	6.30	100.00
c	115	12.50	19	25.10	18.70	6.40	6.20	103.23
d	61	12.00	11	24.80	18.20	6.60	6.20	106.45

Límite plástico

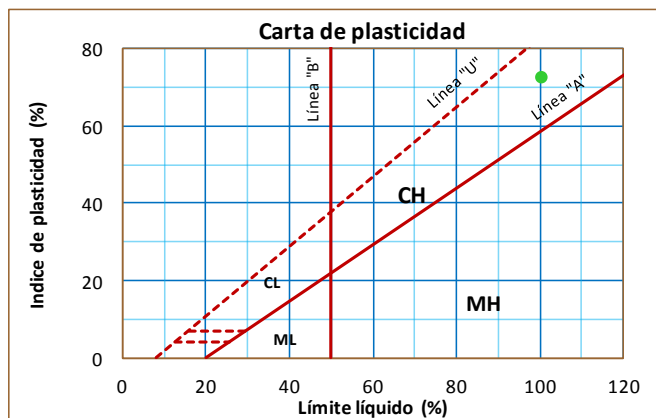
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)	
a	101	6.10	12.20	10.90	1.30	4.80	27.08	
b	102	6.20	12.40	11.00	1.40	4.80	29.17	
							Promedio=	28.13



Límite líquido (%)= 100.50

Límite plástico (%)= 28.13

Índice de plasticidad (%)= 72.38



Clasificación SUCS

C H
Arcilla de alta plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-1	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 30-2	Profundidad (m): 18,30-18,50

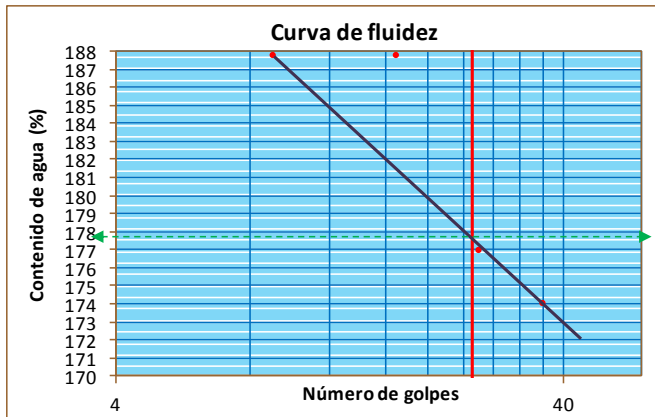
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	49	10.50	36	24.20	15.50	8.70	5.00	174.00
b	53	12.40	26	26.50	17.60	9.20	5.20	176.92
c	19	12.70	17	26.80	17.60	9.20	4.90	187.76
d	92	13.00	9	27.10	17.90	9.20	4.90	187.76

Límite plástico

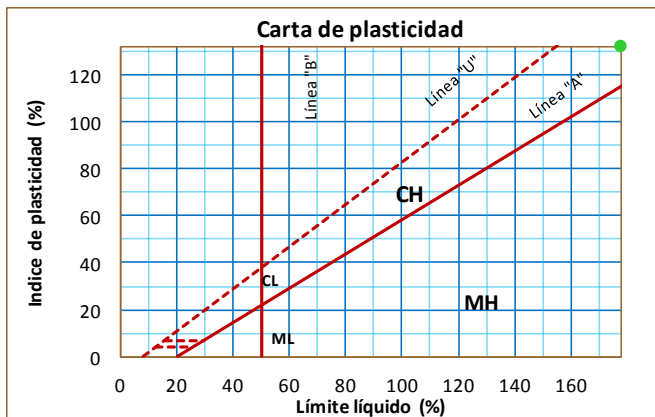
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	23	6.20	12.00	10.20	1.80	4.00	45.00
b	24	6.20	12.10	10.20	1.90	4.00	47.50
Promedio=							46.25



Límite líquido (%)= 177.90

Límite plástico (%)= 46.25

Índice de plasticidad (%)= 131.65



Clasificación SUCS

C H
 Arcilla de alta plasticidad

Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-1	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 36-3,	Profundidad (m): 22,10-22,30

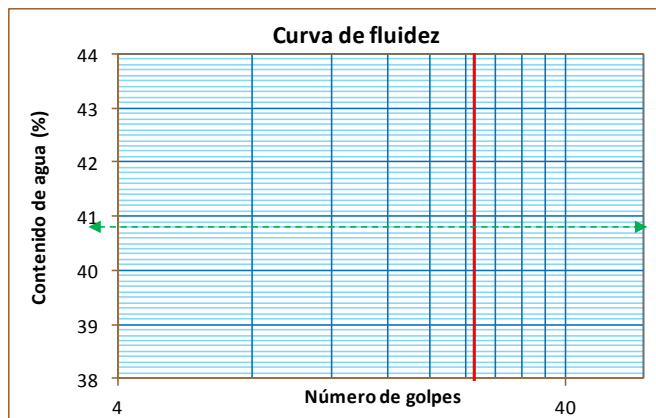
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	40	19.20	40	33.20	29.90	3.30	10.70	30.84
b	73	19.40	29	33.40	30.00	3.40	10.60	32.08
c	78	19.20	18	33.20	29.80	3.40	10.60	32.08
d	94	18.90	10	32.90	29.30	3.60	10.40	34.62

Límite plástico

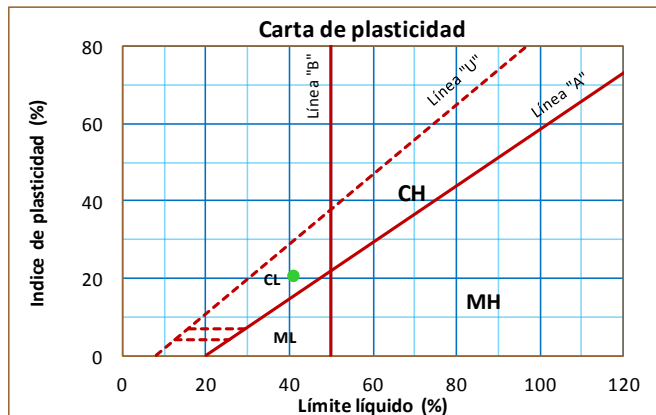
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)	
a	12	6.10	12.00	11.00	1.00	4.90	20.41	
b	124	6.10	12.00	11.00	1.00	4.90	20.41	
							Promedio=	20.41



Límite líquido (%)= 40.94

Límite plástico (%)= 20.41

Índice de plasticidad (%)= 20.53



Clasificación SUCS

C L
Arcilla de baja plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-2	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 10-1	Profundidad (m): 5,50-5,70

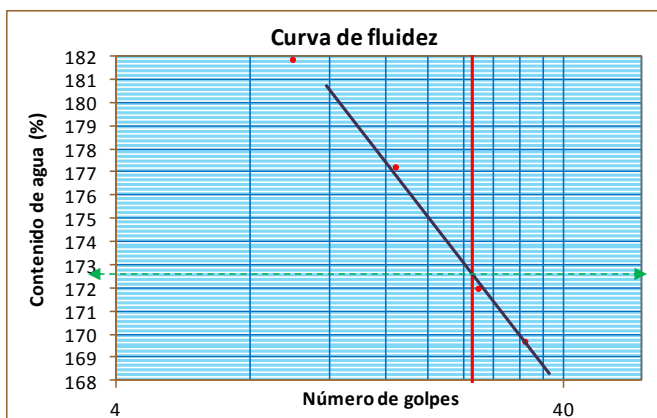
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	54	12.90	33	28.00	18.50	9.50	5.60	169.64
b	55	10.70	26	26.30	16.40	9.80	5.70	171.93
c	58	12.40	17	28.20	18.10	10.10	5.70	177.19
d	59	13.00	10	28.50	18.50	10.00	5.50	181.82

Límite plástico

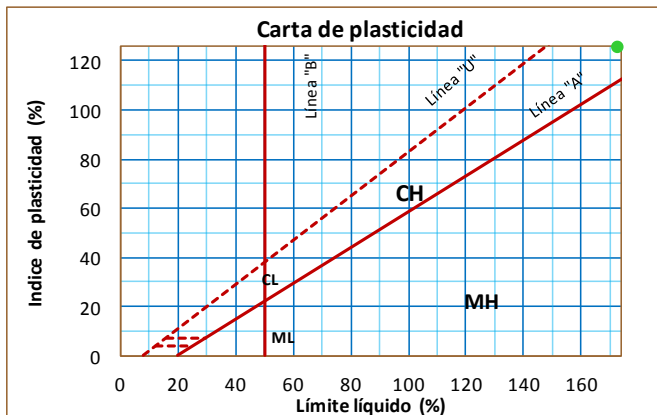
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	10	6.50	12.50	10.10	2.40	3.60	66.67
b	18	6.00	12.00	10.70	1.30	4.70	27.66
Promedio=							47.16



Límite líquido (%)= 172.70

Límite plástico (%)= 47.16

Índice de plasticidad (%)= 125.54



Clasificación SUCS

C H
 Arcilla de alta plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-2	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 18-3,	Profundidad (m): 10,70-10,90

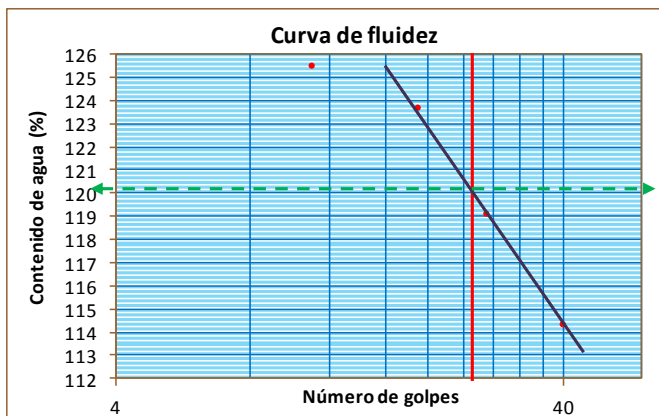
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	25	12.00	40	24.00	17.60	6.40	5.60	114.29
b	26	10.90	27	22.95	16.40	6.55	5.50	119.09
c	32	10.20	19	22.50	15.70	6.80	5.50	123.64
d	39	12.30	11	24.70	17.80	6.90	5.50	125.45

Límite plástico

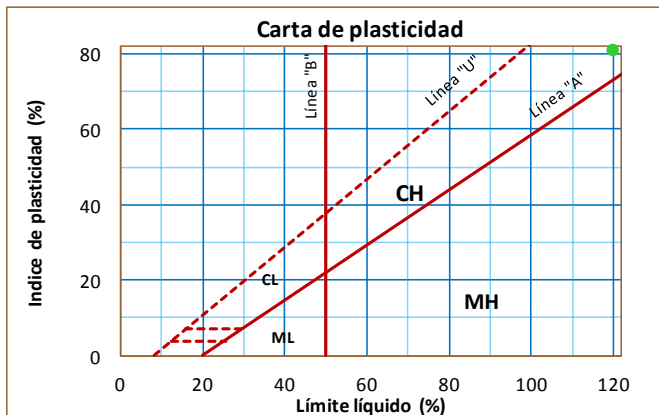
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)	
a	102	6.20	11.80	10.20	1.60	4.00	40.00	
b	119	6.10	11.80	10.20	1.60	4.10	39.02	
							Promedio=	39.51



Límite líquido (%)= 120.10

Límite plástico (%)= 39.51

Índice de plasticidad (%)= 80.59



Clasificación SUCS

C H
Arcilla de alta plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-2	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 25-2,	Profundidad (m): 14,70-14,90

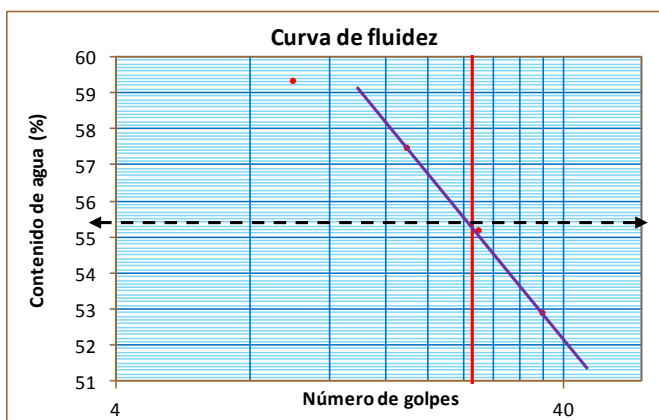
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	19	12.70	36	26.00	21.40	4.60	8.70	52.87
b	128	11.80	26	25.35	20.50	4.80	8.70	55.17
c	15	12.60	18	26.30	21.30	5.00	8.70	57.47
d	1	11.80	10	25.50	20.40	5.10	8.60	59.30

Límite plástico

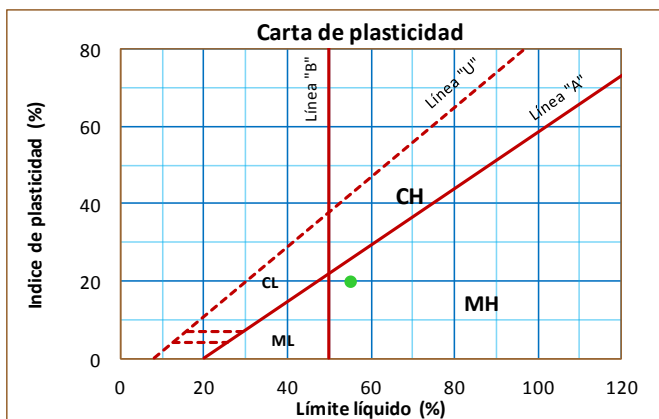
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	52	6.10	12.10	10.50	1.60	4.40	36.36
b	59	6.10	12.20	10.60	1.60	4.50	35.56
Promedio=							35.96



Límite líquido (%)= 55.40

Límite plástico (%)= 35.96

Índice de plasticidad (%)= 19.44



Clasificación SUCS

M H
Limo de alta plasticidad

Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-1	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 31-1,	Profundidad (m): 18,20-18,40

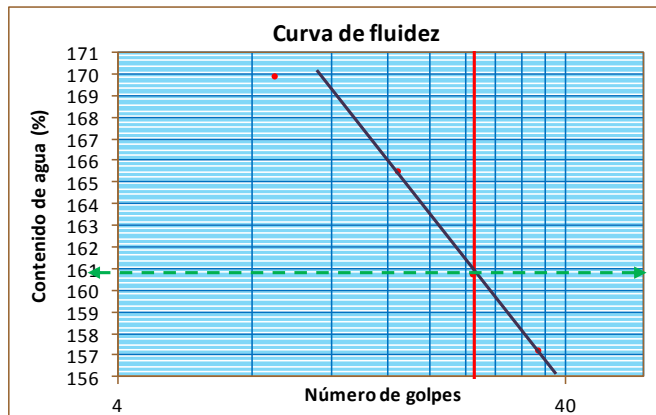
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	35	18.90	35	33.30	24.50	8.80	5.60	157.14
b	40	19.20	25	33.80	24.80	9.00	5.60	160.71
c	41	19.30	17	33.90	24.80	9.10	5.50	165.45
d	46	19.10	9	33.40	24.40	9.00	5.30	169.81

Límite plástico

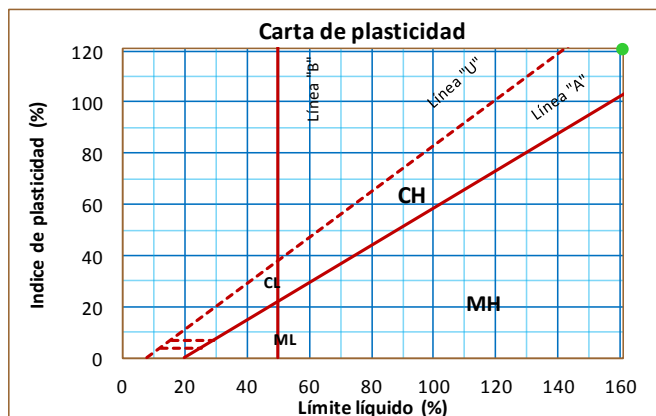
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	37	6.00	12.20	10.40	1.80	4.40	40.91
b	31	6.00	12.30	10.50	1.80	4.50	40.00
Promedio=							40.45



Límite líquido (%)= 160.90

Límite plástico (%)= 40.45

Índice de plasticidad (%)= 120.45



Clasificación SUCS

C H
Arcilla de alta plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-2	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 36-1	Profundidad (m): 21,90-22,10

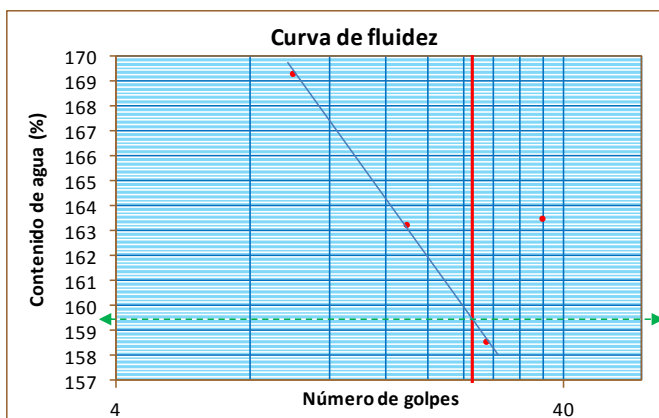
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	92	13.00	36	26.70	18.20	8.50	5.20	163.46
b	97	12.30	27	26.00	17.60	8.40	5.30	158.49
c	116	13.00	18	27.00	18.30	8.65	5.30	163.21
d	54	12.90	10	26.90	18.10	8.80	5.20	169.23

Límite plástico

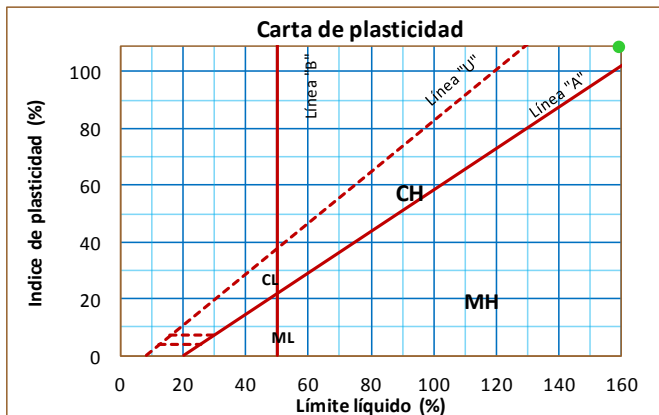
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	52	6.10	12.10	10.10	2.00	4.00	50.00
b	82	6.10	12.20	10.10	2.10	4.00	52.50
Promedio=							51.25



Límite líquido (%)= 159.50

Límite plástico (%)= 51.25

Índice de plasticidad (%)= 108.25



Clasificación SUCS

C H
 Arcilla de alta plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-3	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 8-2	Profundidad (m): 4,30-4,50

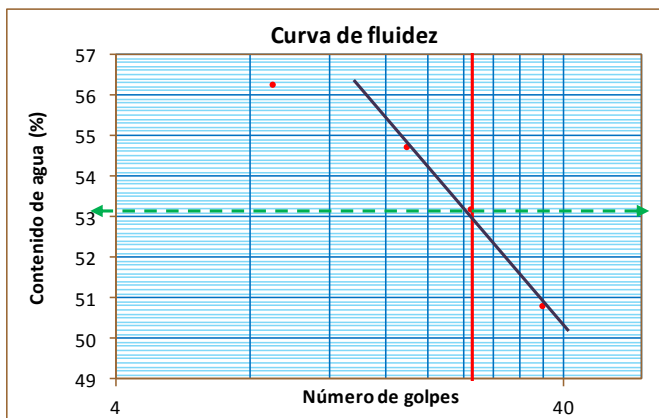
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	31	6.00	36	15.50	12.30	3.20	6.30	50.79
b	108	6.10	25	15.70	12.40	3.35	6.30	53.17
c	23	6.20	18	16.10	12.60	3.50	6.40	54.69
d	11	6.10	9	16.10	12.50	3.60	6.40	56.25

Límite plástico

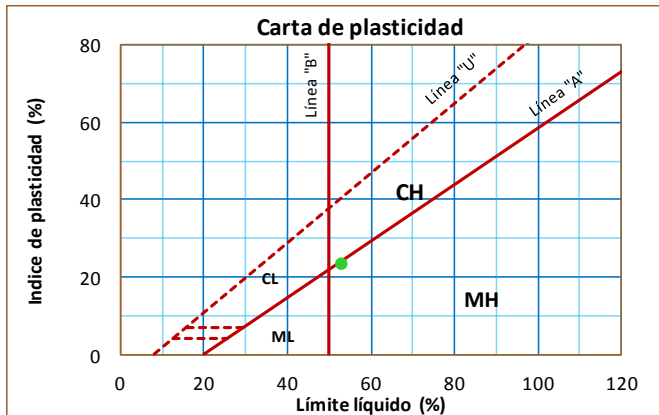
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)	
a	56	6.30	10.70	9.70	1.00	3.40	29.41	
b	124	6.00	10.30	9.30	1.00	3.30	30.30	
							Promedio=	29.86



Límite líquido (%)= 53.20

Límite plástico (%)= 29.86

Índice de plasticidad (%)= 23.34



Clasificación SUCS

M H
Limo de alta plasticidad

Proyecto:	MEGA LA VILLA	Localización:	MEGA LA VILLA
Sondeo:	SM-3	Tipo de sondeo:	SM
No. de muestra:	14-3,	Profundidad (m):	8,30-8,50

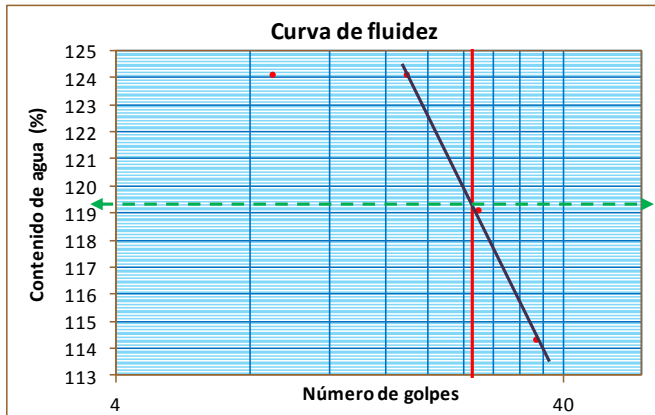
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	5	18.80	35	30.80	24.40	6.40	5.60	114.29
b	14	19.60	26	31.70	25.10	6.55	5.50	119.09
c	21	19.10	18	31.20	24.50	6.70	5.40	124.07
d	28	19.30	9	31.40	24.70	6.70	5.40	124.07

Límite plástico

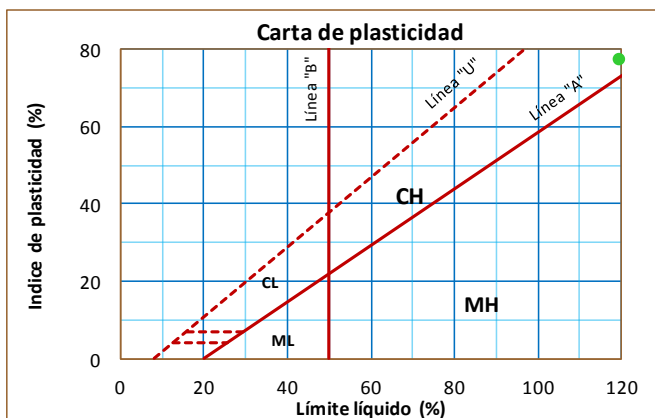
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	31	6.00	11.10	9.60	1.50	3.60	41.67
b	66	5.90	10.90	9.40	1.50	3.50	42.86
Promedio=							42.26



Límite líquido (%)= 119.40

Límite plástico (%)= 42.26

Índice de plasticidad (%)= 77.14



Clasificación SUCS

C H
Arcilla de alta plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-3	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 24-2,	Profundidad (m): 14,20-14,40

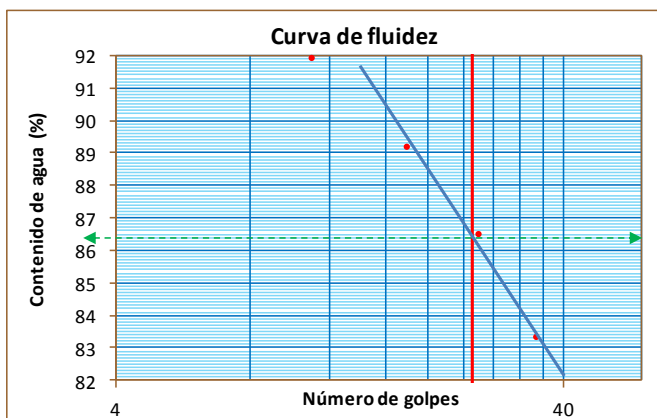
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	130	11.40	35	18.00	15.00	3.00	3.60	83.33
b	97	12.30	26	19.10	16.00	3.20	3.70	86.49
c	42	12.00	18	19.00	15.70	3.30	3.70	89.19
d	25	12.00	11	19.10	15.70	3.40	3.70	91.89

Límite plástico

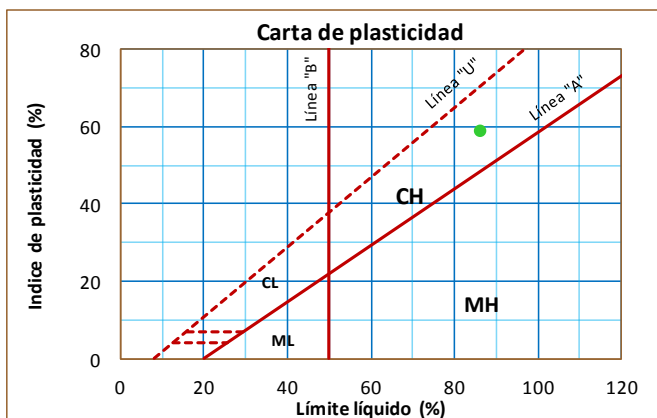
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	129	6.20	10.50	9.60	0.90	3.40	26.47
b	132	6.00	10.40	9.40	1.00	3.40	29.41
Promedio=							27.94



Límite líquido (%)= 86.40

Límite plástico (%)= 27.94

Índice de plasticidad (%)= 58.46



Clasificación SUCS

C H
 Arcilla de alta plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-3	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 30-2	Profundidad (m): 17,70-17,90

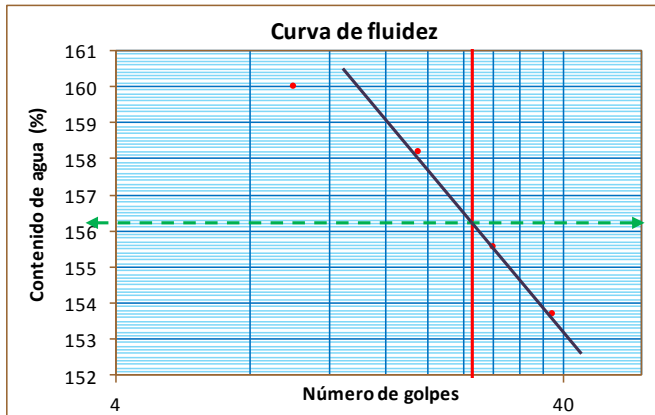
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	117	18.90	38	32.60	24.30	8.30	5.40	153.70
b	96	19.10	28	33.00	24.50	8.40	5.40	155.56
c	94	18.90	19	33.10	24.40	8.70	5.50	158.18
d	41	19.30	10	33.60	24.80	8.80	5.50	160.00

Límite plástico

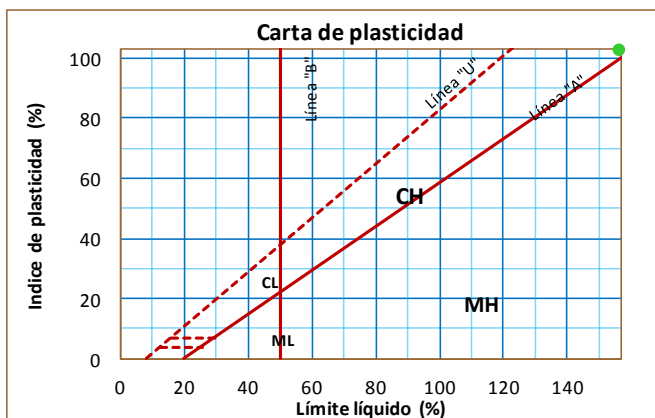
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)	
a	126	6.40	12.40	10.30	2.10	3.90	53.85	
b	127	6.00	12.00	9.90	2.10	3.90	53.85	
							Promedio=	53.85



Límite líquido (%)= 156.30

Límite plástico (%)= 53.85

Índice de plasticidad (%)= 102.45



Clasificación SUCS

C H
 Arcilla de alta plasticidad



Proyecto: MEGA LA VILLA	Localización: MEGA LA VILLA
Sondeo: SM-3	Tipo de sondeo: SM
No. de muestra: 40-2	Profundidad (m): 24,30-24,50

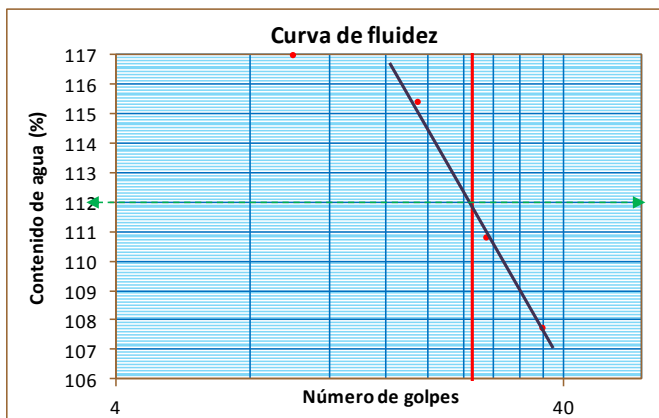
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	95	10.20	36	23.70	16.70	7.00	6.50	107.69
b	87	10.70	27	24.40	17.20	7.20	6.50	110.77
c	93	13.10	19	27.10	19.60	7.50	6.50	115.38
d	61	12.00	10	26.10	18.50	7.60	6.50	116.92

Límite plástico

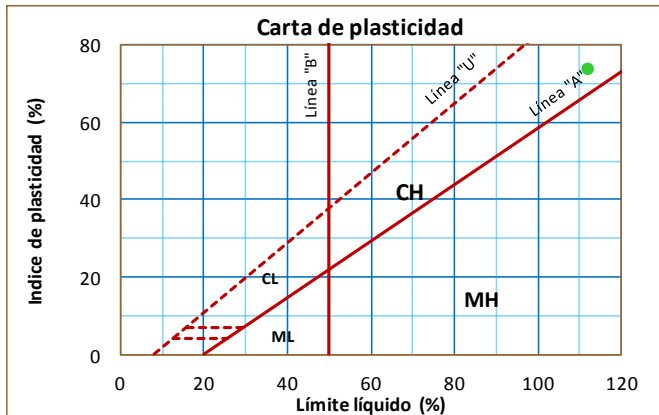
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	108	6.10	11.90	10.30	1.60	4.20	38.10
b	109	6.20	11.90	10.30	1.60	4.10	39.02
Promedio=							38.56



Límite líquido (%)= 112.00

Límite plástico (%)= 38.56

Índice de plasticidad (%)= 73.44



Clasificación SUCS

C H
 Arcilla de alta plasticidad

Proyecto: MEGA - LA VILLA	Localización: MEGA - LA VILLA
Sondeo: PCA-1	Tipo de sondeo: PCA
No. de muestra: MC-1	Profundidad (m): 1,30 - 1,50

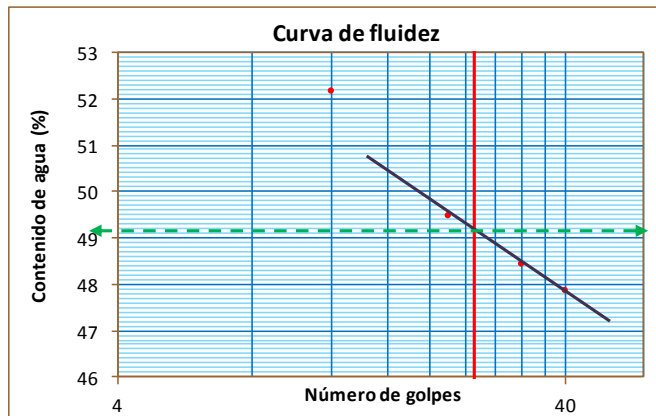
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	1	11.80	40	25.70	21.20	4.50	9.40	47.87
b	42	12.00	32	26.10	21.50	4.60	9.50	48.42
c	51	11.70	22	25.60	21.00	4.60	9.30	49.46
d	61	12.00	12	26.00	21.20	4.80	9.20	52.17

Límite plástico

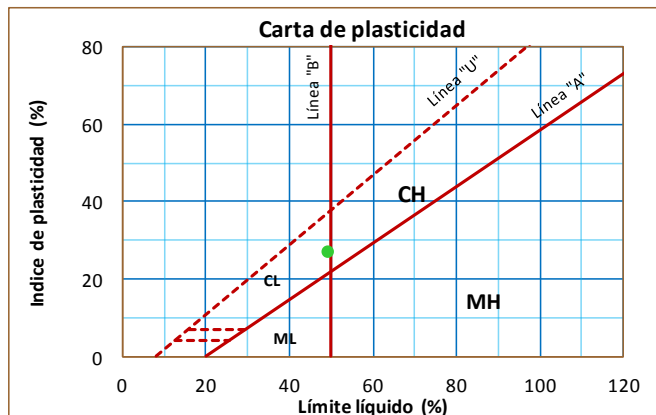
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)	
a	86	6.10	11.60	10.60	1.00	4.50	22.22	
b	101	6.10	11.60	10.60	1.00	4.50	22.22	
							Promedio=	22.22



Límite líquido (%)= 49.20

Límite plástico (%)= 22.22

Índice de plasticidad (%)= 26.98



Clasificación SUCS

C L
Arcilla de baja plasticidad

Proyecto: MEGA - LA VILLA	Localización: MEGA - LA VILLA
Sondeo: PCA-2	Tipo de sondeo: PCA
No. de muestra: MC-1	Profundidad (m): 1,40-1,60

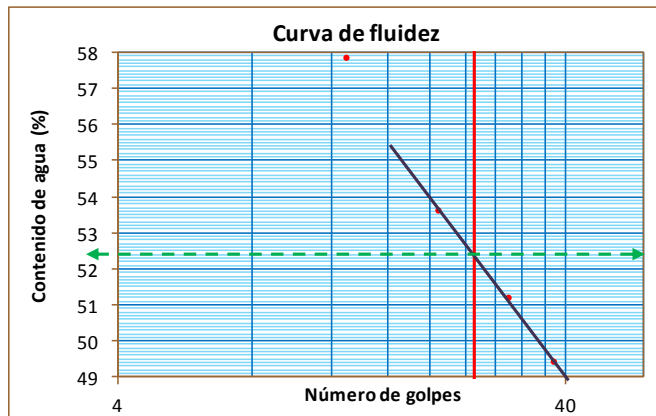
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	117	18.90	38	31.60	27.40	4.20	8.50	49.41
b	79	19.60	30	32.45	28.10	4.35	8.50	51.18
c	68	19.80	21	32.70	28.20	4.50	8.40	53.57
d	14	19.60	13	32.70	27.90	4.80	8.30	57.83

Límite plástico

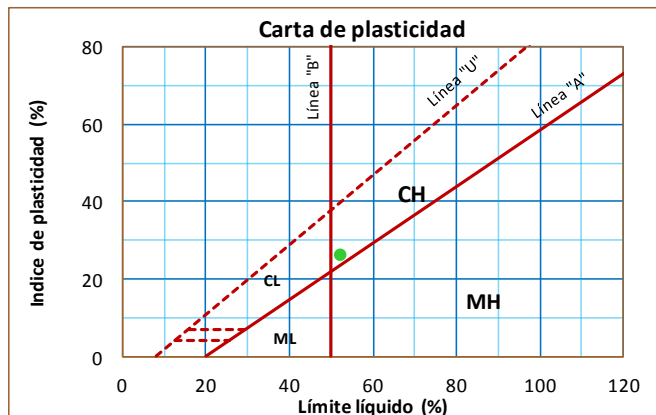
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	111	6.30	11.60	10.50	1.10	4.20	26.19
b	118	6.20	11.50	10.40	1.10	4.20	26.19
Promedio=							26.19



Límite líquido (%)= 52.40

Límite plástico (%)= 26.19

Índice de plasticidad (%)= 26.21



Clasificación SUCS

C H
Arcilla de alta plasticidad



Proyecto:	MEGA - LA VILLA	Localización:	MEGA - LA VILLA
Sondeo:	PCA-2	Tipo de sondeo:	PCA
No. de muestra:	MC-2	Profundidad (m):	2,10-2,30

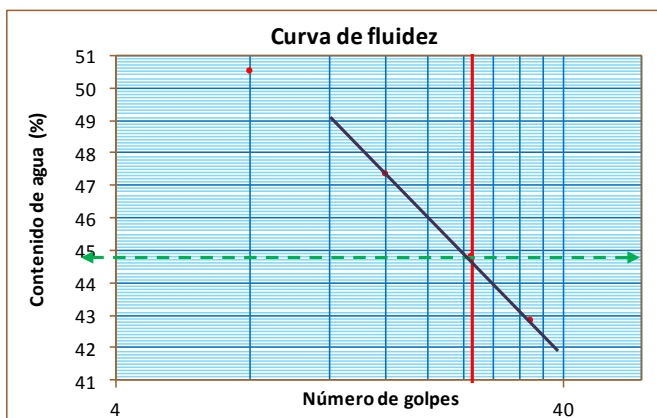
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	84	10.20	34	24.20	20.00	4.20	9.80	42.86
b	87	10.70	25	24.70	20.30	4.30	9.60	44.79
c	95	10.20	16	24.20	19.70	4.50	9.50	47.37
d	97	12.30	8	26.30	21.60	4.70	9.30	50.54

Límite plástico

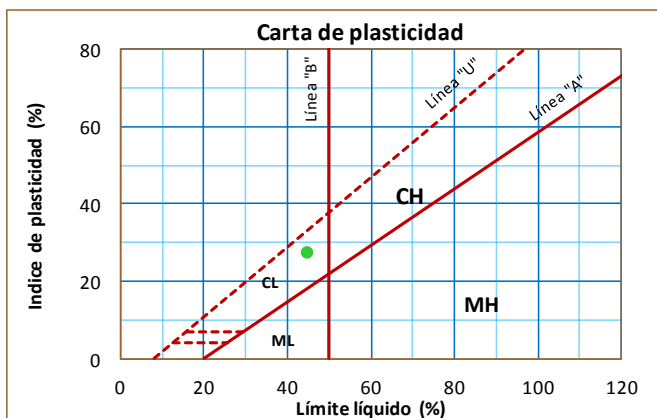
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	57	6.00	11.40	10.60	0.80	4.60	17.39
b	80	6.20	11.60	10.80	0.80	4.60	17.39
Promedio=							17.39



Límite líquido (%)= 44.80

Límite plástico (%)= 17.39

Índice de plasticidad (%)= 27.41



Clasificación SUCS

C L
 Arcilla de baja plasticidad

Proyecto:	MEGA - LA VILLA	Localización:	MEGA - LA VILLA
Sondeo:	PCA-3	Tipo de sondeo:	PCA
No. de muestra:	MC-1	Profundidad (m):	2,10-2,30

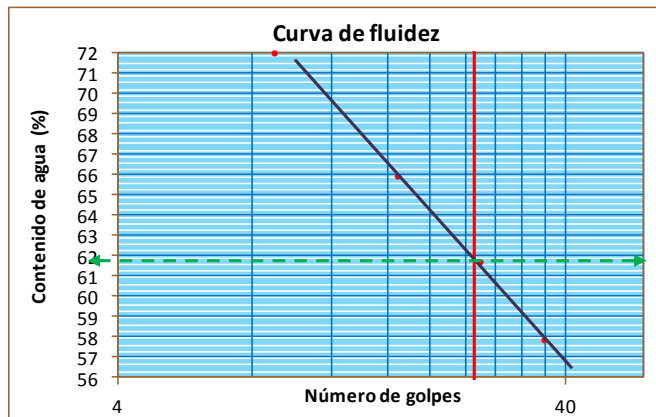
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	73	19.40	36	33.60	28.40	5.20	9.00	57.78
b	78	19.20	26	33.30	27.80	5.30	8.60	61.63
c	125	19.00	17	33.10	27.50	5.60	8.50	65.88
d	116	13.00	9	27.10	21.20	5.90	8.20	71.95

Límite plástico

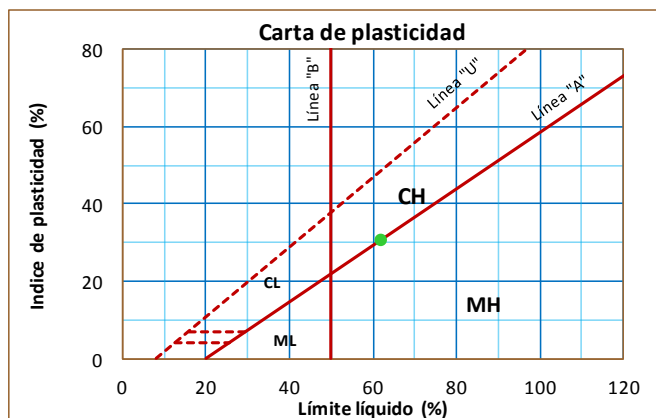
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	127	6.00	11.00	9.80	1.20	3.80	31.58
b	122	6.00	11.00	9.80	1.20	3.80	31.58
Promedio=							31.58



Límite líquido (%)= 61.90

Límite plástico (%)= 31.58

Índice de plasticidad (%)= 30.32



Clasificación SUCS

M H
Limo de alta plasticidad



Proyecto:	MEGA - LA VILLA	Localización:	MEGA - LA VILLA
Sondeo:	PCA-4	Tipo de sondeo:	PCA
No. de muestra:	MC-1	Profundidad (m):	2,00-2,20

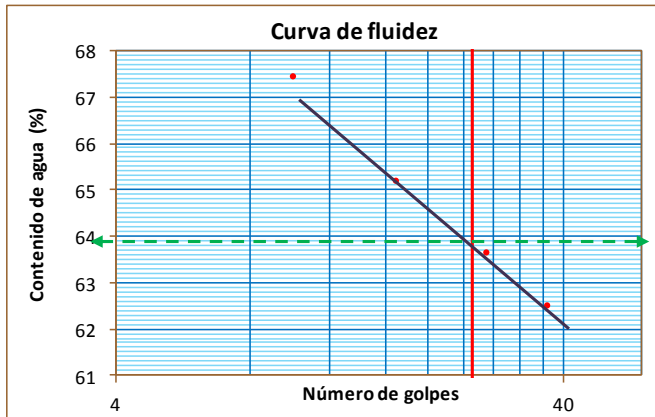
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	3	19.30	37	33.60	28.10	5.50	8.80	62.50
b	5	18.80	27	33.30	27.60	5.60	8.80	63.64
c	21	19.10	17	33.80	28.00	5.80	8.90	65.17
d	68	19.80	10	34.70	28.70	6.00	8.90	67.42

Límite plástico

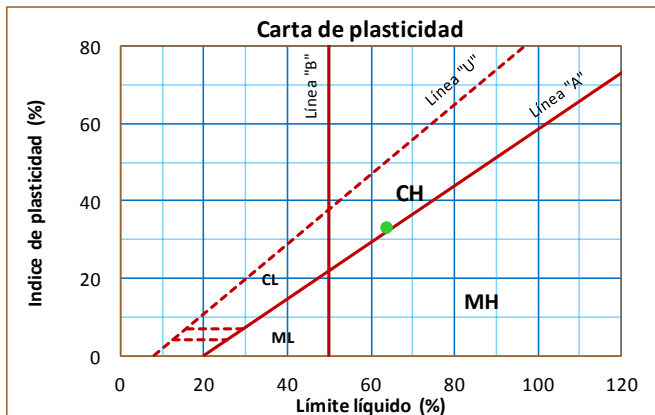
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	67	6.10	10.90	9.80	1.10	3.70	29.73
b	44	6.20	11.10	9.90	1.20	3.70	32.43
Promedio=							31.08



Límite líquido (%)= 63.90

Límite plástico (%)= 31.08

Índice de plasticidad (%)= 32.82



Clasificación SUCS

C H
 Arcilla de alta plasticidad

Proyecto: MEGA - LA VILLA	Localización: MEGA - LA VILLA
Sondeo: PCA-5	Tipo de sondeo: PCA
No. de muestra: MC-1	Profundidad (m): 2,20-2,40

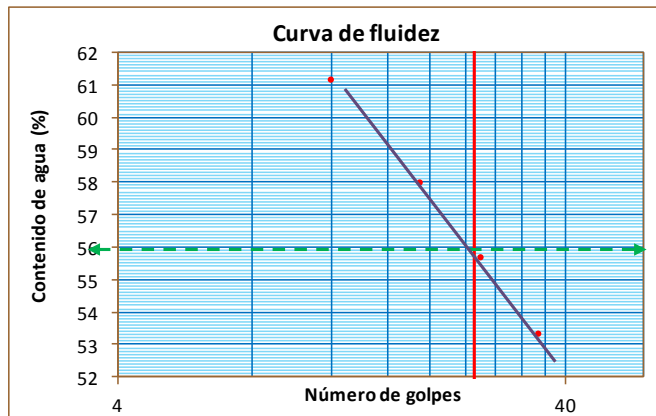
Reporte de ensaye. Determinación de los límites líquido y plástico, e índice de plasticidad para suelos finos (NMX-C-416, Capítulo 6).

Límite líquido

Prueba no.	Cápsula número	W cap (g)	No. de golpes	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	58	12.40	35	26.20	21.40	4.80	9.00	53.33
b	97	12.30	26	26.10	21.10	4.90	8.80	55.68
c	19	12.70	19	26.60	21.50	5.10	8.80	57.95
d	25	12.00	12	26.50	21.00	5.50	9.00	61.11

Límite plástico

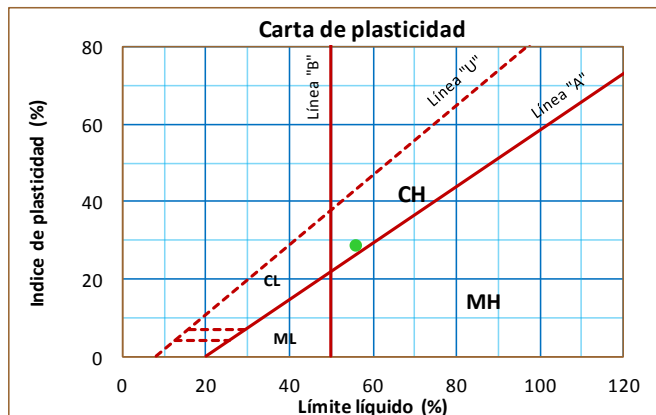
Prueba no.	Cápsula número	W cápsula (g)	W cap + W sh (g)	W cap + W ss (g)	W agua (g)	W sólidos (g)	Contenido de agua (%)
a	63	5.90	11.00	9.90	1.10	4.00	27.50
b	81	5.70	10.80	9.70	1.10	4.00	27.50
Promedio=							27.50



Límite líquido (%)= 56.00

Límite plástico (%)= 27.50

Índice de plasticidad (%)= 28.50



Clasificación SUCS

C H
Arcilla de alta plasticidad



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

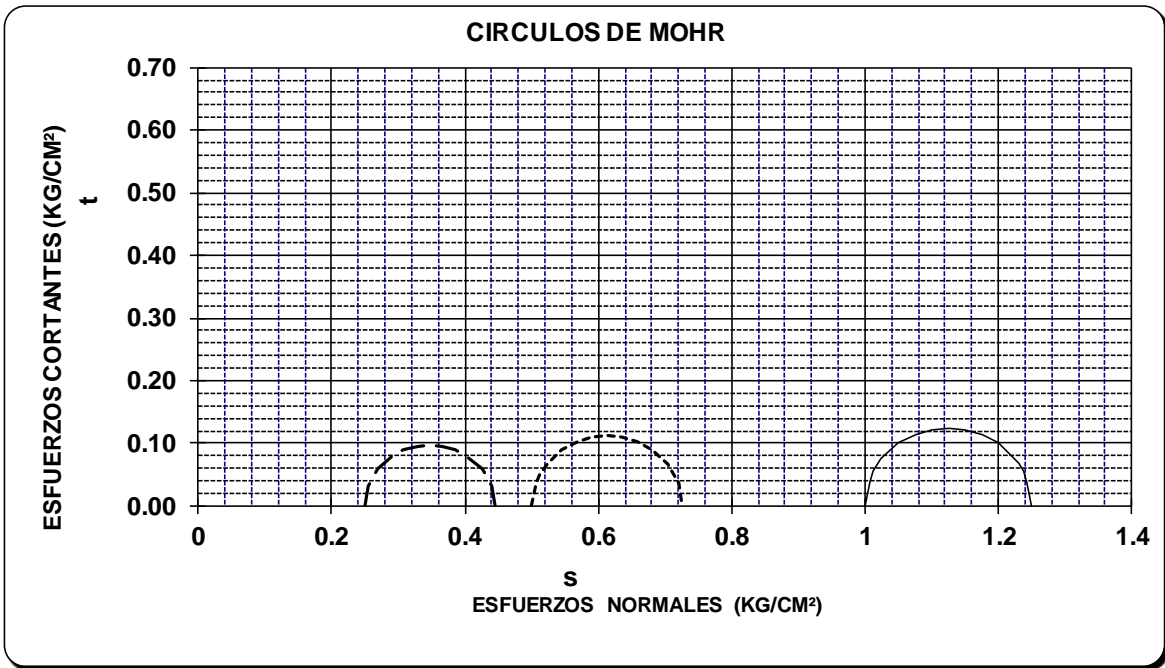


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: mega la villa
 SONDEO: sm-1
 JESTRA:9-2 0 PROF.: 5.10-5.30

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA poco limosa con poca arena gris oscuro

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						Ss=	wi=
1	0.25	0.1943	1.341	91.9	2.843	2.54	102.74 %
2	0.50	0.2258	1.372	94.2	2.718	102.54 %	93.09 %
3	1.00	0.2498	1.349	93.1	2.850	92.90 %	1.354 ton/m ³
DATOS FINALES							
		ef	Gwf	wf	pvhf	PVN=	PVF=
1	0.25	2.843	91.925	102.91	1.341	1.353 ton/m ³	ei= 2.80
2	0.50	2.719	93.651	100.24	1.368	ef= 2.80	
3	1.00	2.850	93.135	104.49	1.349		





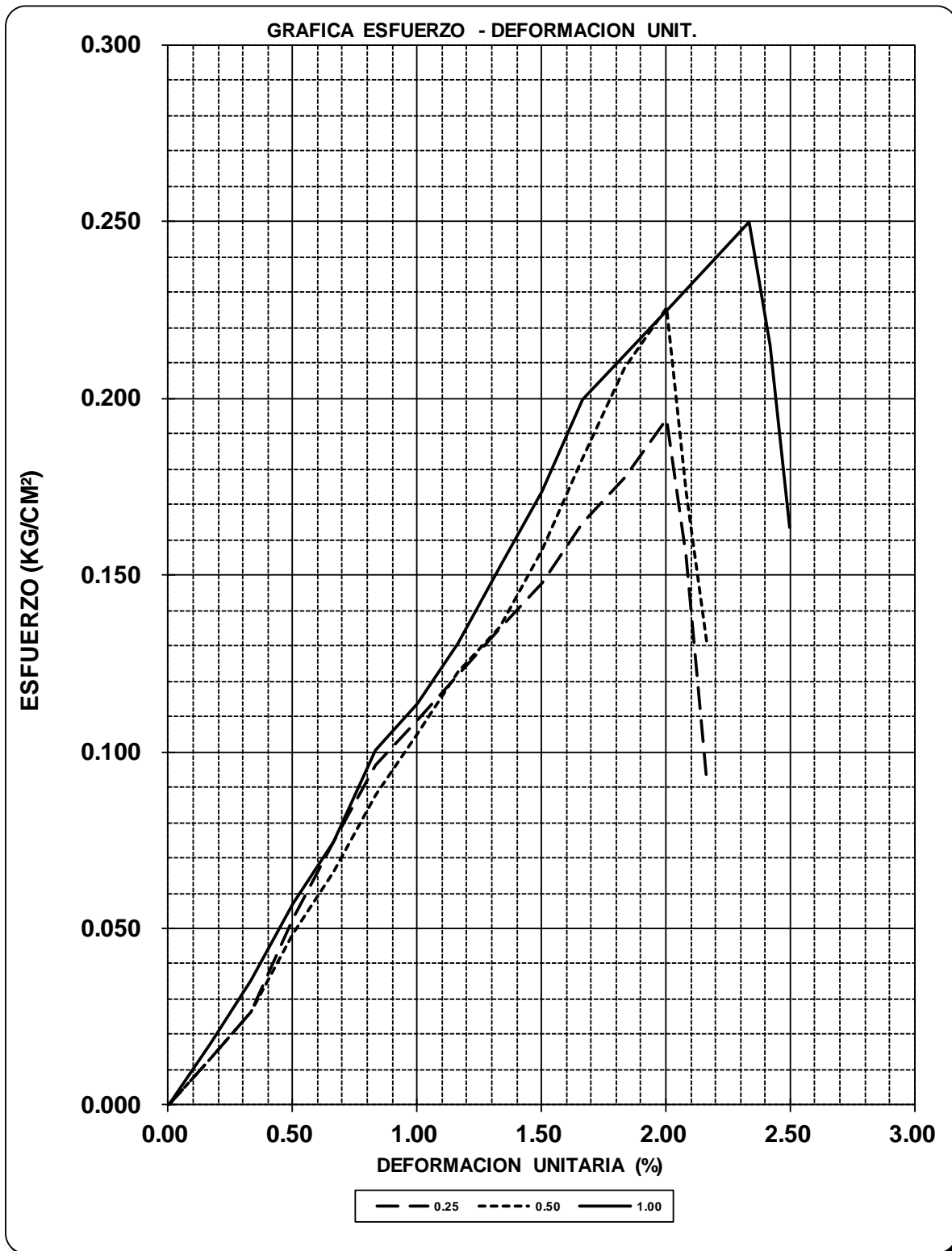
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: mega la villa

SONDEO: sm-1

MUESTRA: 0

PROF: 5.10-5.30





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

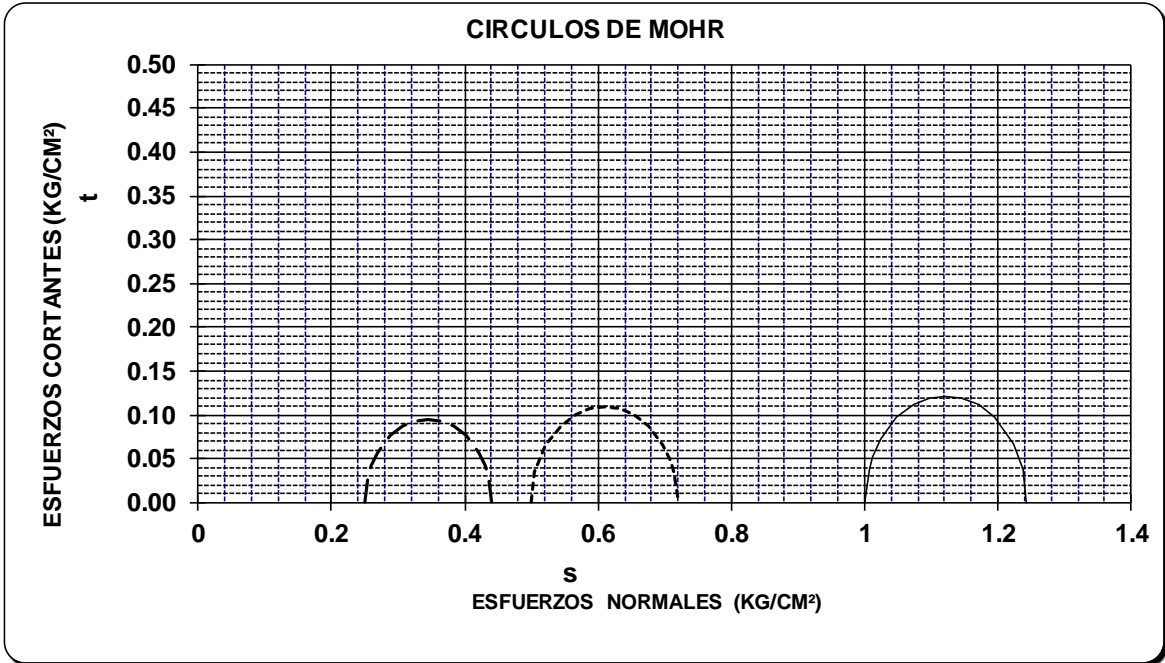


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-1
 ESTRA:16-1 0 PROF.: 9.10-9.30

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :	
ARCILLA GRIS VERDOSA	

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO																		
1	0.25	0.1911	1.226	95.6	4.530	Ss=	2.45	wi=	174.81 %	wf=	174.81 %	Gw=	96.26 %	Gwf=	95.87 %	PVN=	1.231 ton/m ³	PVF=	1.231 ton/m ³	ei=	4.53	ef=	4.47	
2	0.50	0.2196	1.249	97.8	4.438																			
3	1.00	0.2434	1.219	95.4	4.627																			
DATOS FINALES																								
			ef	Gwf	wf	pvhf																		
1	0.25		4.530	95.617	176.79	1.226																		
2	0.50		4.438	97.795	177.14	1.249																		
3	1.00		4.435	94.202	170.52	1.219																		





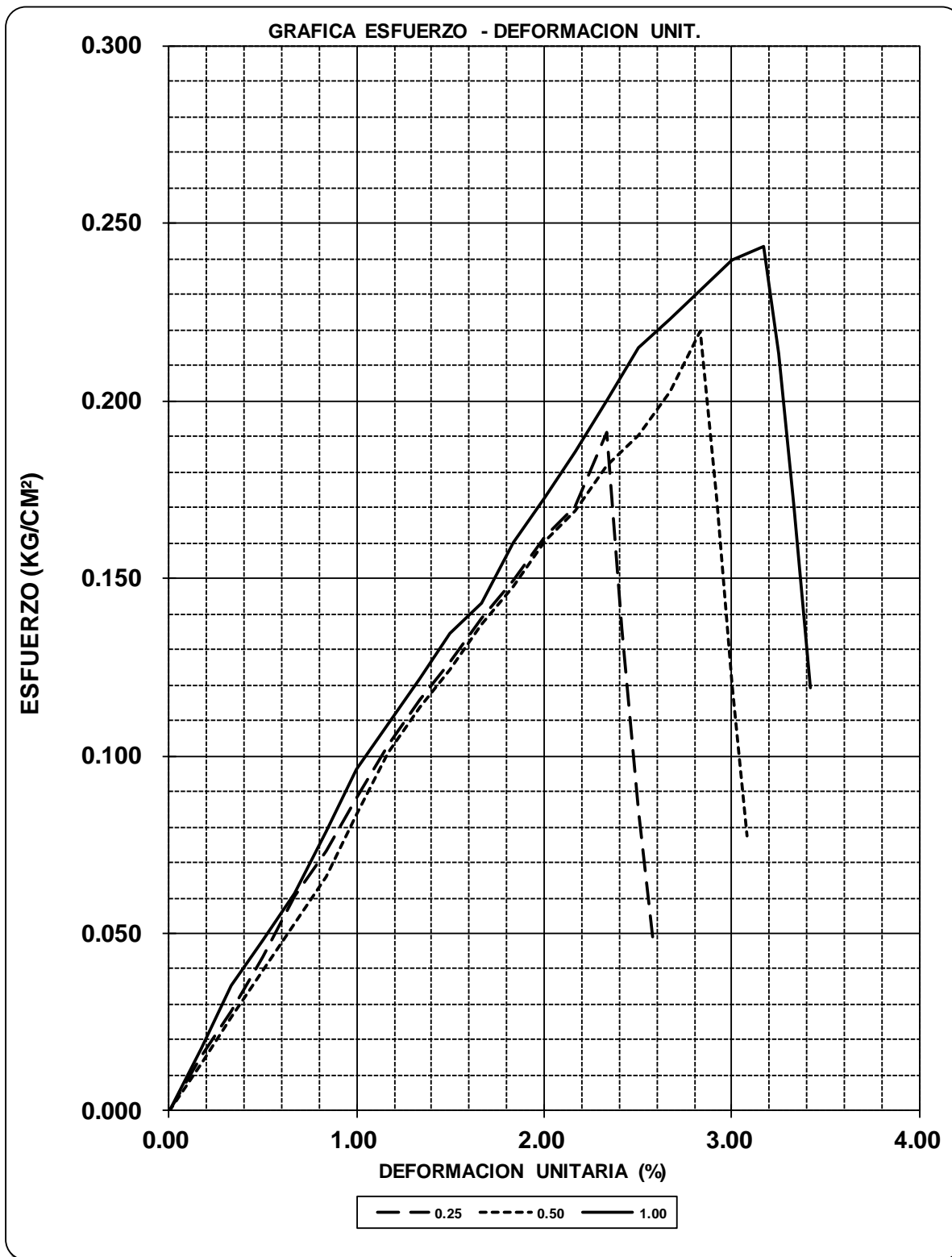
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-1

MUESTRA: 0

PROF: 9.10-9.30





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



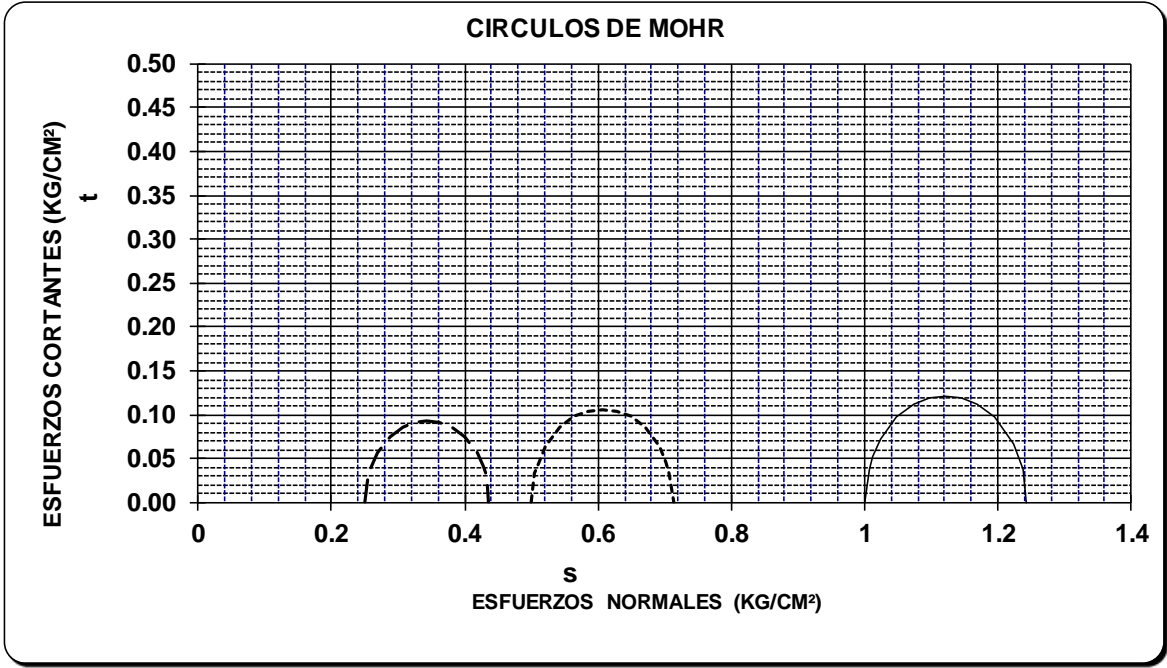
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-1
 ESTRA:23-1 0 PROF.: 13.3-13.50

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA GRIS VERDOSA

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei
	1	0.25	0.1867		
2	0.50	0.2129	1.314	93.7	3.112
3	1.00	0.2429	1.278	89.8	3.190
DATOS FINALES					
		ef	Gwf	wf	pvhf
1	0.25	3.443	85.572	118.31	1.224
2	0.50	3.377	86.318	117.06	1.235
3	1.00	3.101	88.736	110.53	1.278

VALORES PROMEDIO	
Ss=	2.49
wi=	119.96 %
wf=	115.30 %
Gw=	89.69 %
Gwf=	86.88 %
PVN=	1.272 ton/m ³
PVF=	1.246 ton/m ³
ei=	3.25
ef=	3.31





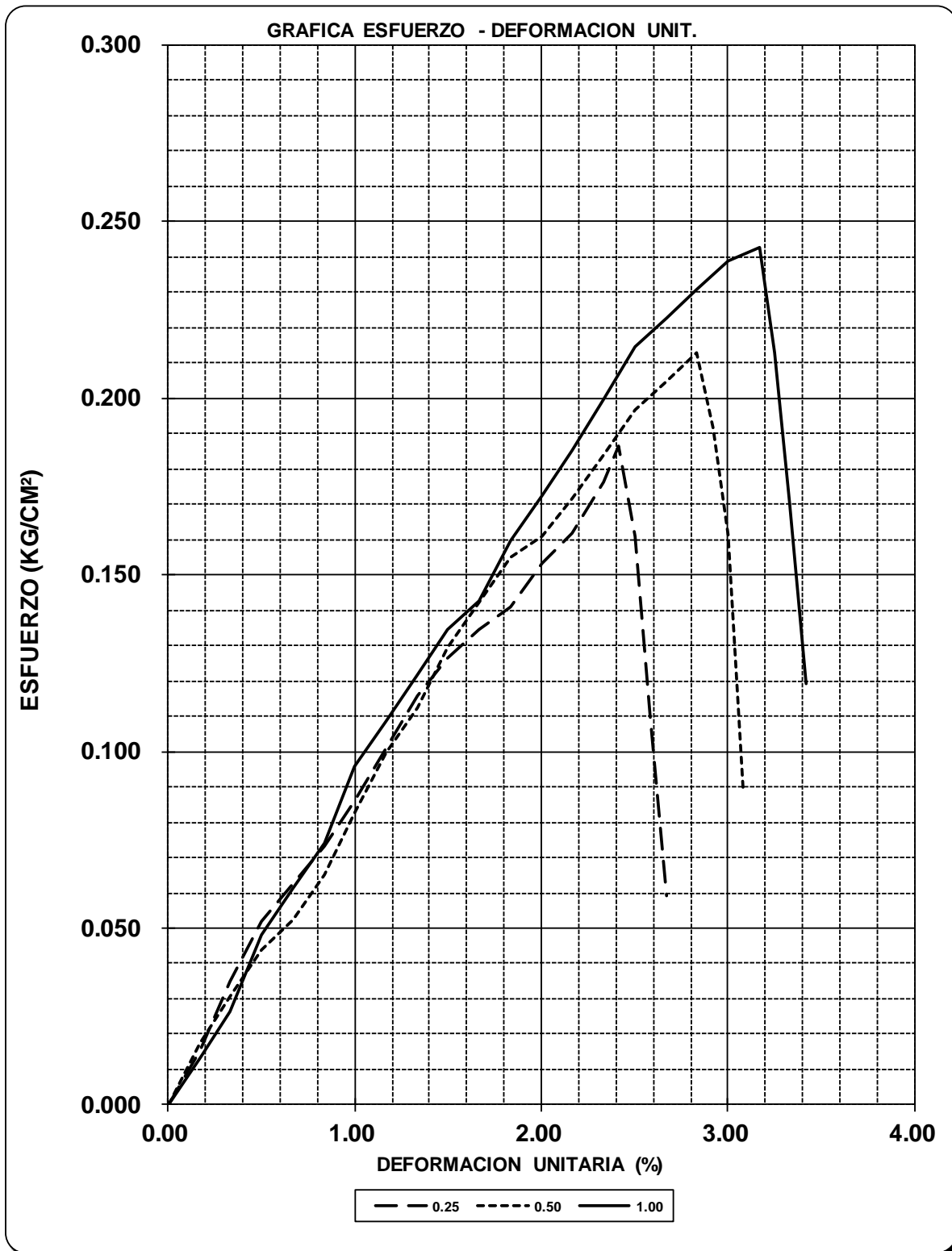
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-1

MUESTRA: 0

PROF: 13.3-13.50



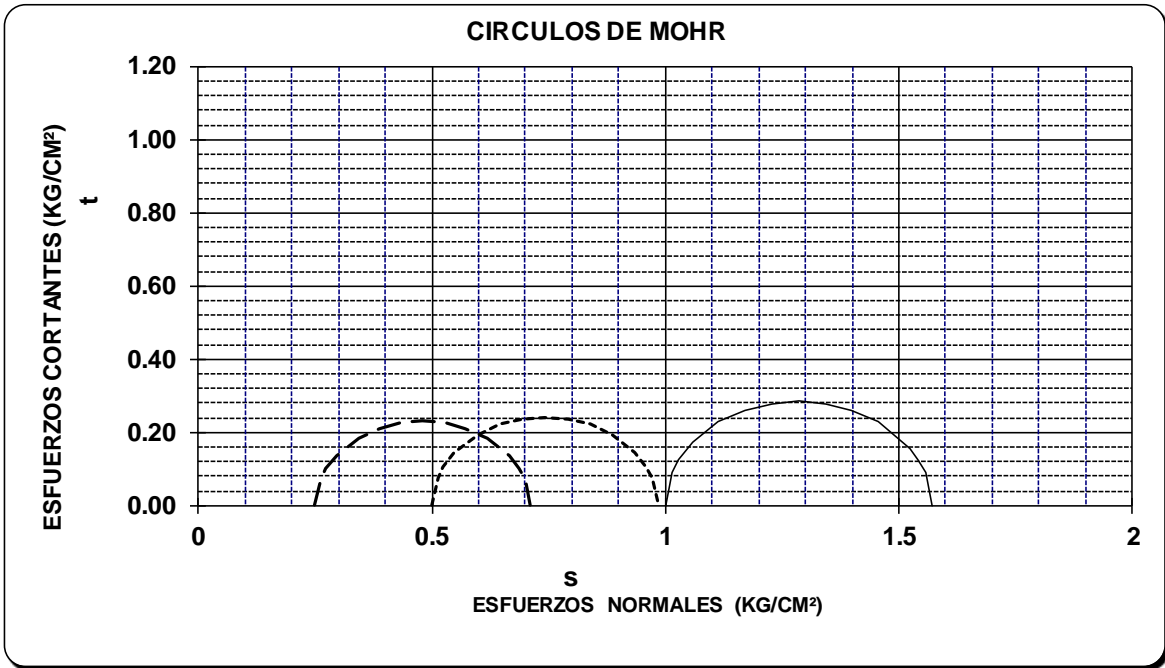


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-1
 MUESTRA: 30-2 PROF.: 18.30-18.50m.

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO								
							Ss=	wi=	wf=	Gw=	Gwf=	PVN=	PVF=	ei=
1	0.25	0.4611	1.243	90.8	3.577									
2	0.50	0.4842	1.274	94.1	3.500									
3	1.00	0.5705	1.306	97.0	3.374									
DATOS FINALES														
		ef	Gwf	wf	pvhf									
1	0.25	3.580	90.752	133.14	1.242									
2	0.50	3.500	94.090	134.95	1.274									
3	1.00	3.374	96.975	134.10	1.306									





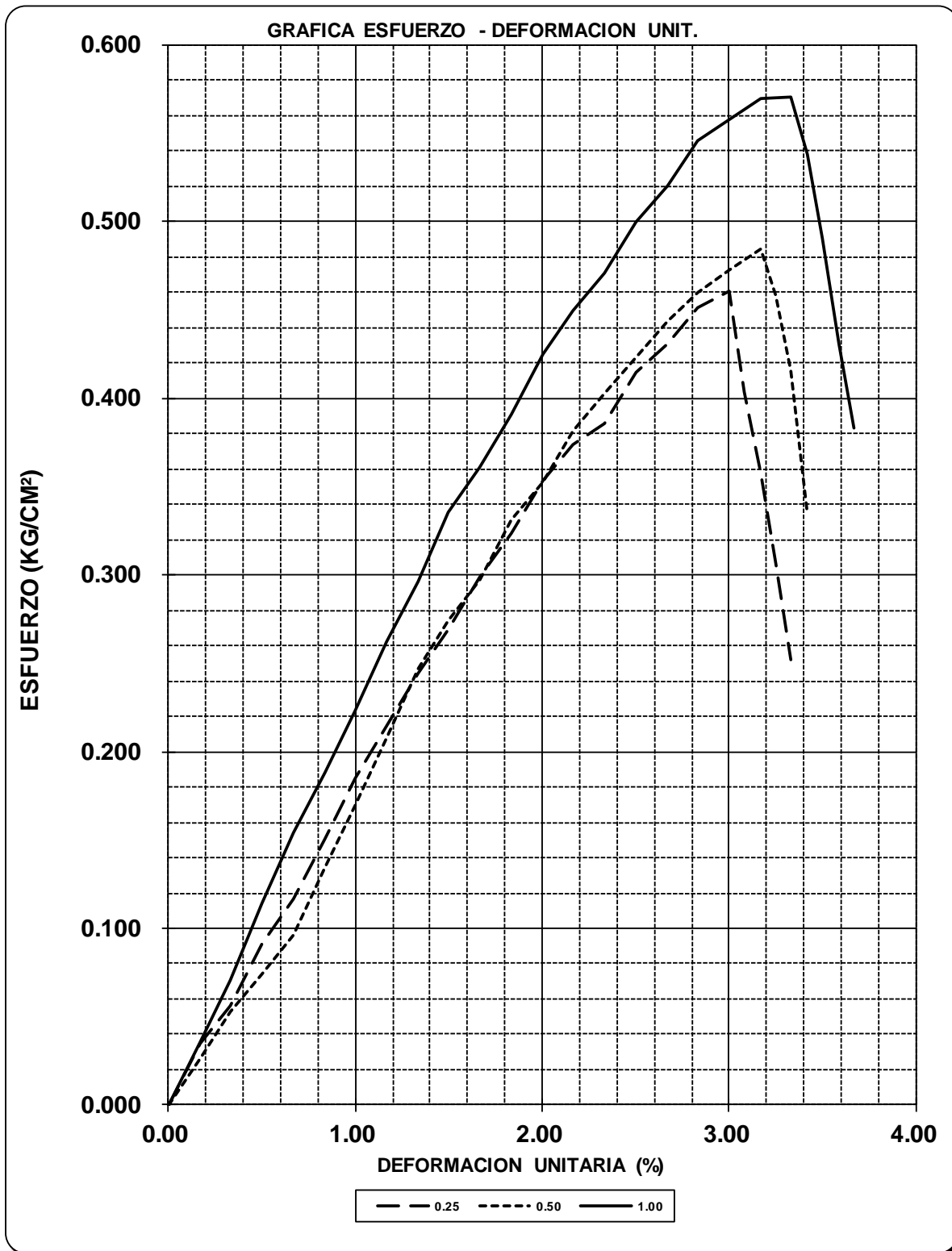
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-1

MUESTRA: 30-2

PROF: 18.30-18.50m.



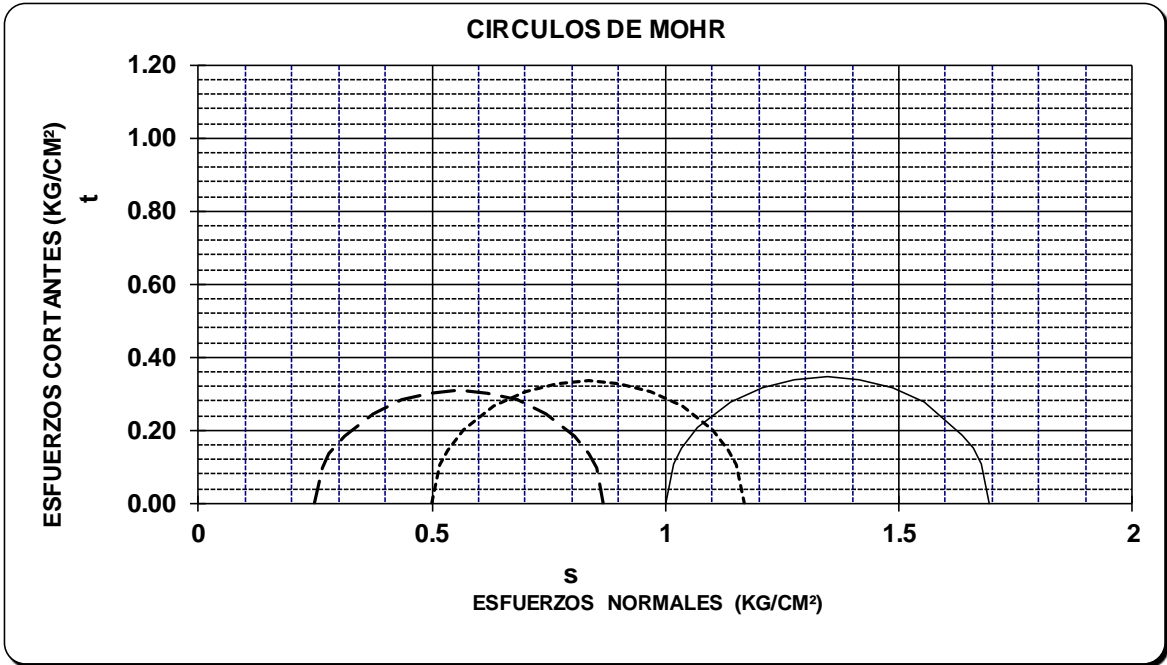


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-1
 MUESTRA: 36-3 PROF.: 22.1-22.30

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :	
ARCILLA GRIS VERDOSA	

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						Ss=	wi=
1	0.25	0.6174	1.248	96.8	4.330	wf=	172.01 %
2	0.50	0.6692	1.215	93.9	4.526	Gw=	95.91 %
3	1.00	0.6926	1.247	97.0	4.382	Gwf=	95.91 %
DATOS FINALES						PVN=	1.236 ton/m ³
		ef	Gwf	wf	pvhf	PVF=	1.236 ton/m ³
1	0.25	4.330	96.822	170.43	1.248	ei=	4.41
2	0.50	4.526	93.936	172.83	1.215	ef=	4.41
3	1.00	4.382	96.979	172.76	1.247		





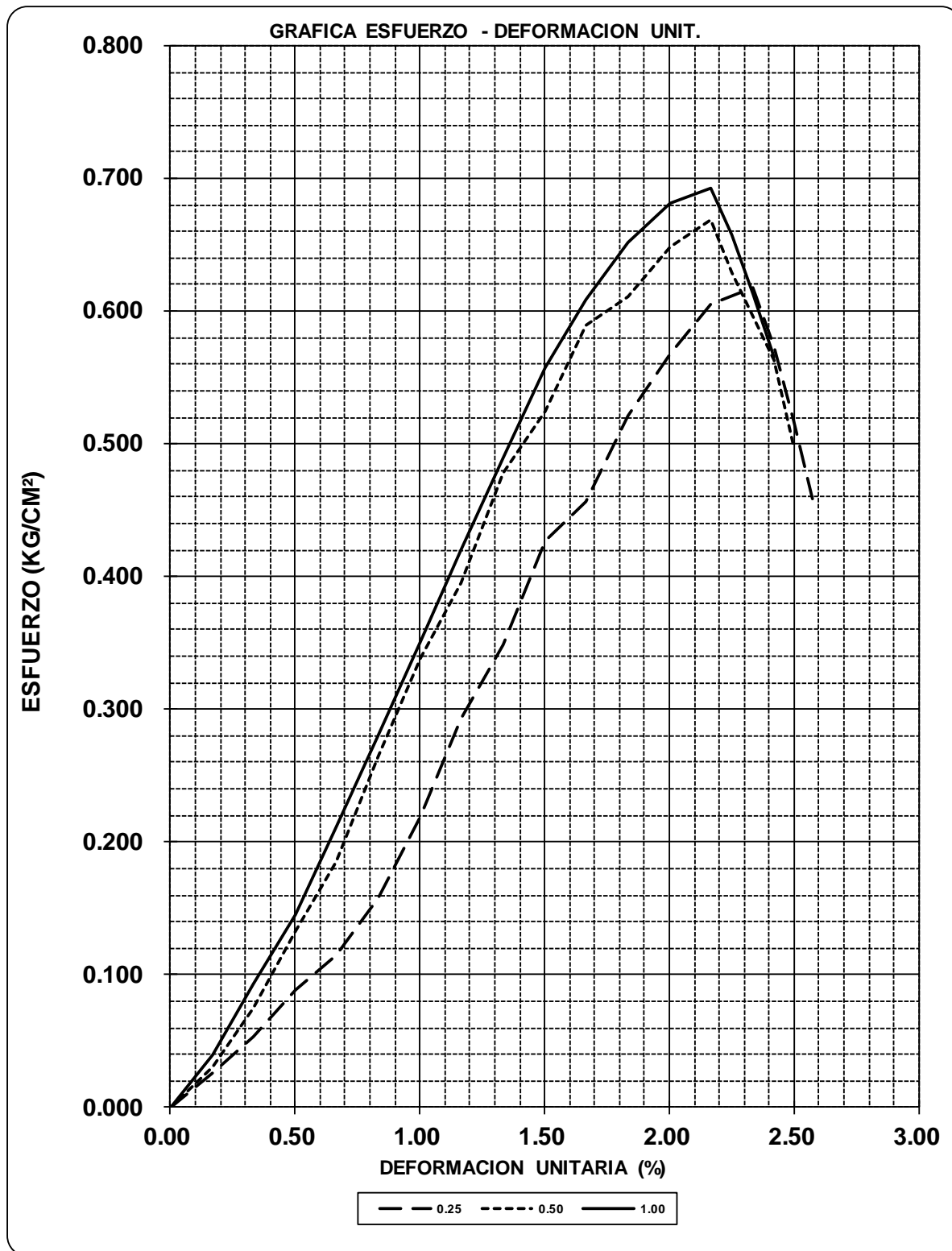
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-1

MUESTRA: 36-3

PROF: 22.1-22.30





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

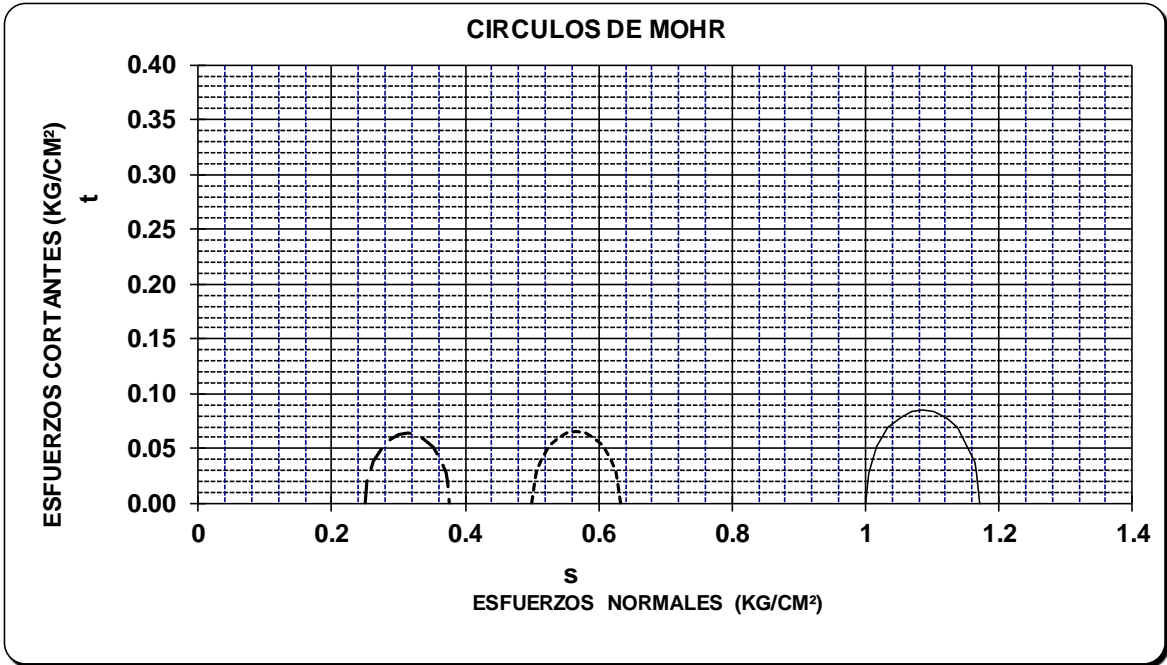


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-1
 ESTRA:10-1 0 F.:5.50-5.70

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA GRIS CLARO

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO
	1	0.25	0.1272			
2	0.50	0.1323	1.776	157.8	3.355	
3	1.00	0.1717	1.773	157.8	3.415	
DATOS FINALES						
		ef	Gwf	wf	pvhf	
1	0.25	3.415	155.360	217.46	1.754	
2	0.50	3.355	157.794	216.96	1.776	
3	1.00	3.415	157.790	220.86	1.773	





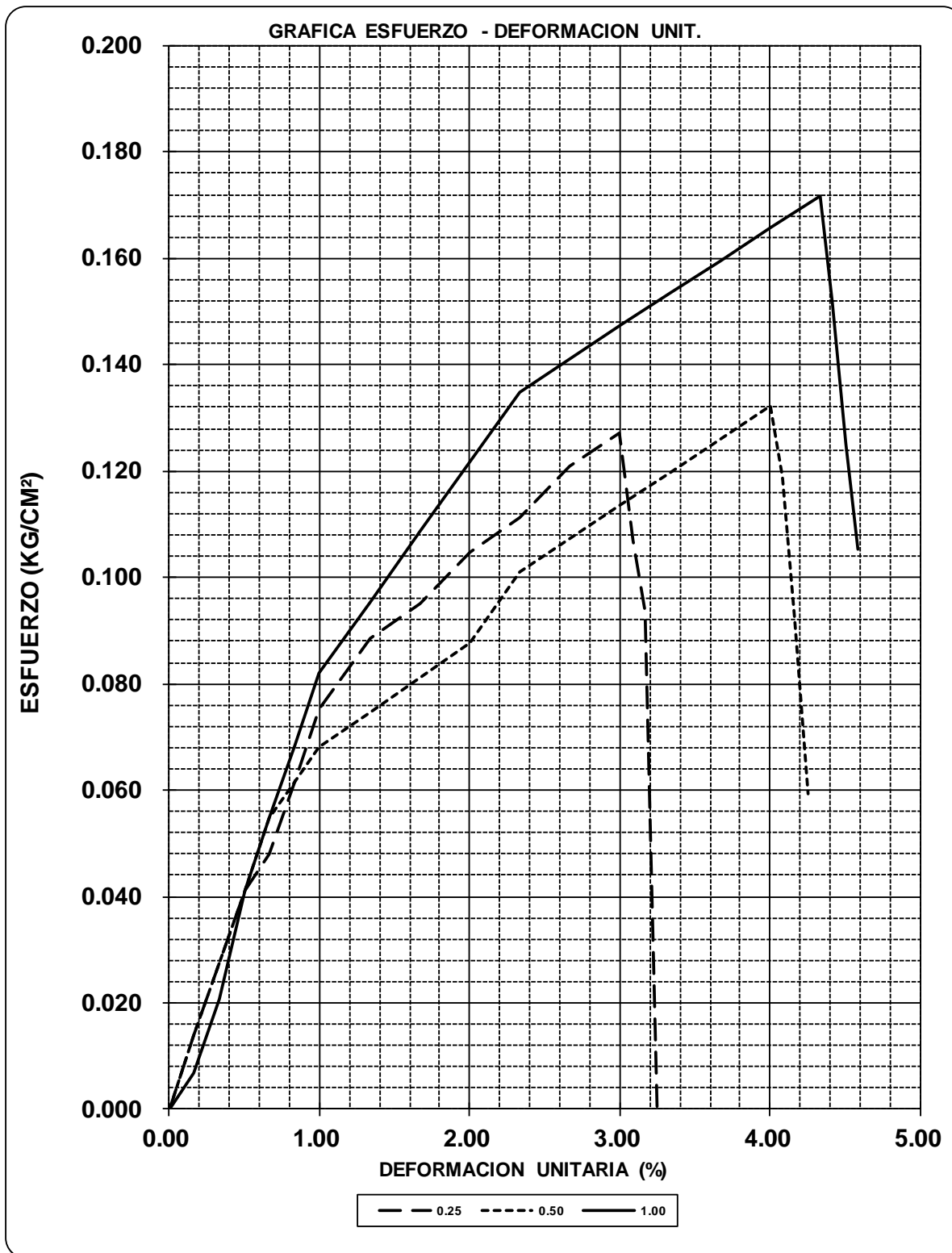
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-1

MUESTRA: 0

PROF:





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

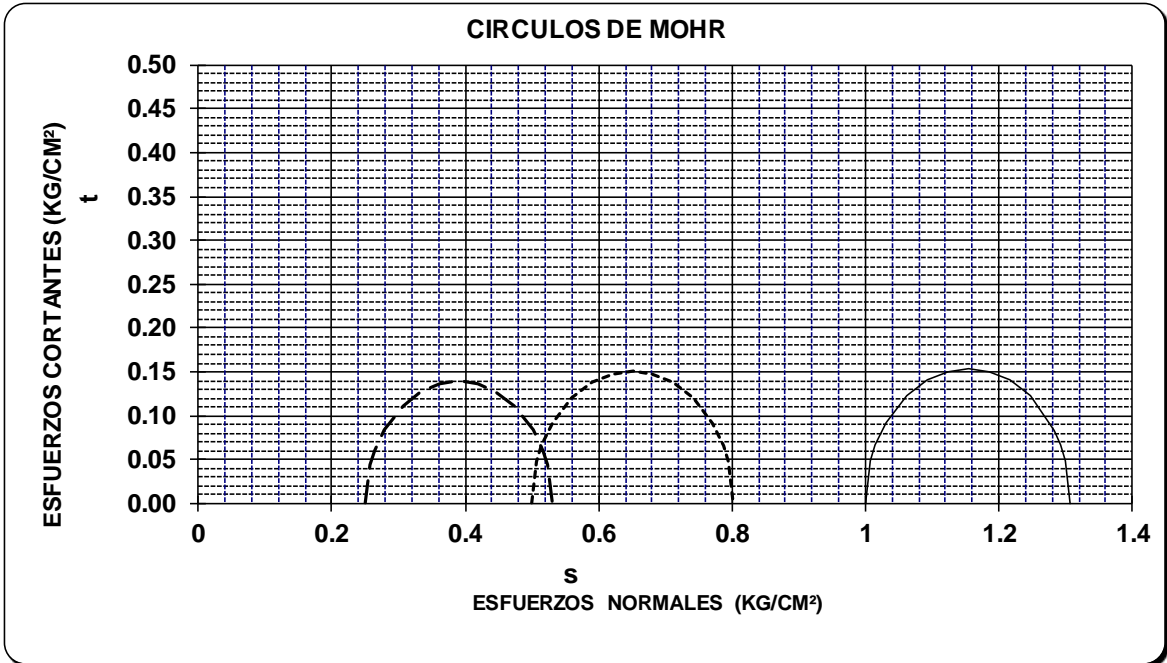


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-2
 MUESTRA: 18,3 PROF.: 10.70-10.90

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES

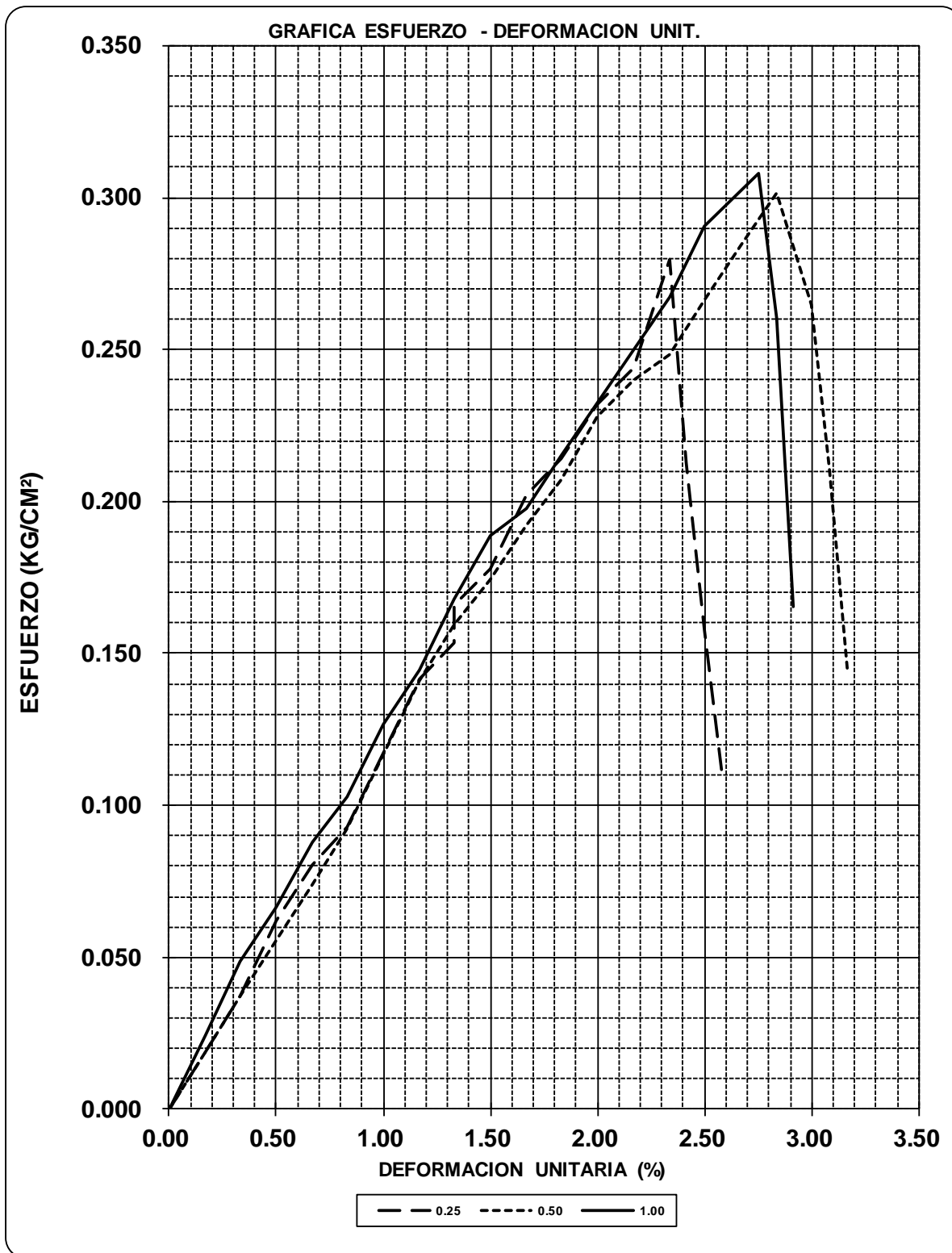
ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO Ss= 2.45 wi= 170.54 % wf= 170.54 % Gw= 141.97 % Gwf= 141.97 % PVN= 1.681 ton/m ³ PVF= 1.681 ton/m ³ ei= 2.94 ef= 2.94
	DATOS FINALES					
		ef	Gwf	wf	pvhf	
1	0.25	0.2799	1.686	142.6	2.931	
2	0.50	0.3015	1.697	143.8	2.911	
3	1.00	0.3077	1.659	139.5	2.988	
1	0.25	2.931	142.588	170.60	1.686	
2	0.50	2.911	143.822	170.86	1.697	
3	1.00	2.988	139.494	170.15	1.659	





PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
SONDEO: SM-2 MUESTRA:18-3
PROF: 10.70-10.90





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



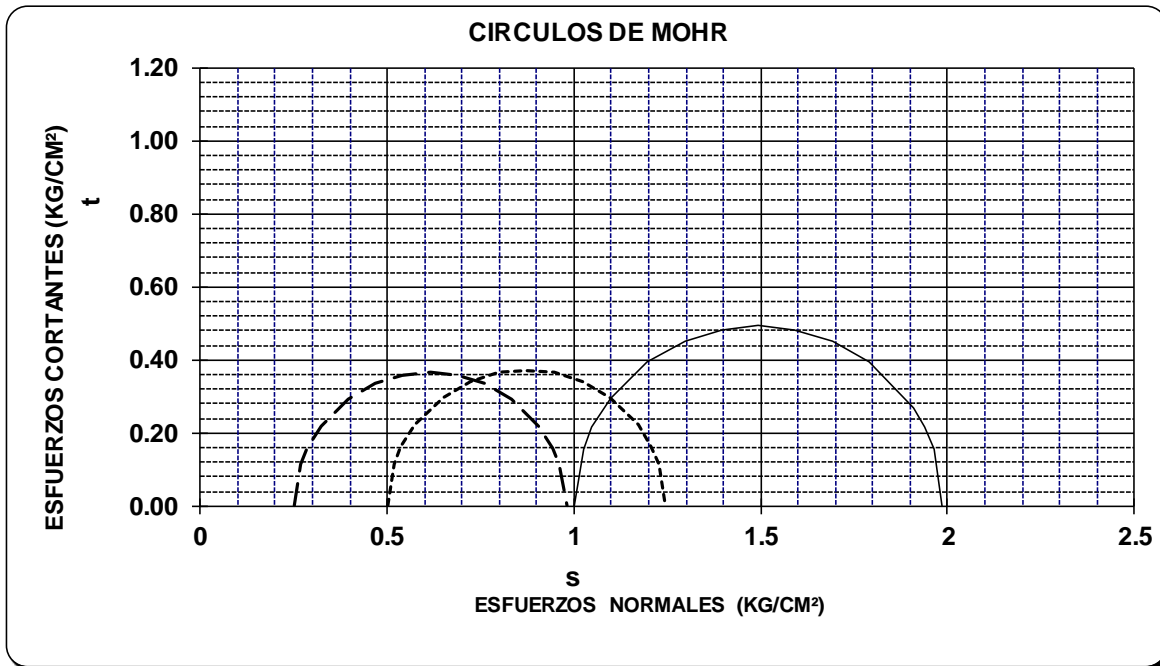
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-2
 ESTRA: 25,2

PROF.: 14.70-14.90

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:
ARCILLA POCO LIMOSA GRIS BLANQUISCO Y ESCASA ARENA

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						Ss=	2.48
1	0.25	0.7301	1.686	137.3	2.531	wi=	142.04 %
2	0.50	0.7456	1.697	139.0	2.548	wf=	141.98 %
3	1.00	0.9867	1.659	134.7	2.635	Gw=	136.98 %
						Gwf=	136.94 %
						PVN=	1.681 ton/m ³
						PVF=	1.680 ton/m ³
						ei=	2.57
						ef=	2.57
DATOS FINALES							
		ef	Gwf	wf	pvhf		
1	0.25	2.531	137.281	140.10	1.686		
2	0.50	2.550	138.829	142.74	1.696		
3	1.00	2.635	134.714	143.11	1.659		





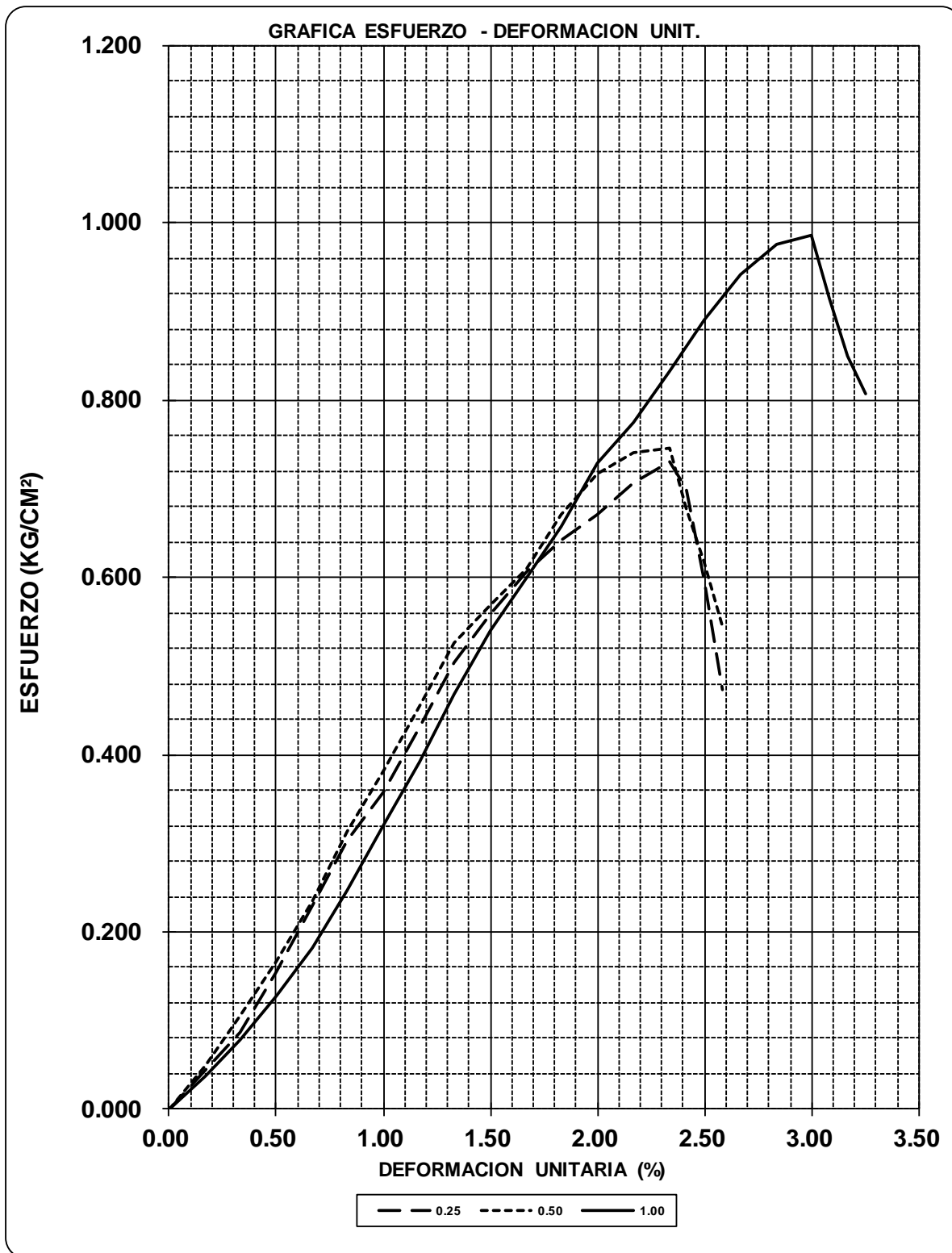
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-2

MUESTRA: 0

PROF: 14.70-14.90





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

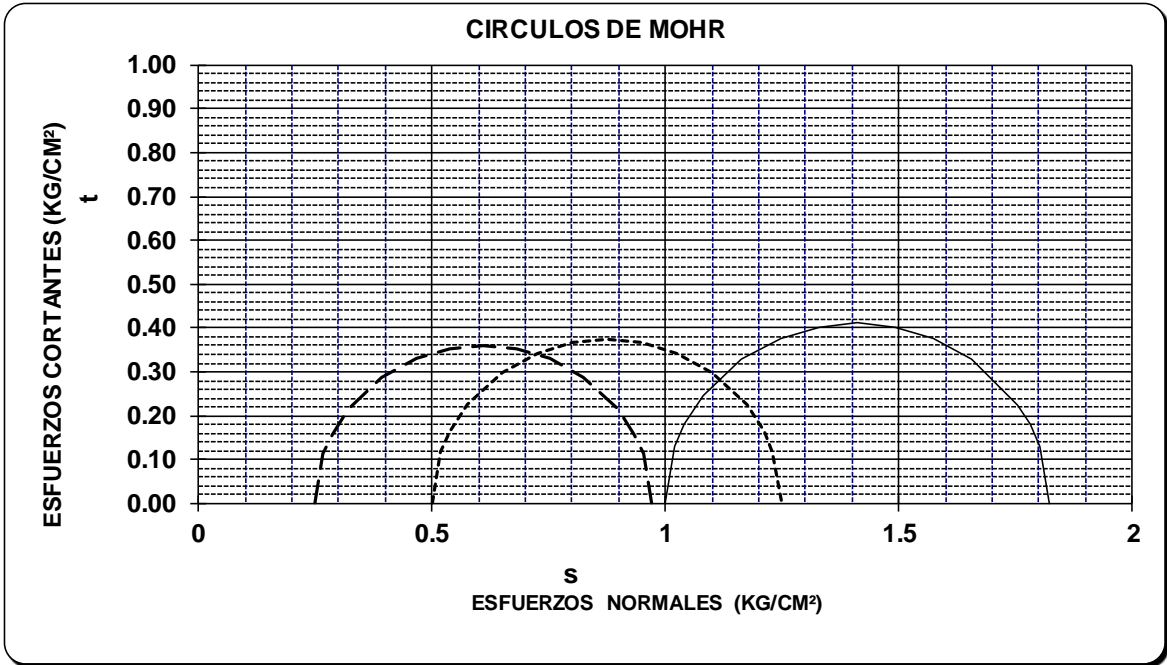


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-2
 ESTRA:31-1 PROF.: 18.20-18.40

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA GRIS VERDOSA CON FOSILES

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO																		
1	0.25	0.7198	1.255	102.9	5.246	Ss=	2.44	wi=	222.78 %	wf=	222.78 %	Gw=	95.92 %	Gwf=	95.92 %	PVN=	1.181 ton/m ³	PVF=	1.181 ton/m ³	ei=	5.68	ef=	5.68	
2	0.50	0.7481	1.151	93.2	5.882																			
3	1.00	0.8212	1.136	91.6	5.921																			
DATOS FINALES																								
			ef	Gwf	wf	pvhf																		
1	0.25		5.246	102.945	221.31	1.255																		
2	0.50		5.882	93.217	224.73	1.151																		
3	1.00		5.921	91.609	222.30	1.136																		





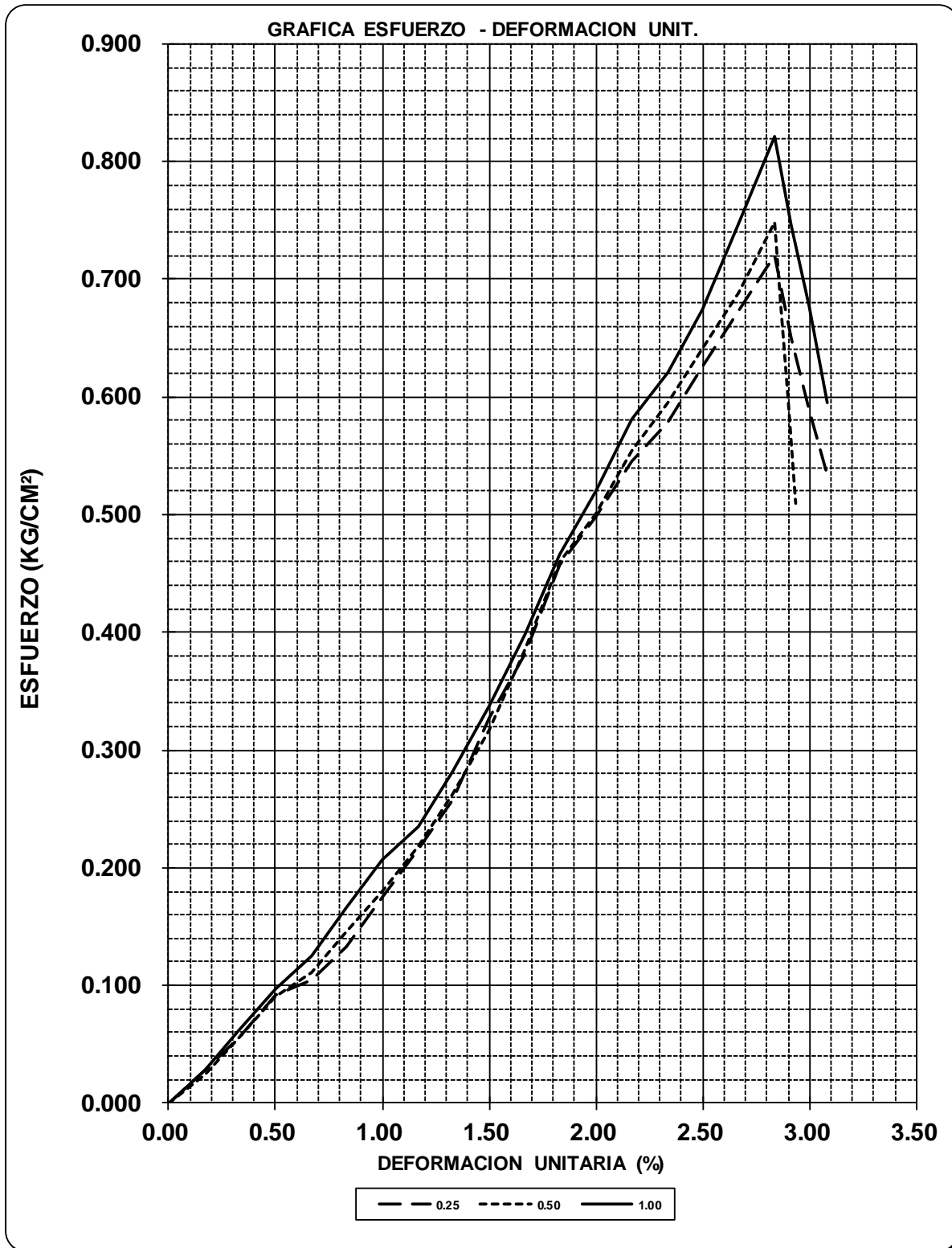
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-2

MUESTRA: 0

PROF: 18.20-18.40





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

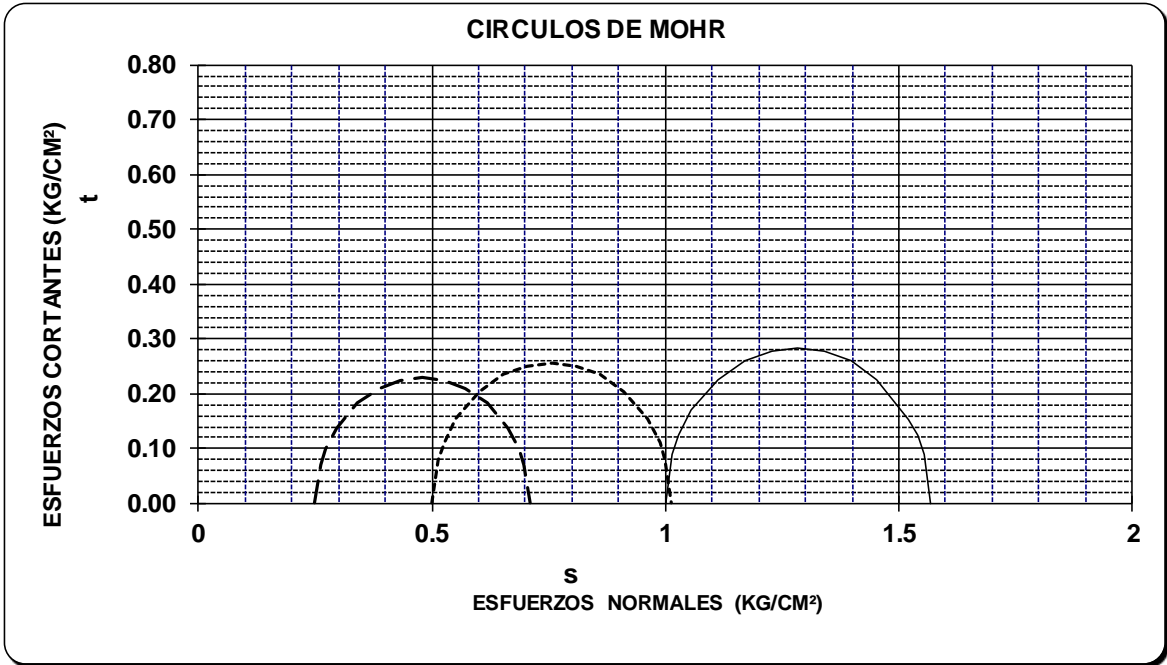


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-2
 MUESTRA: 36-1 PROF.: 21.90-22.10

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA COLOR GRIS VERDOSO

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO																
						Ss=	2.45	wi=	132.29 %	wf=	154.20 %	Gw=	99.64 %	Gwf=	115.67 %	PVN=	1.300 ton/m ³	PVF=	1.450 ton/m ³	ei=	3.79	ef=
1	0.25	0.4590	1.309	100.6	3.766																	
2	0.50	0.5131	1.294	99.0	3.799																	
3	1.00	0.5674	1.296	99.4	3.809																	
DATOS FINALES																						
			ef	Gwf	wf	pvhf																
1	0.25		3.766	100.582	154.60	1.309																
2	0.50		3.799	98.984	153.49	1.294																
3	1.00		2.567	147.443	154.50	1.748																





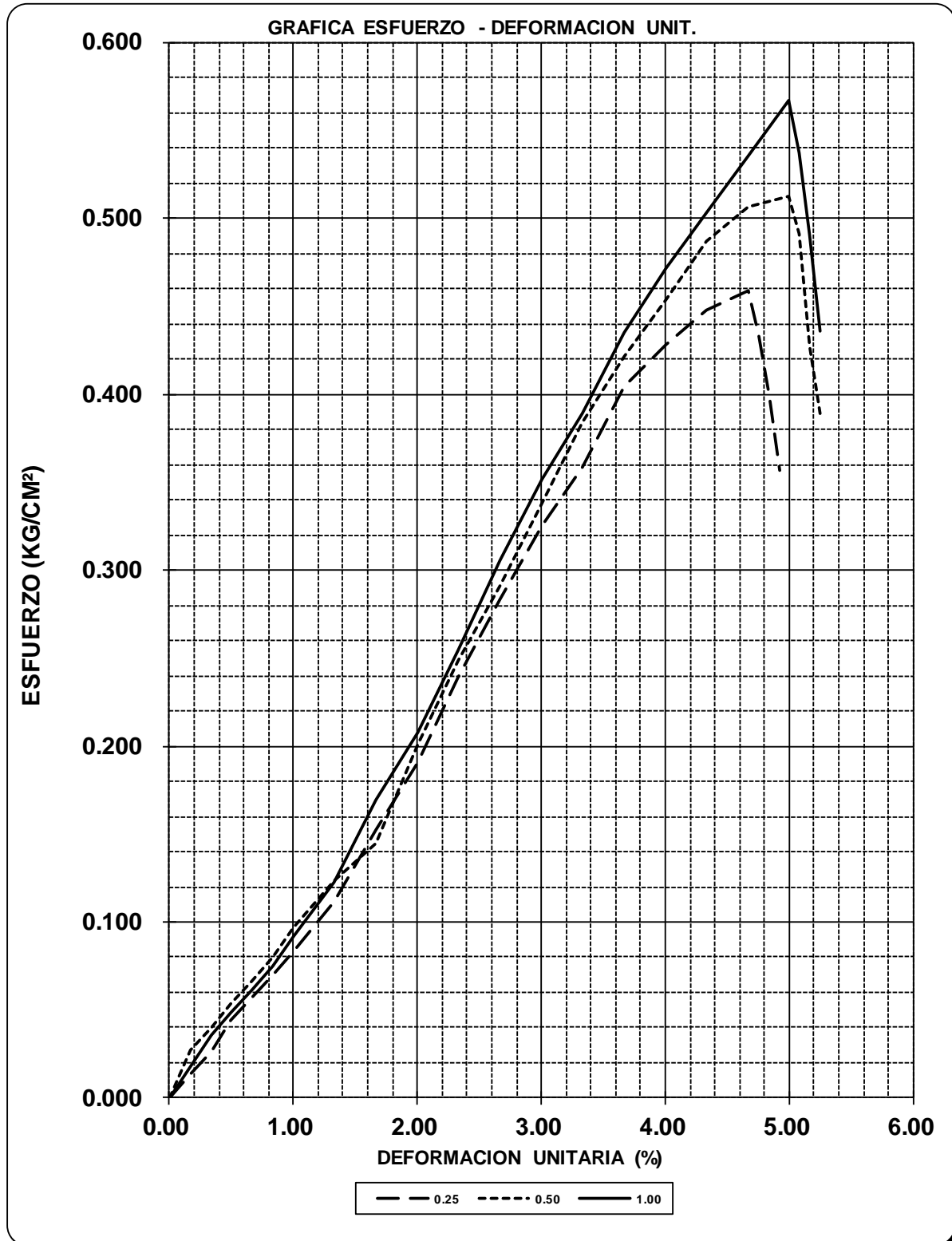
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-2

MUESTRA: 36-1

PROF: 21.90-22.10





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

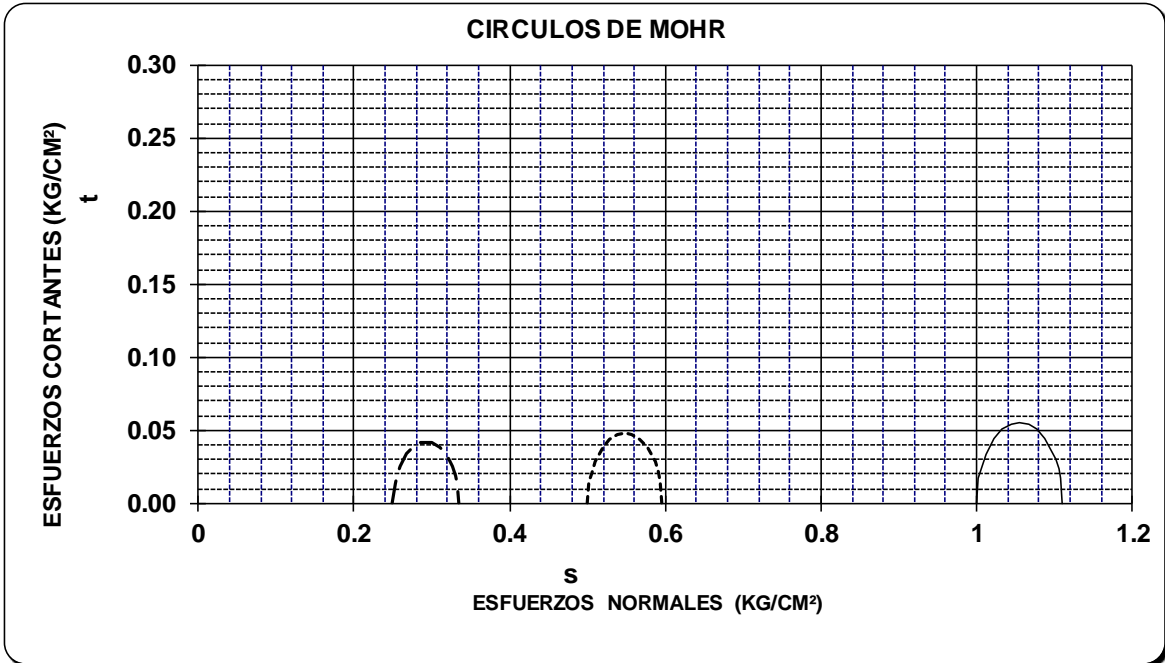


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-3
 JESTRA: 8-2 0 PROF.: 4.30a4.50

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA POCO LIMOSA CON POCA ARENA COLOR GRIS OSCURO, MATERIAL BLANDO

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO Ss= 2.47 wi= 134.31 % wf= 134.31 % Gw= 102.97 % Gwf= 102.97 % PVN= 1.371 ton/m ³ PVF= 1.371 ton/m ³ ei= 3.22 ef= 3.22
	DATOS FINALES					
		ef	Gwf	wf	pvhf	
1	0.25	0.0845	1.377	103.5	3.193	
2	0.50	0.0958	1.376	103.6	3.208	
3	1.00	0.1103	1.359	101.9	3.265	





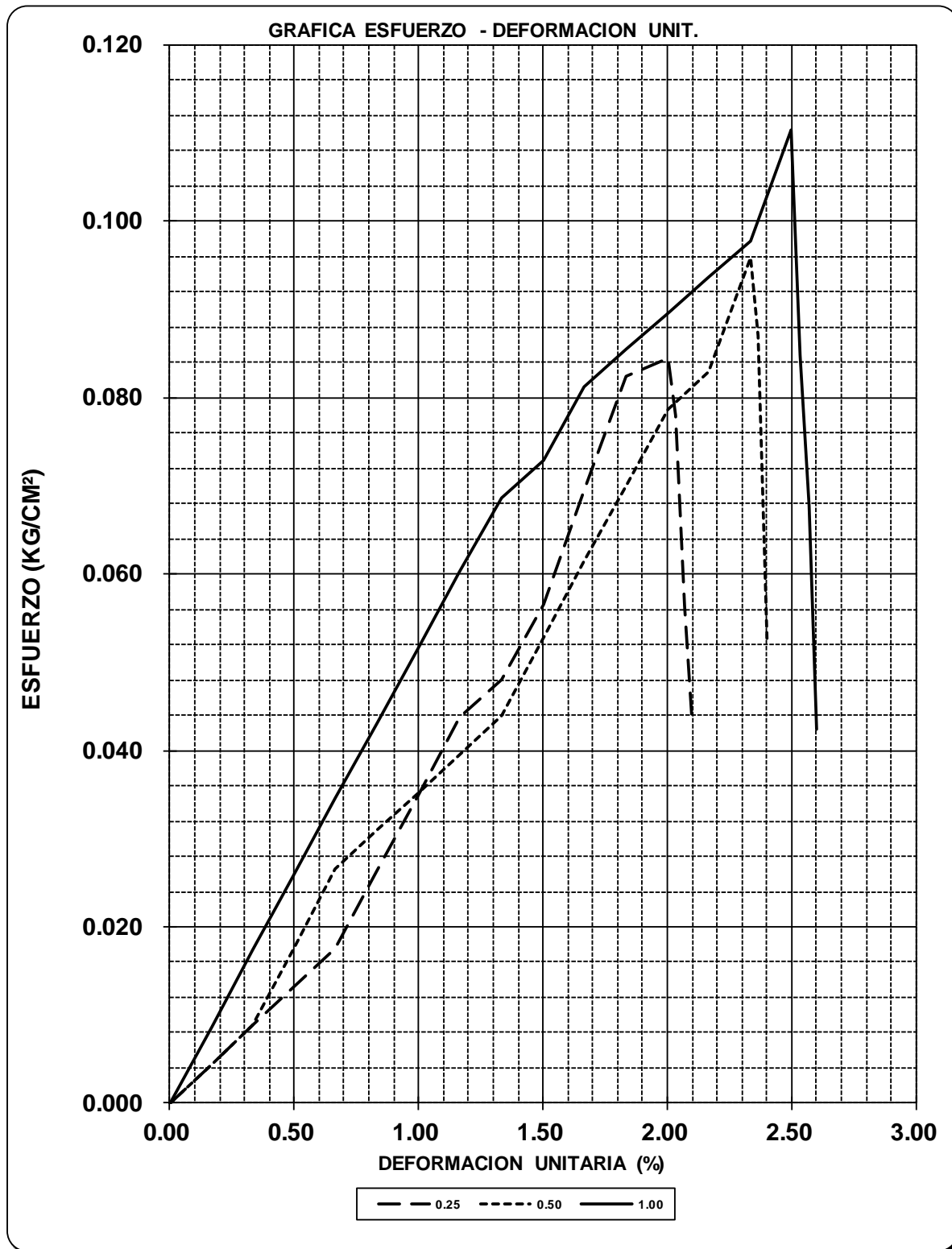
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-3

MUESTRA: 0

PROF: 4.30a4.50





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



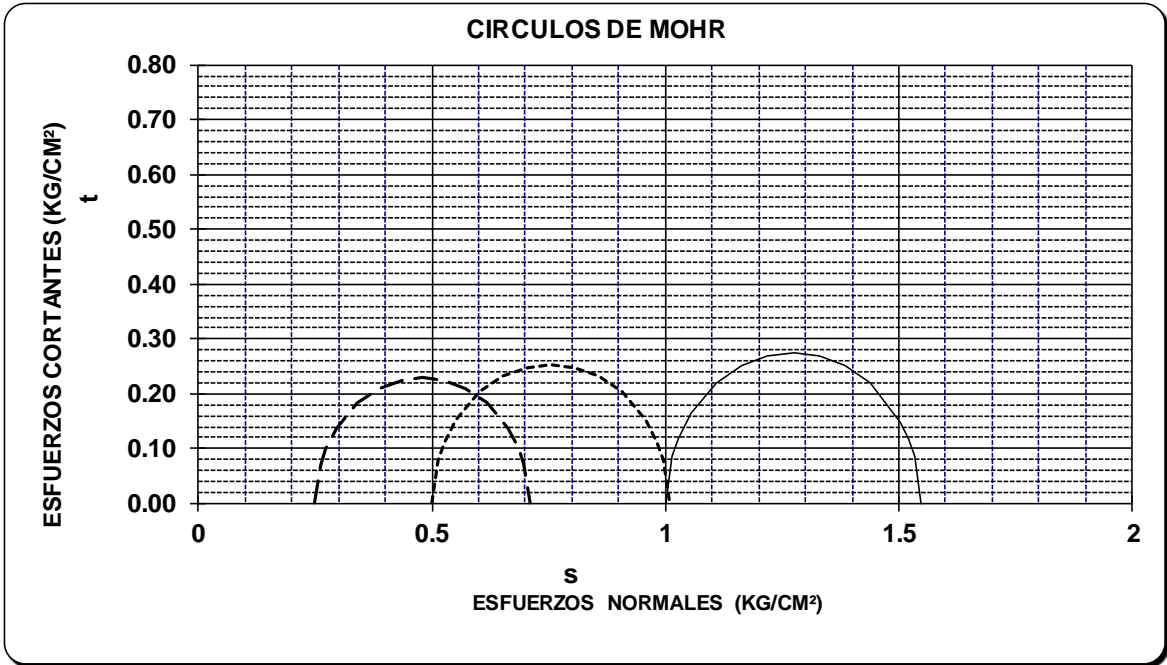
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-3
 ESTRA:14-3 0 PROF.: 8.30 A 8.50m

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA COLOR GRIS VERDOSA

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						Ss=	wi=
1	0.25	0.4594	1.340	98.6	3.197	2.47	92.29 %
2	0.50	0.5078	1.353	100.0	3.170	92.29 %	92.29 %
3	1.00	0.5486	1.350	42.5	1.211	80.39 %	80.39 %
DATOS FINALES							
		ef	Gwf	wf	pvhf		
1	0.25	3.197	98.643	127.67	1.340		
2	0.50	3.170	100.027	128.36	1.353		
3	1.00	1.211	42.496	20.84	1.350		

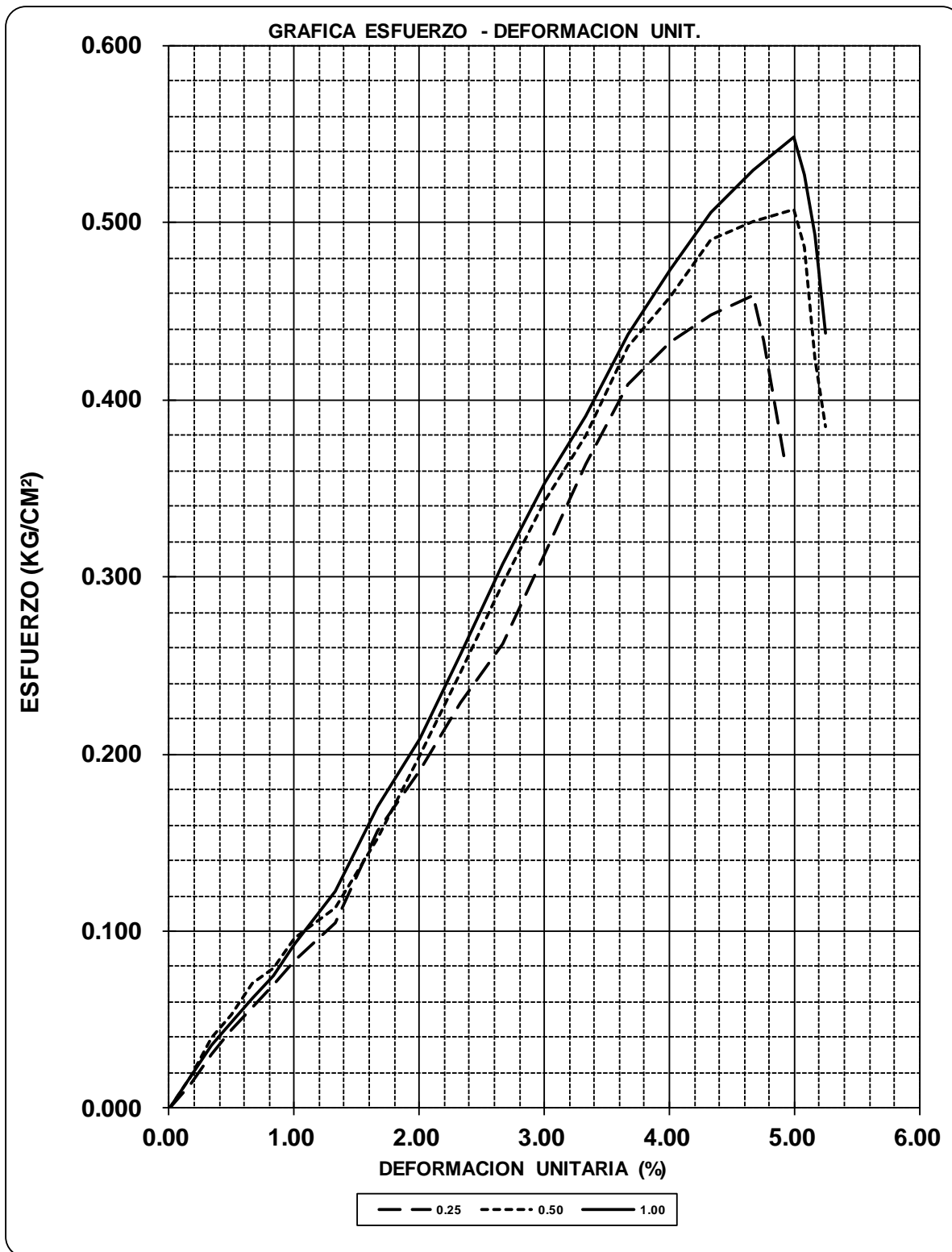
	PVN=	1.347 ton/m ³
	PVF=	1.347 ton/m ³
	ei=	2.53
	ef=	2.53





PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
SONDEO: SM-3 MUESTRA:14-3 0
PROF: 8.30 A 8.50m





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

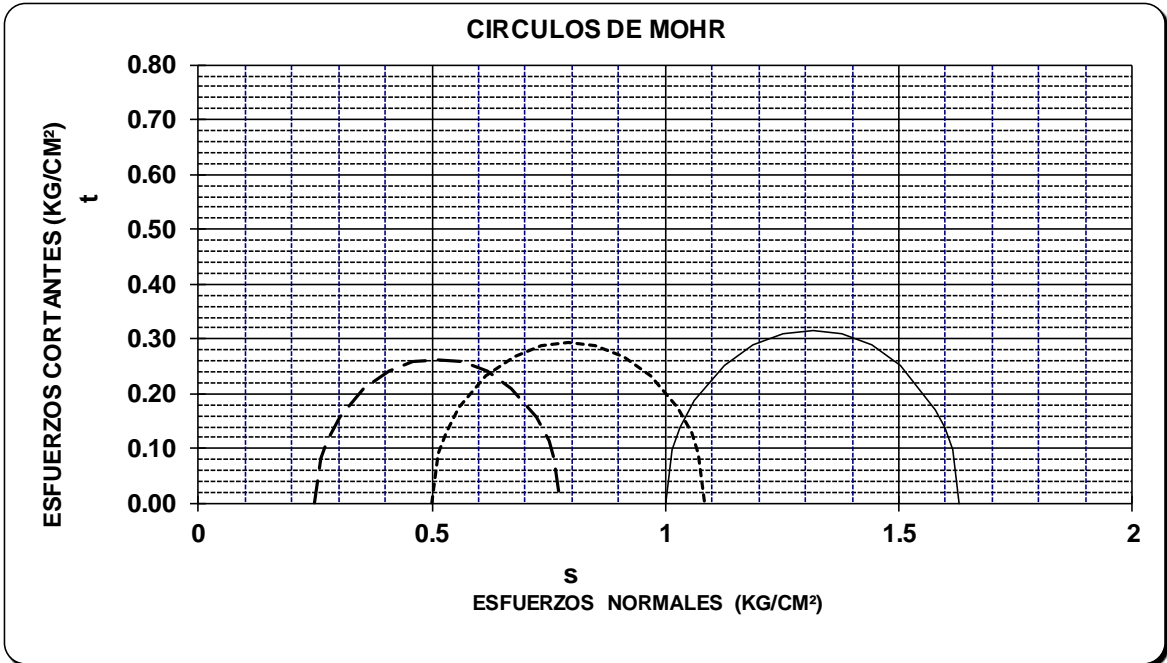


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-3
 ESTRA:24-2 0 PROF.: 14.20-14.40

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
LIMO POCO ARCILLOSO GRIS CLARO

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO																	
1	0.25	0.5261	1.510	99.8	2.032	Ss=	2.55	wi=	79.25 %	wf=	79.25 %	Gw=	103.16 %	Gwf=	103.16 %	PVN=	1.545 ton/m ³	PVF=	1.545 ton/m ³	ei=	1.96	ef=	1.96
2	0.50	0.5849	1.570	105.8	1.912																		
3	1.00	0.6300	1.553	103.8	1.936																		
DATOS FINALES																							
		ef	Gwf	wf	pvhf																		
1	0.25	2.032	99.841	79.57	1.510																		
2	0.50	1.912	105.807	79.32	1.570																		
3	1.00	1.936	103.840	78.84	1.553																		





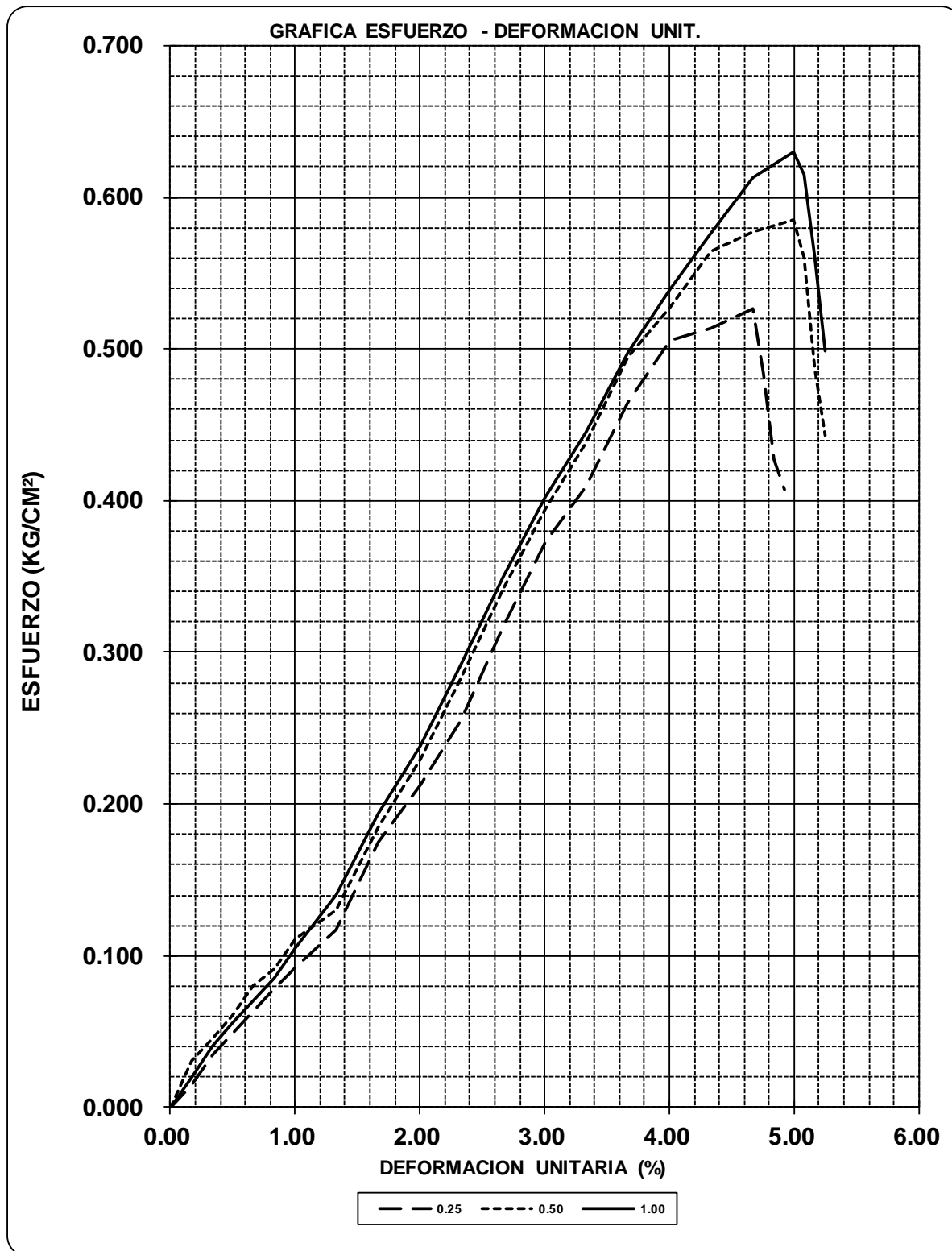
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-3

MUESTRA: 0

PROF: 14.20-14.40





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

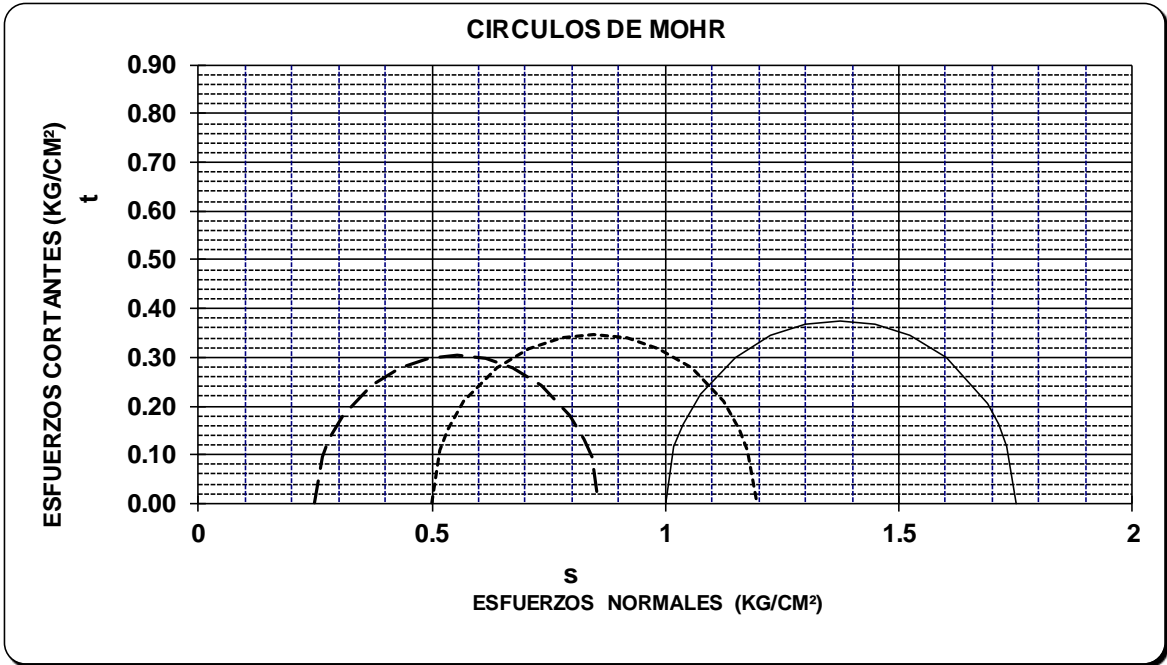


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-3
 MUESTRA: 30-2 PROF.: 17.70 A 17.90

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
LIMO ARCILLOSO, GRIS VERDOSO.

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO															
						Ss=	2.62	wi=	153.77 %	wf=	153.77 %	Gw=	69.18 %	Gwf=	69.18 %	PVN=	0.967 ton/m ³	PVF=	0.967 ton/m ³	ei=	5.53
1	0.25	0.6065	0.978	69.5	5.792																
2	0.50	0.6946	0.976	70.3	5.271																
3	1.00	0.7504	0.945	67.8	5.521																
DATOS FINALES																					
			ef	Gwf	wf	pvhf															
1	0.25	5.792	69.487	153.62	0.978																
2	0.50	5.271	70.263	153.04	0.976																
3	1.00	5.521	67.783	154.64	0.945																





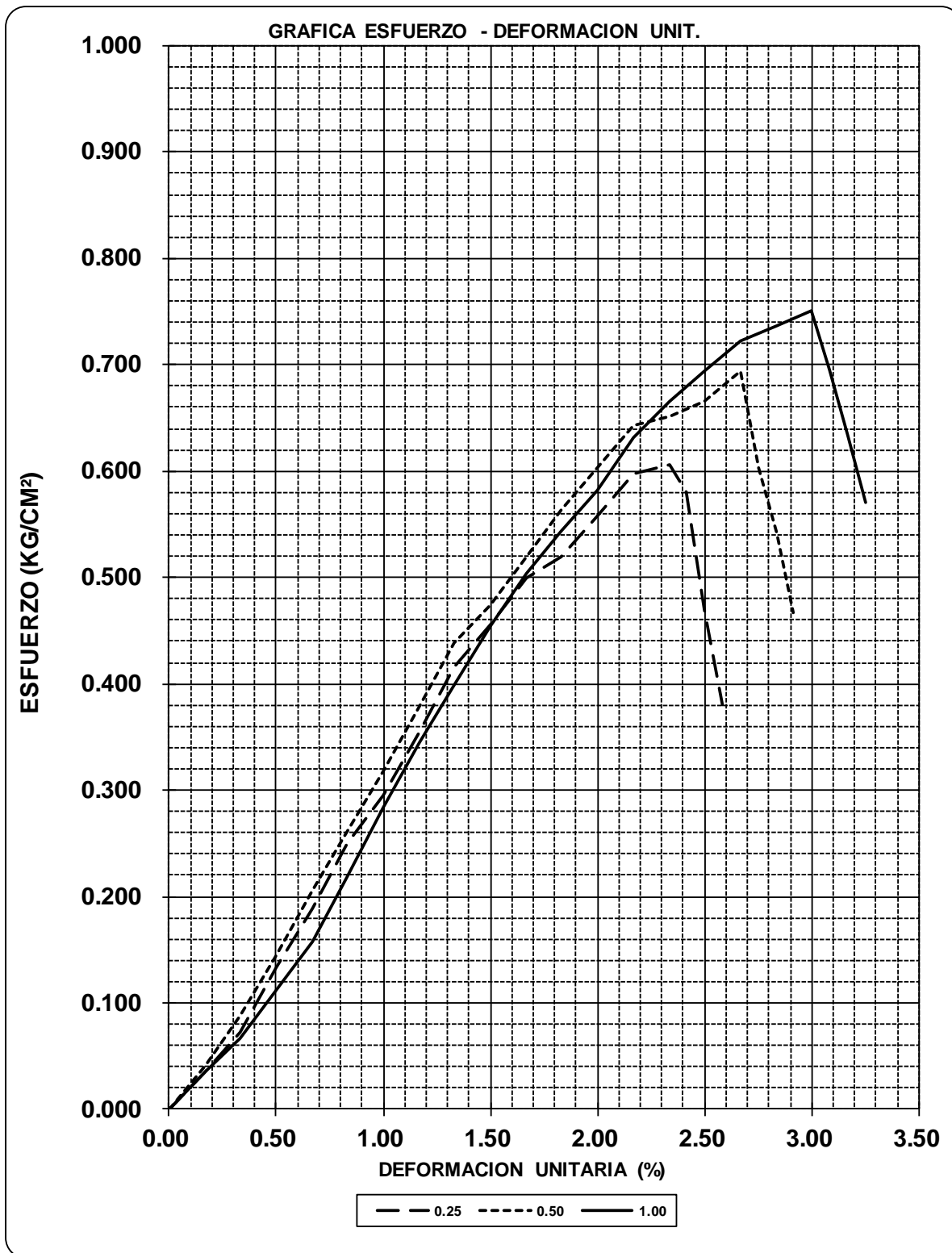
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-3

MUESTRA: 30-2

PROF: 17.70 A 17.90





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

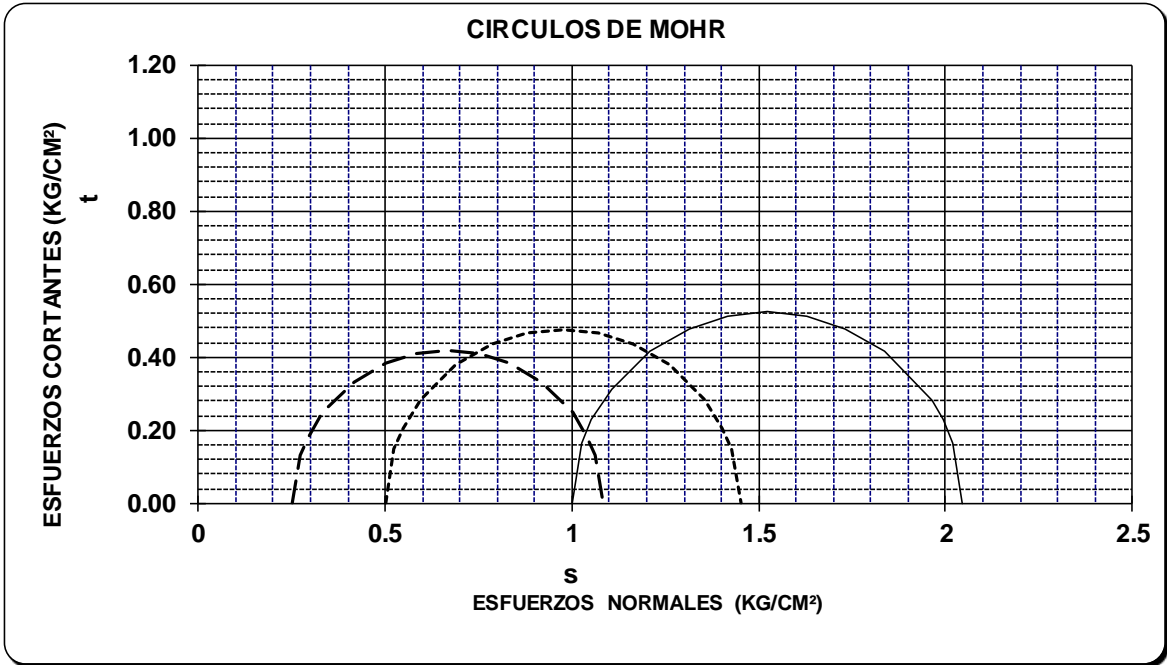


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: SM-3
 MUESTRA: 40-2 PROF.: 24.30A24.50

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO																	
1	0.25	0.8345	1.235	82.6	3.045	Ss=	2.48	wi=	101.38 %	wf=	101.38 %	Gw=	83.90 %	Gwf=	83.90 %	PVN=	1.250 ton/m ³	PVF=	1.250 ton/m ³	ei=	3.00	ef=	3.00
2	0.50	0.9507	1.270	85.8	2.935																		
3	1.00	1.0461	1.243	83.3	3.013																		
DATOS FINALES																							
		ef	Gwf	wf	pvhf																		
1	0.25	3.045	82.588	101.39	1.235																		
2	0.50	2.935	85.834	101.57	1.270																		
3	1.00	3.013	83.293	101.19	1.243																		





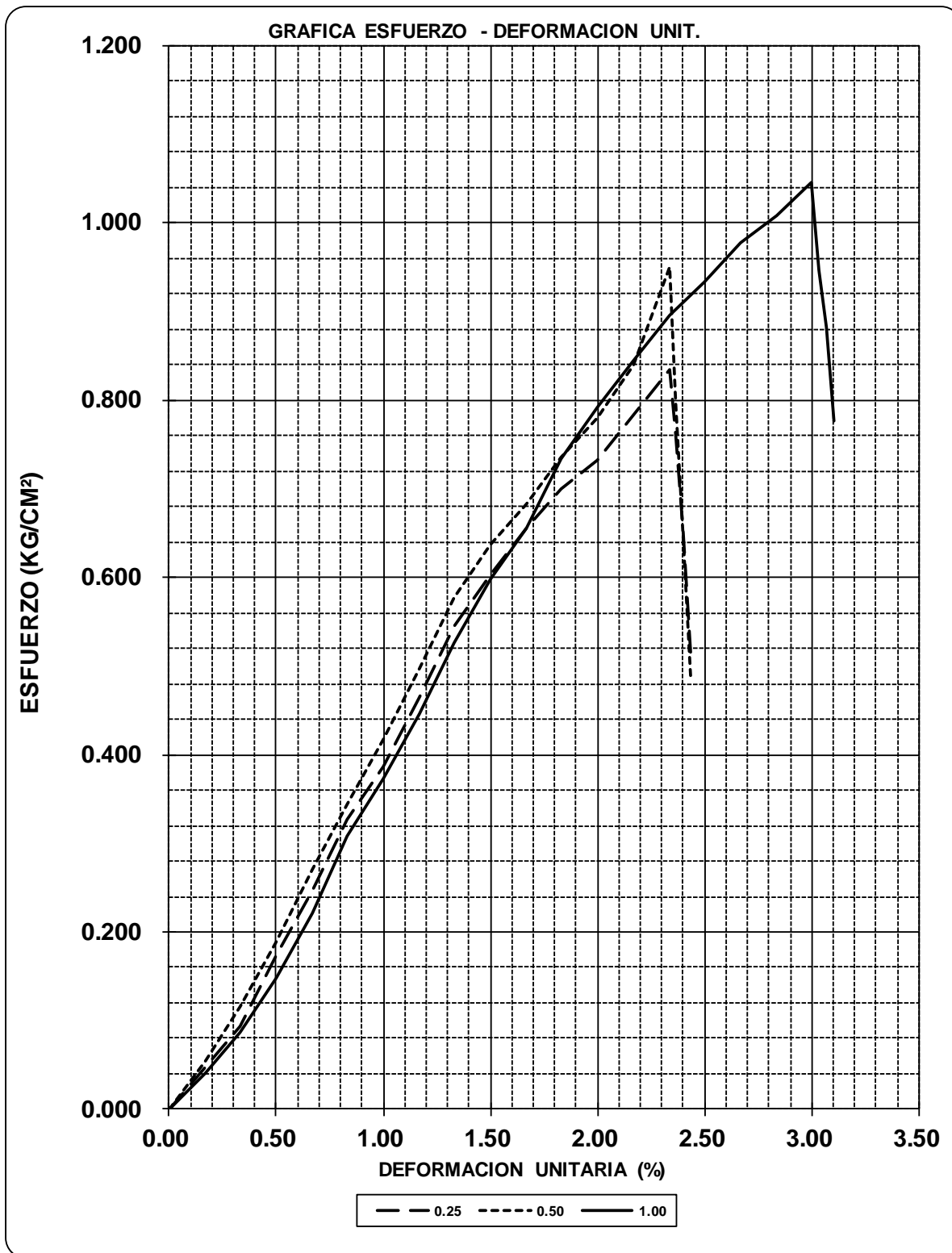
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: SM-3

MUESTRA: 40-2

PROF: 24.30A24.50





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

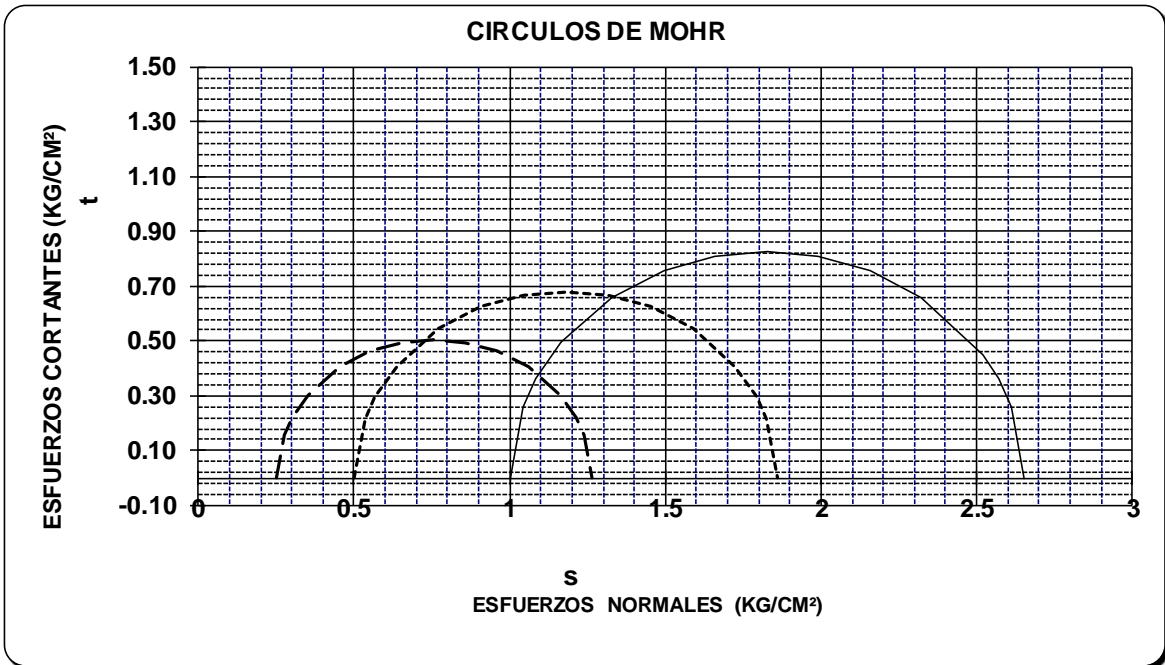


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: PCA-1
 MUESTRA: Cúbica-1 PROF.: 1.30 -1.50

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON GRAVILLAS AISLADAS

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO																
						Ss=	2.45	wi=	36.44 %	wf=	36.44 %	Gw=	60.67 %	Gwf=	60.67 %	PVN=	1.352 ton/m ³	PVF=	1.352 ton/m ³	ei=	1.47	ef=
1	0.25	1.0124	1.320	58.2	1.531																	
2	0.50	1.3607	1.380	63.1	1.427																	
3	1.00	1.6524	1.356	60.7	1.461																	
DATOS FINALES																						
			ef	Gwf	wf	pvhf																
1	0.25		1.531	58.192	36.36	1.320																
2	0.50		1.427	63.107	36.76	1.380																
3	1.00		1.461	60.718	36.21	1.356																





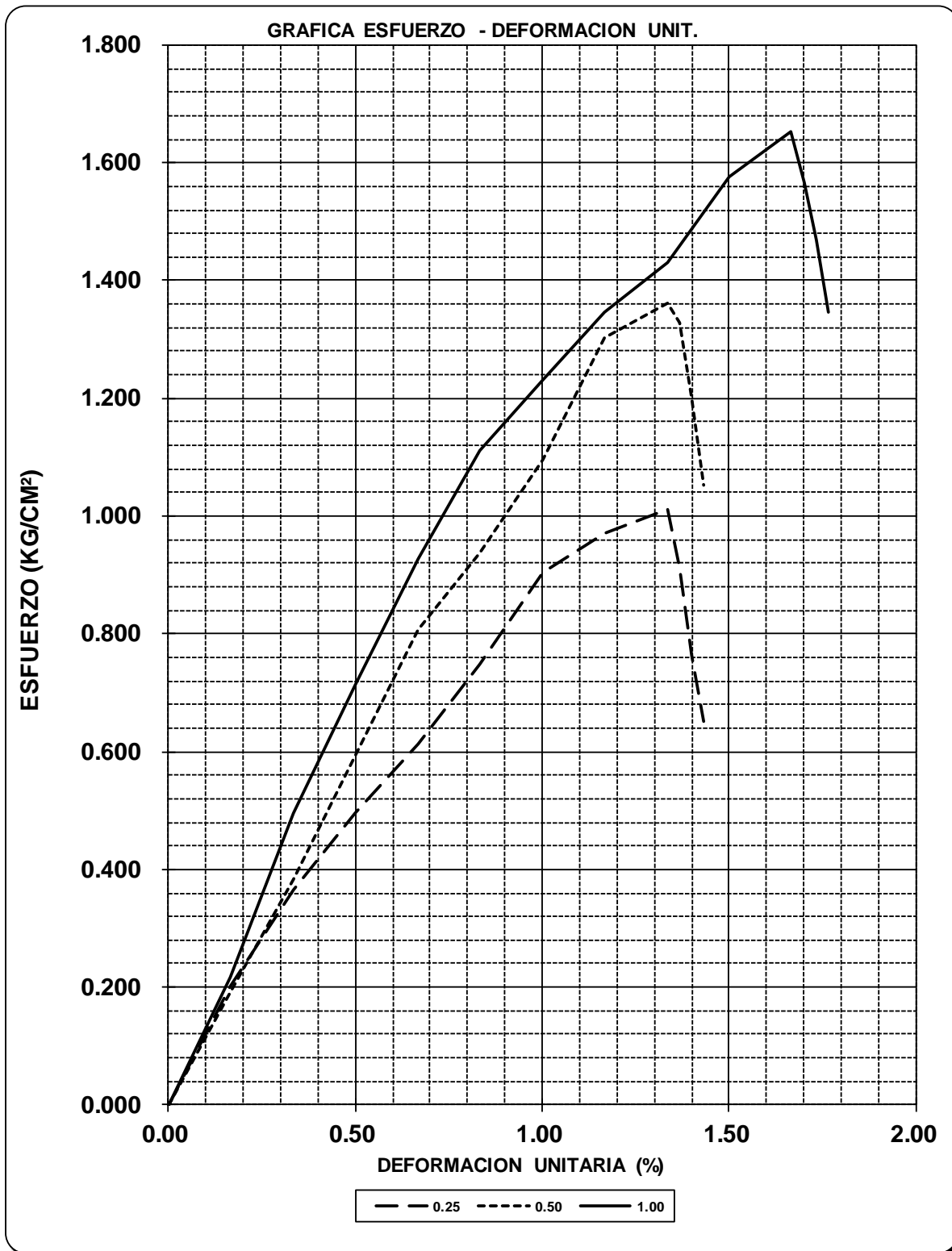
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: PCA-1

MUESTRA: Cúbica-1

PROF: 1.30 -1.50



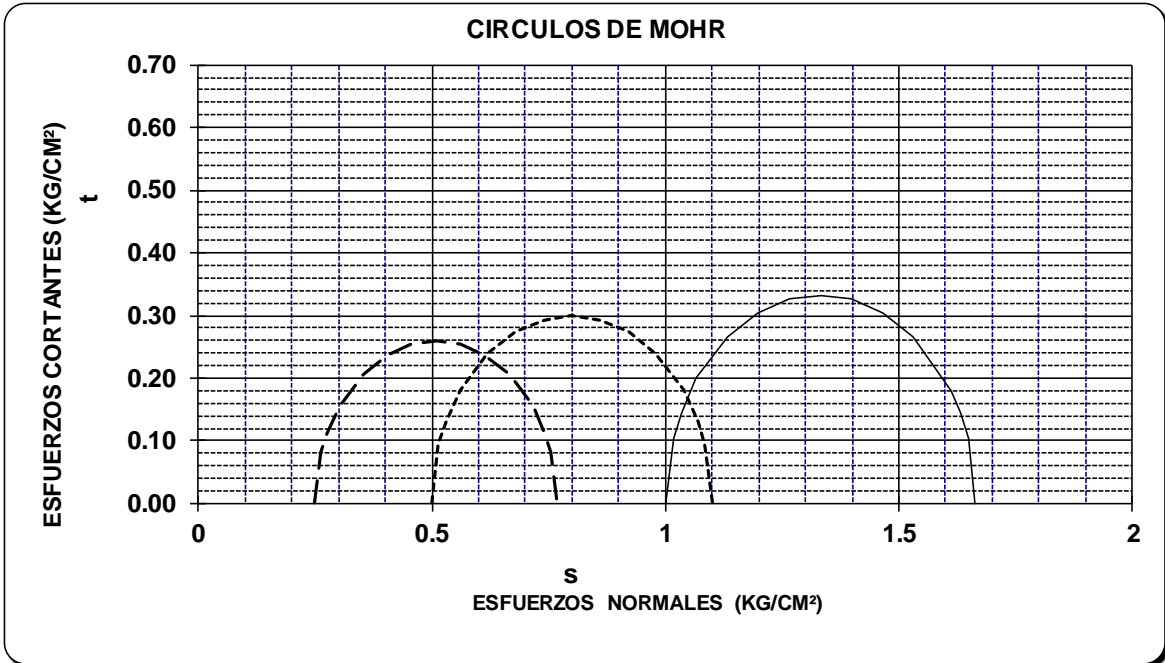


PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA
 SONDEO: PCA-2
 MUESTRA: MC-1 PROF.: 1.40-1.60

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
LIMO MUY POCO ARCILLOSO, GRISVERDOSO CON MUY POCA AENA FINA.

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO																	
1	0.25	0.5184	1.310	50.3	1.499	Ss=	2.52	wi=	29.61 %	wf=	29.61 %	Gw=	50.12 %	Gwf=	50.12 %	PVN=	1.312 ton/m ³	PVF=	1.312 ton/m ³	ei=	1.49	ef=	1.49
2	0.50	0.5995	1.321	50.2	1.465																		
3	1.00	0.6643	1.306	49.8	1.502																		
DATOS FINALES																							
			ef	Gwf	wf	pvhf																	
1	0.25	1.499	50.349	29.95	1.310																		
2	0.50	1.465	50.233	29.21	1.321																		
3	1.00	1.502	49.769	29.67	1.306																		





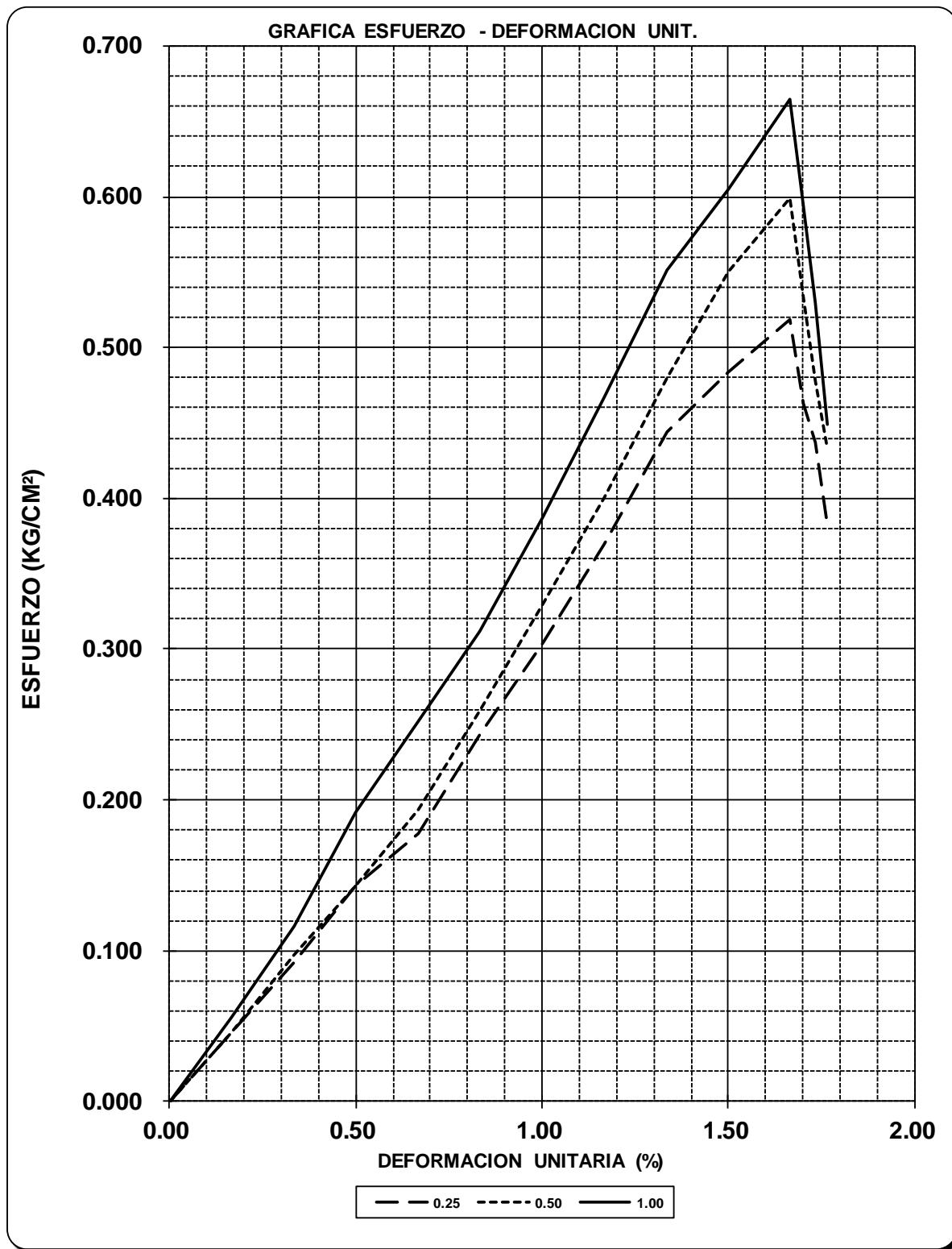
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MEGA LA VILLA

SONDEO: PCA-2

MUESTRA: MC-1

PROF: 1.40-1.60



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGA LA VILLA

UBICACION: _____

CLASIF.: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO

SONDEO: SM-1

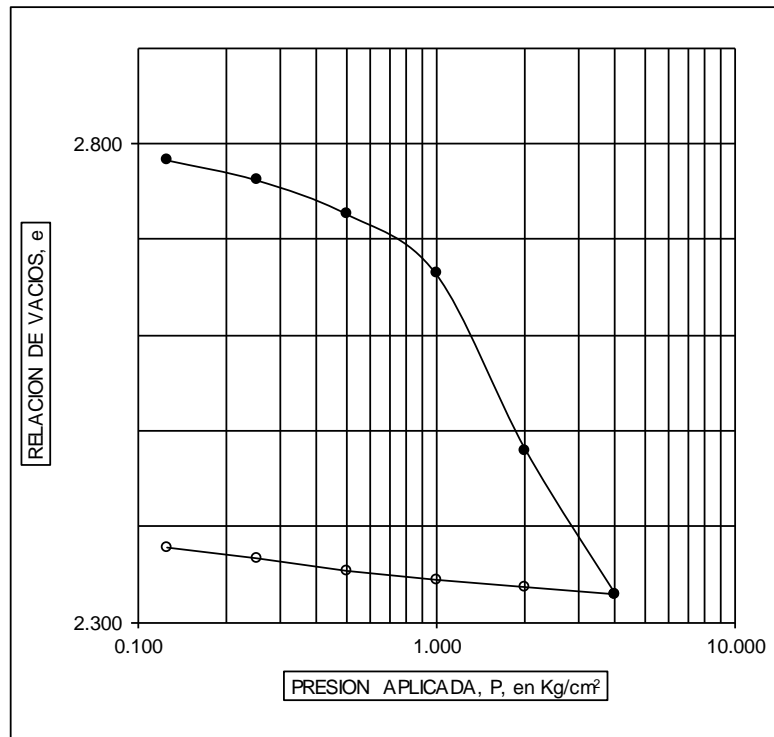
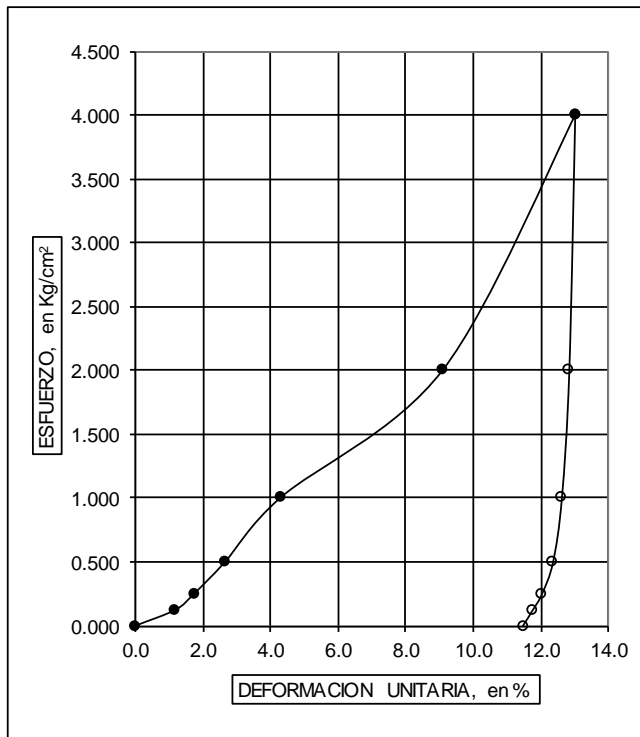
MUESTRA: 9-2

PROF.: 5.10-5.30



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	HUMEDO	SECO	
--	e_i	e_f	w_i	w_f	Gw_i	Gw_f	■ _h	■ _s	
--	--	--	%	%	%	%	Ton/m ³	Ton/m ³	
2.570	2.828	2.388	109.33	146.81	99.37	157.98	1.406	0.671	CL



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGA LA VILLA

UBICACION: _____

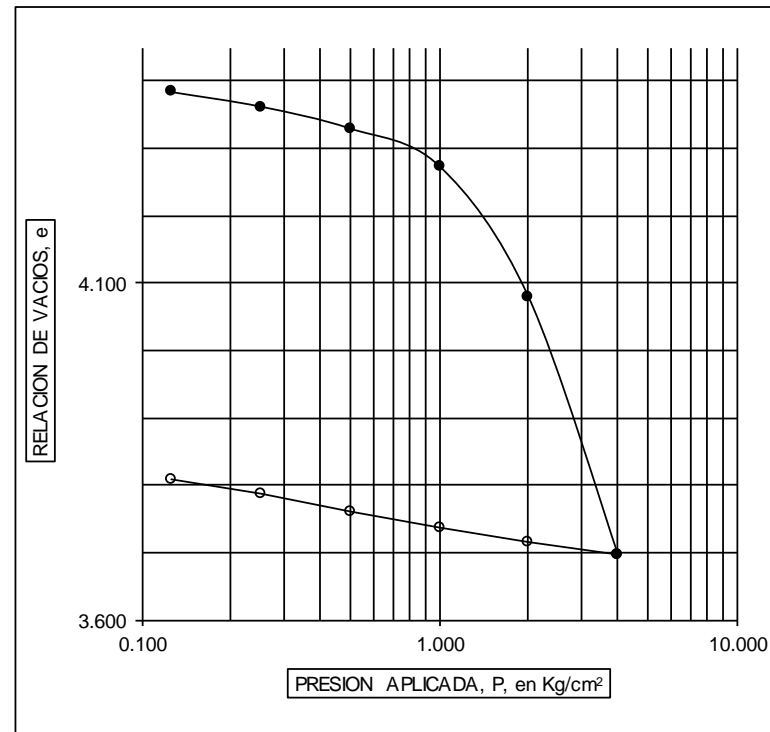
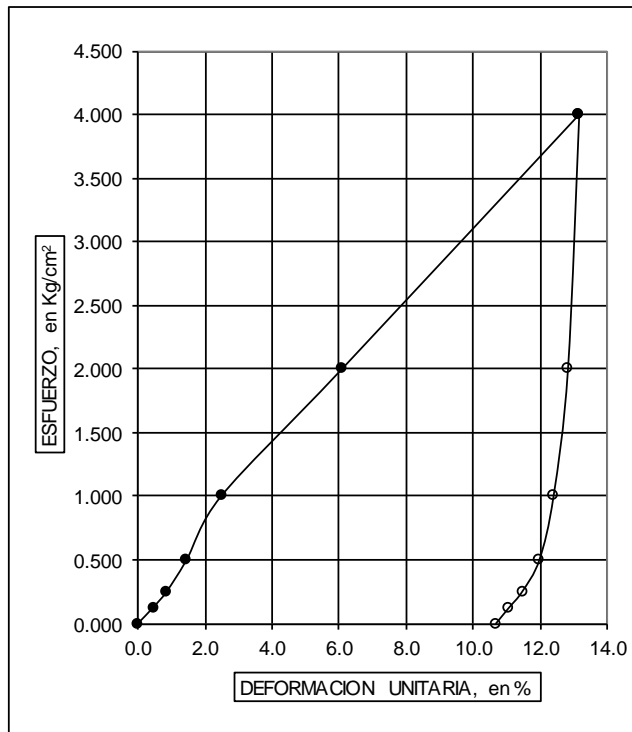
CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

SONDEO: SM-1

MUESTRA: 16.-1

PROF.: 9.10-9.30

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i	FINAL e _f	INICIAL w _i	FINAL w _f	INICIAL Gw _i	FINAL Gw _f	HUMEDO ■ _h Ton/m ³	SECO ■ _s Ton/m ³	
--	--	--	%	%	%	%			
2.440	4.408	3.831	171.94	230.07	95.17	146.55	1.227	0.451	CH



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGA LA VILLA

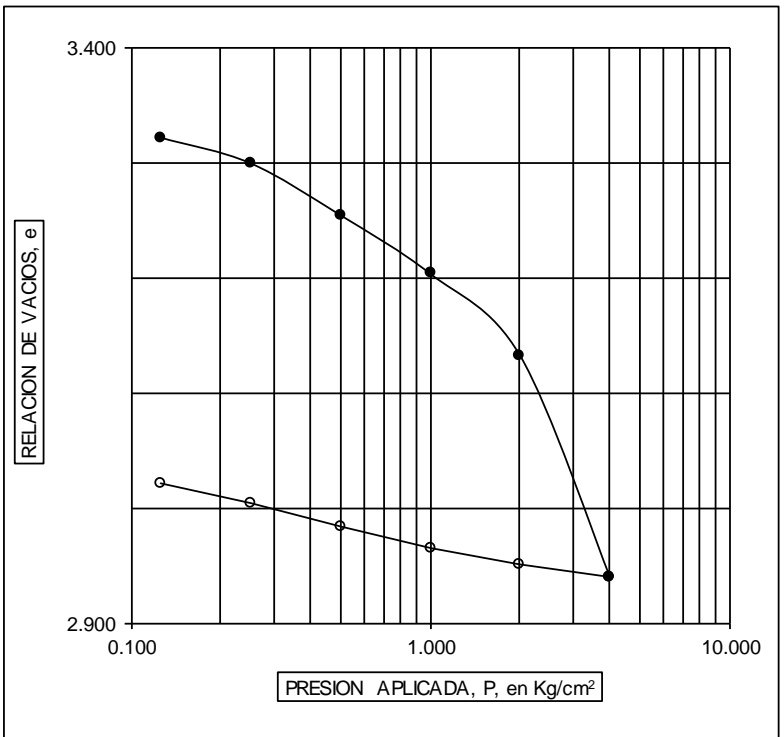
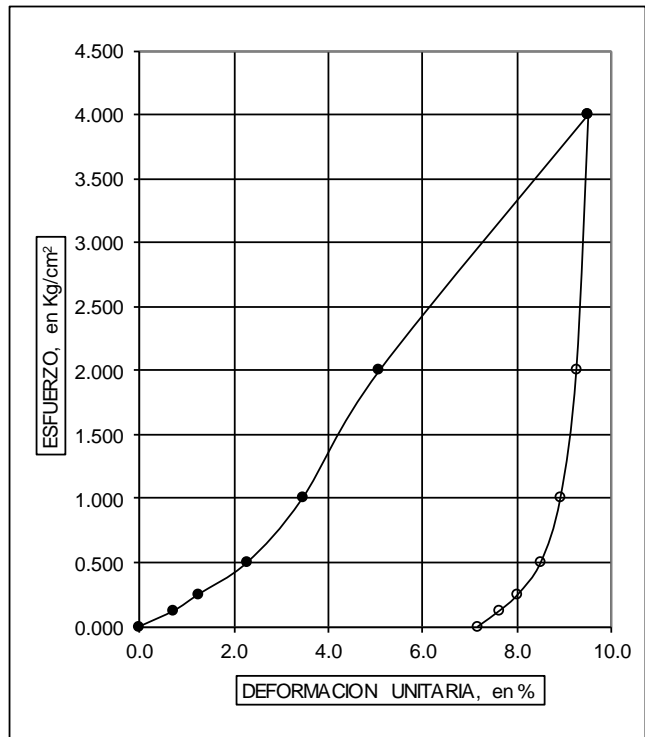
UBICACION: _____

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

SONDEO: SM-1
MUESTRA: 23.-1

PROF.: 13.30-13.50

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i --	FINAL e _f --	INICIAL w _i %	FINAL w _f %	INICIAL Gw _i %	FINAL Gw _f %	HUMEDO █ _h Ton/m ³	SECO █ _s Ton/m ³	
2.490	3.353	3.041	133.57	189.91	99.18	155.49	1.336	0.572	CH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: **MEGA LA VILLA**

UBICACION: _____

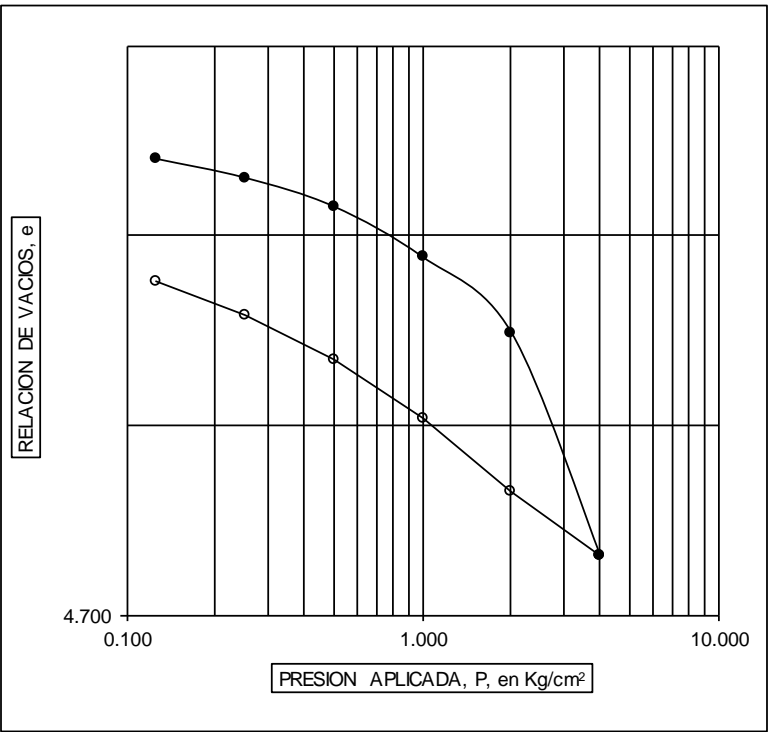
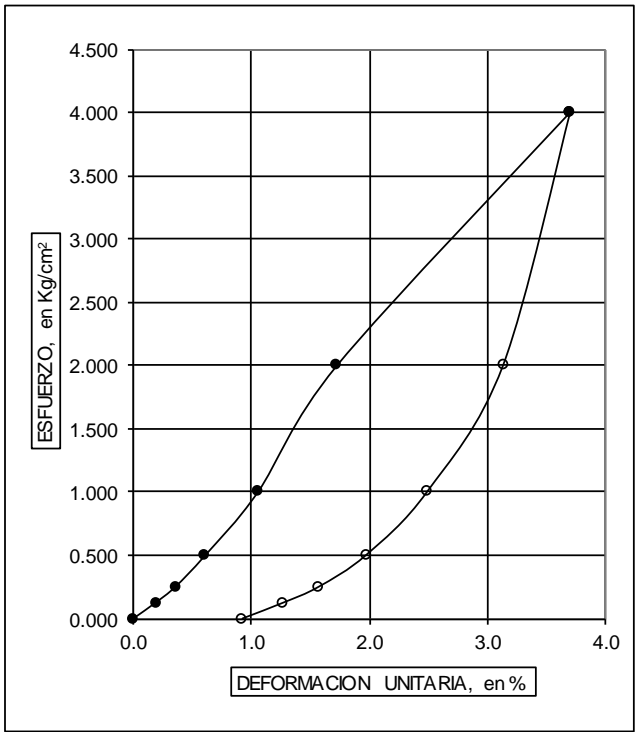
CLASIF.: **ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO**

SONDEO: **SM-1**

MUESTRA: **30.-2**

PROF.: **18.30-18.50**

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	HUMEDO	SECO	
--	e _i	e _f	w _i	w _f	Gw _i	Gw _f	█ _h	█ _s	
--	--	--	%	%	%	%	Ton/m ³	Ton/m ³	
2.440	4.952	4.897	193.14	312.75	95.17	155.84	1.202	0.410	CH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGA LA VILLA

UBICACION: _____

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

SONDEO: SM-1

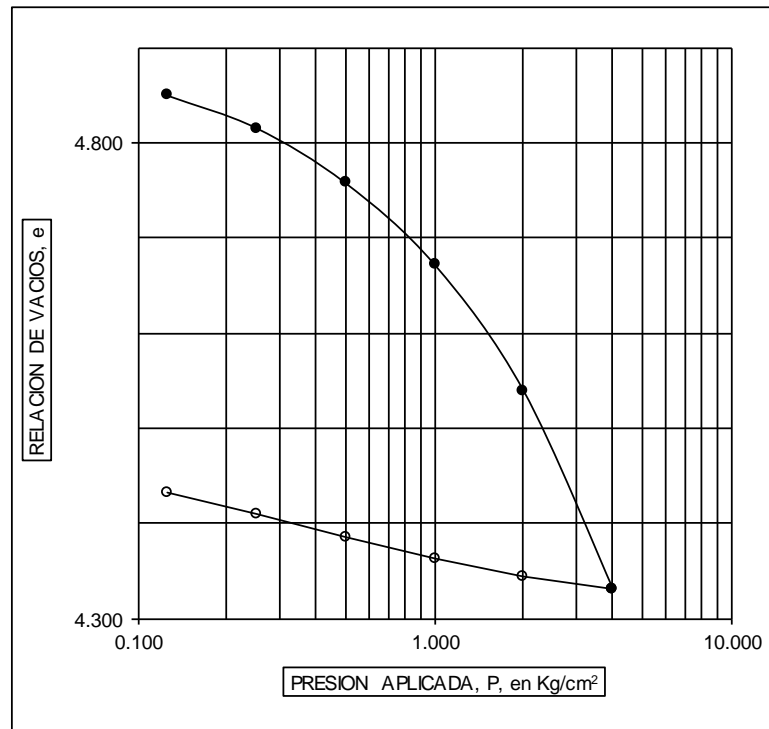
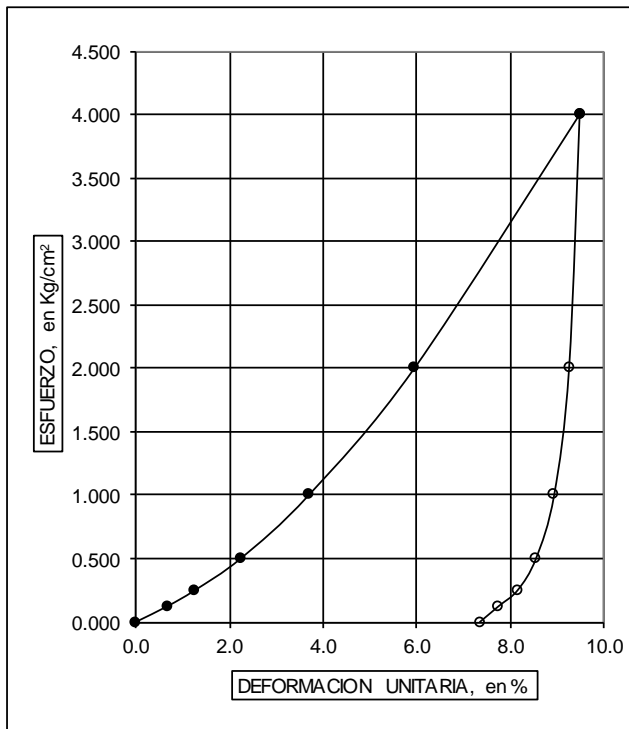
MUESTRA: 36.-3

PROF.: 22.10-22.30



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

DENSIDAD DE SOLIDOS S _s	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i	FINAL e _f	INICIAL w _i	FINAL w _f	INICIAL Gw _i	FINAL Gw _f	HUMEDO ■ _h Ton/m ³	SECO ■ _s Ton/m ³	
--	--	--	%	%	%	%			
2.460	4.890	4.457	210.72	288.53	106.01	159.26	1.298	0.418	CH



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGA LA VILLA

UBICACION:

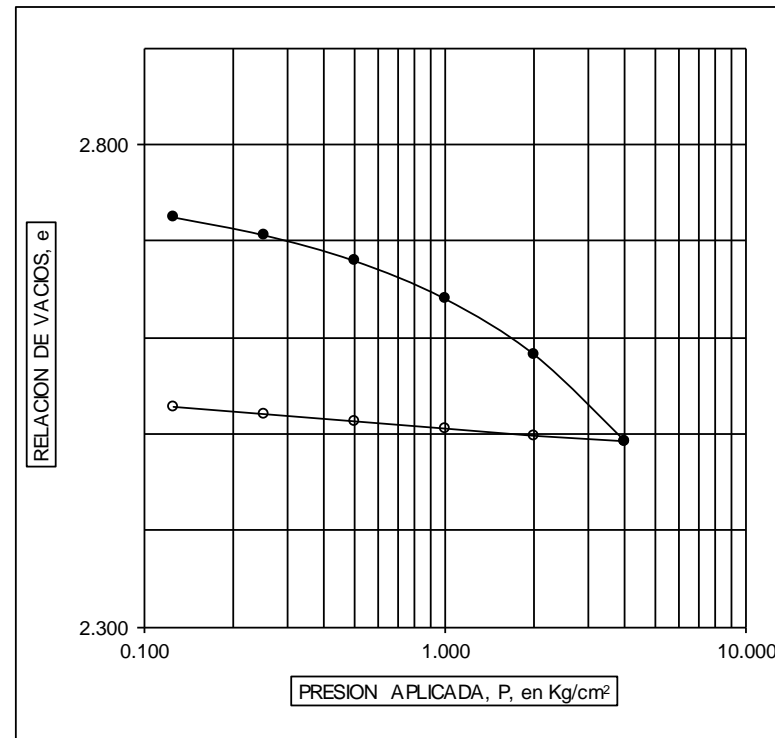
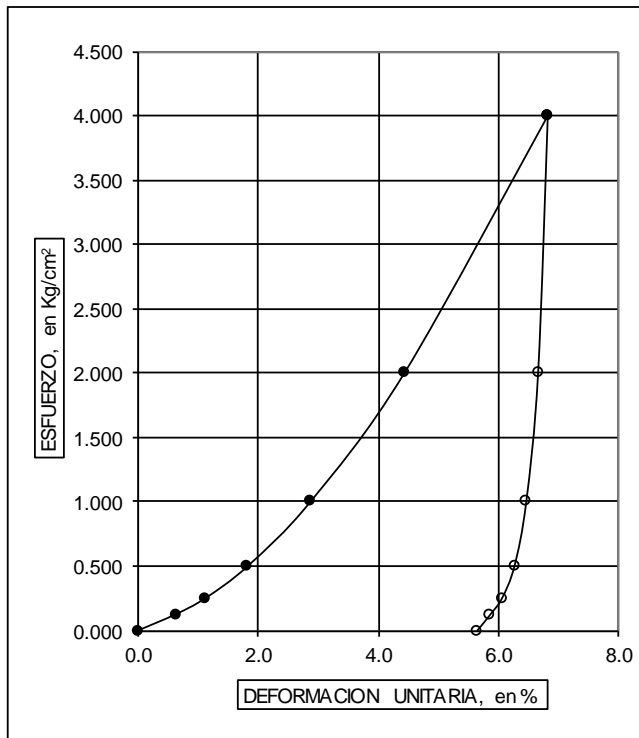
CLASIF.: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO

SONDEO: SM-2

MUESTRA: 10-1

PROF.: 5.50-5.70

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i	FINAL e _f	INICIAL w _i	FINAL w _f	INICIAL Gw _i	FINAL Gw _f	HUMEDO ■ _h Ton/m ³	SECO ■ _s Ton/m ³	
--	--	--	%	%	%	%			
2.440	2.748	2.536	106.94	160.65	94.97	154.58	1.347	0.651	CL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: **MEGA LA VILLA**

UBICACION: _____

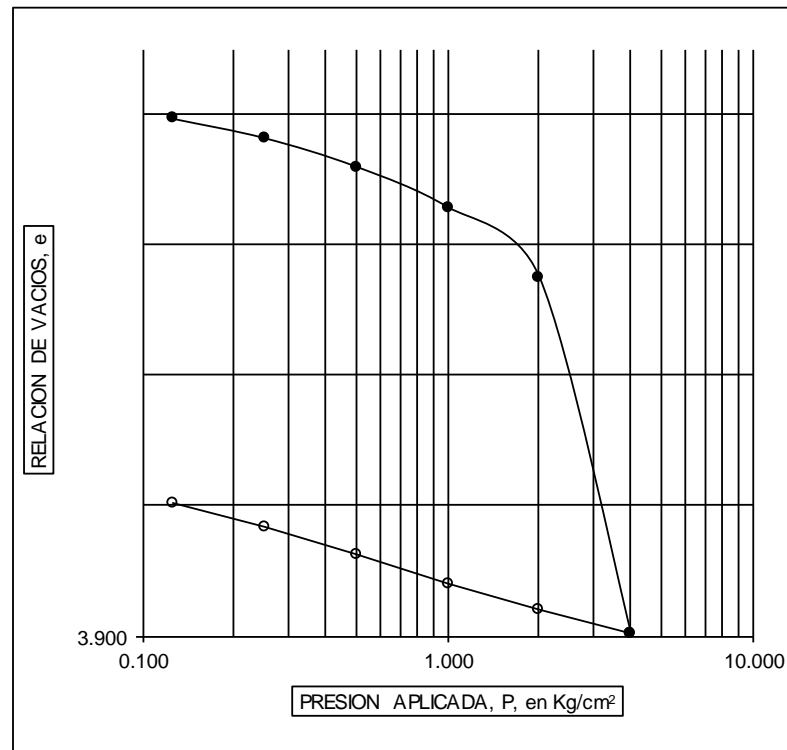
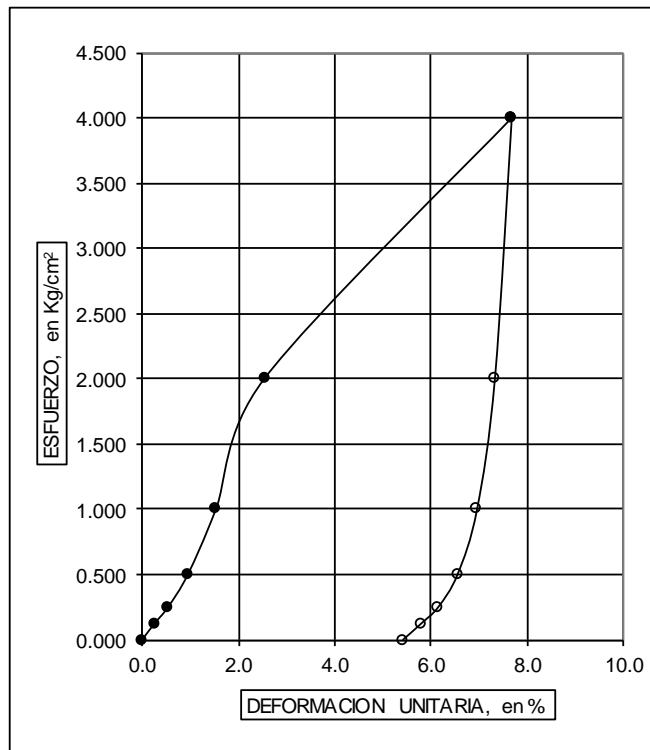
CLASIF.: **ARCILLA GRIS VERDOSO OBSCURO**

SONDEO: **SM-2**

MUESTRA: **18.-3**

PROF.: **10.70-10.90**

DENSIDAD DE SOLIDOS S_s --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e_i --	FINAL e_f --	INICIAL w_i %	FINAL w_f %	INICIAL Gw_i %	FINAL Gw_f %	HUMEDO γ_h Ton/m ³	SECO γ_s Ton/m ³	
2.450	4.310	4.022	164.41	242.14	93.45	147.48	1.220	0.461	CH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGA LA VILLA

UBICACION: _____

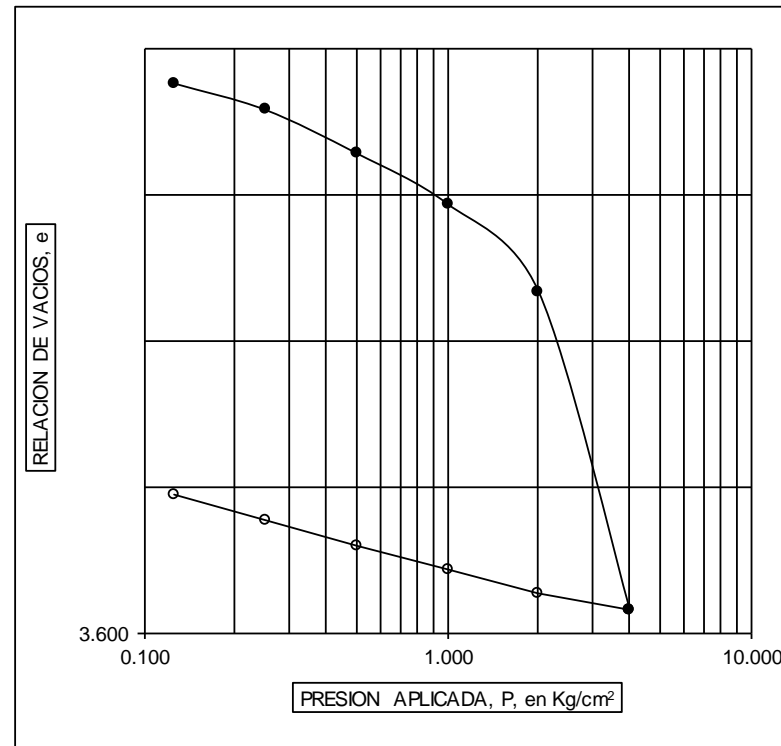
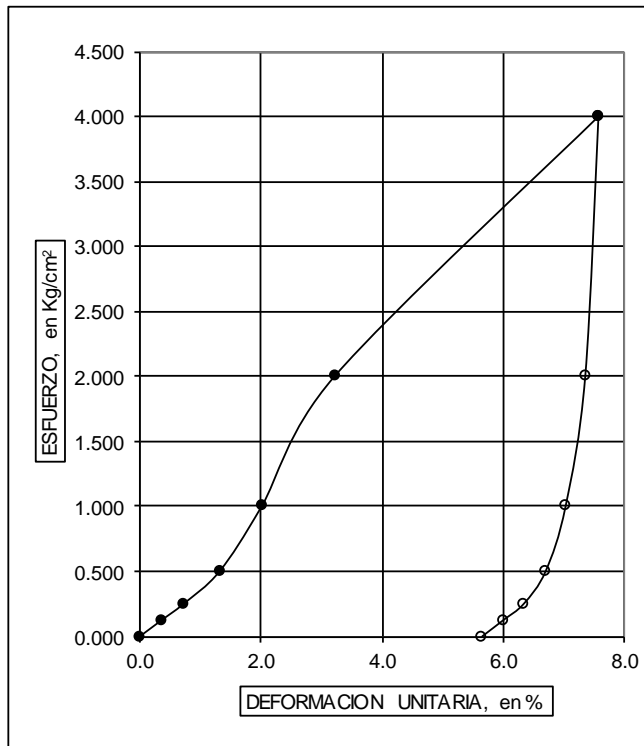
CLASIF.: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO

SONDEO: SM-2

MUESTRA: 25-2

PROF.: 14.70-14.90

DENSIDAD DE SOLIDOS S _s --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i --	FINAL e _f --	INICIAL w _i %	FINAL w _f %	INICIAL Gw _i %	FINAL Gw _f %	HUMEDO █ _h Ton/m ³	SECO █ _s Ton/m ³	
2.480	3.994	3.711	159.84	226.17	99.25	151.13	1.290	0.497	OH-MH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: **MEGA LA VILLA**

UBICACION: _____

CLASIF.: **ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO**

SONDEO: **SM-2**

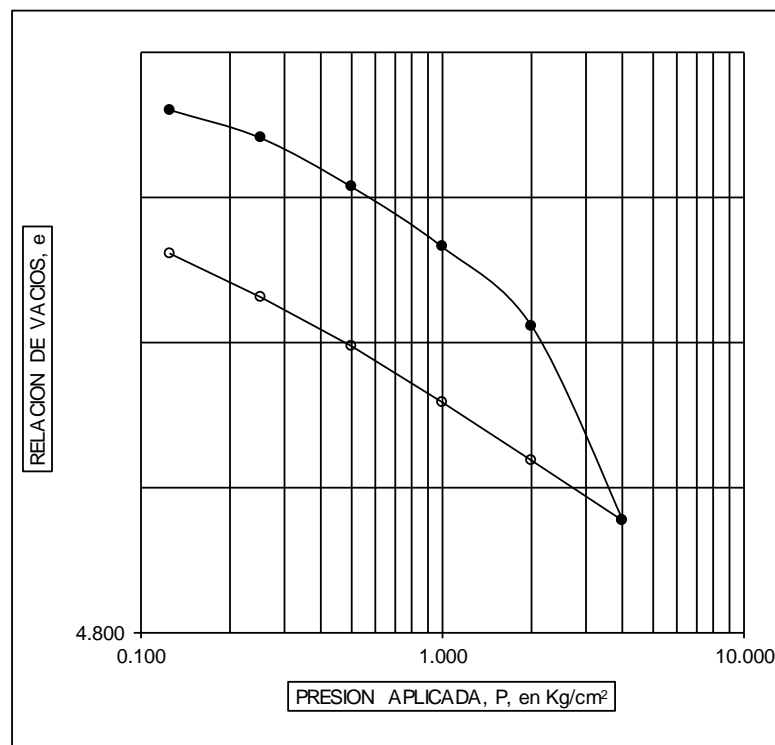
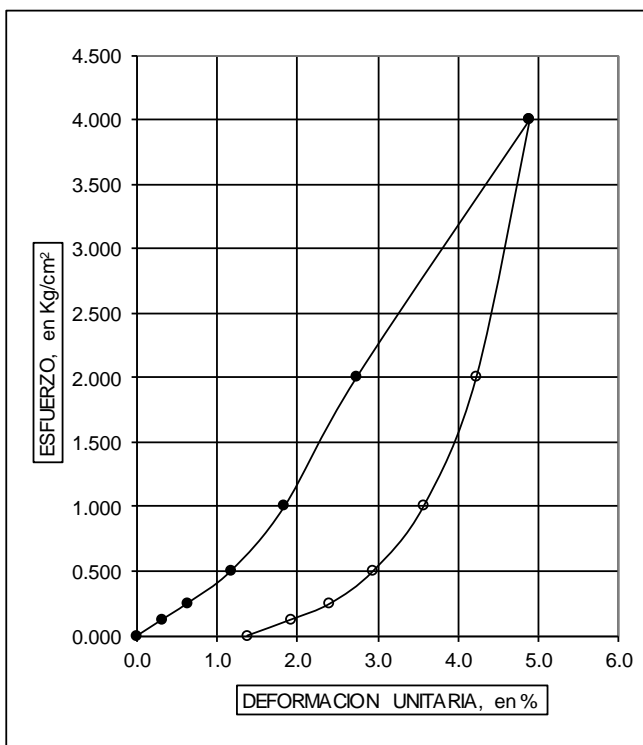
MUESTRA: **31.-1**

PROF.: **18.20-18.40**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

DENSIDAD DE SÓLIDOS S _s --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i --	FINAL e _f --	INICIAL w _i %	FINAL w _f %	INICIAL Gw _i %	FINAL Gw _f %	HUMEDO █ _h Ton/m ³	SECO █ _s Ton/m ³	
2.440	5.179	5.094	207.09	319.24	97.57	152.91	1.213	0.395	CH



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGALA VILLA

UBICACION: _____

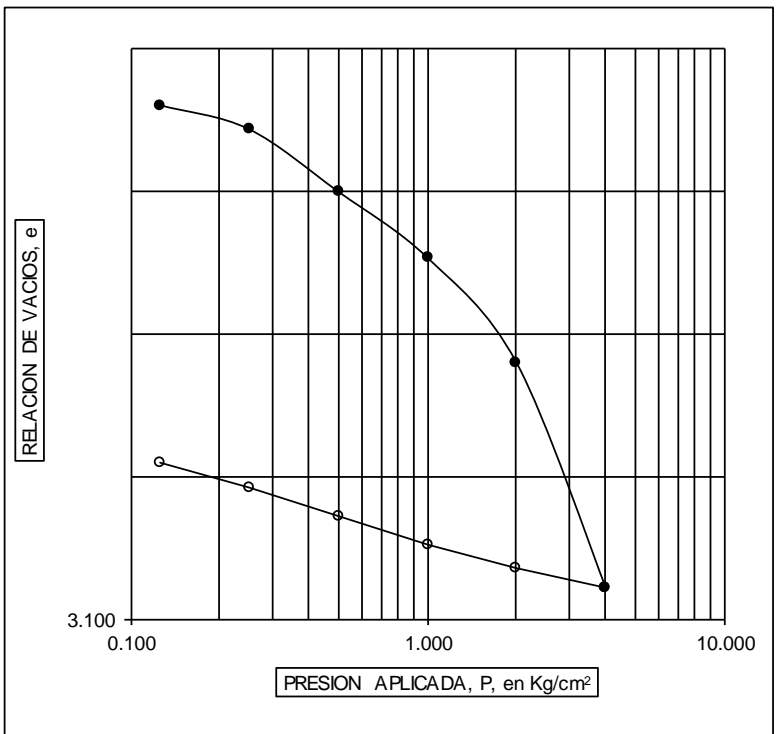
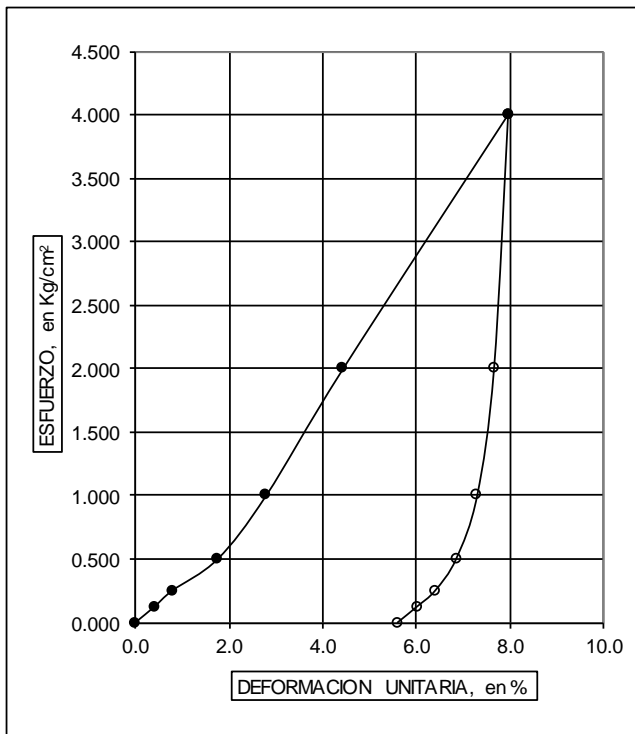
CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

SONDEO: SM-2

MUESTRA: 36.-1

PROF.: 21.90-22.10

DENSIDAD DE SOLIDOS S _s	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i	FINAL e _f	INICIAL w _i	FINAL w _f	INICIAL Gw _i	FINAL Gw _f	HUMEDO ■ _h Ton/m ³	SECO ■ _s Ton/m ³	
--	--	--	%	%	%	%			
2.450	3.478	3.227	136.55	214.55	96.18	162.87	1.294	0.547	CH



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL



OBRA: MEGA LA VILLA

UBICACION: _____

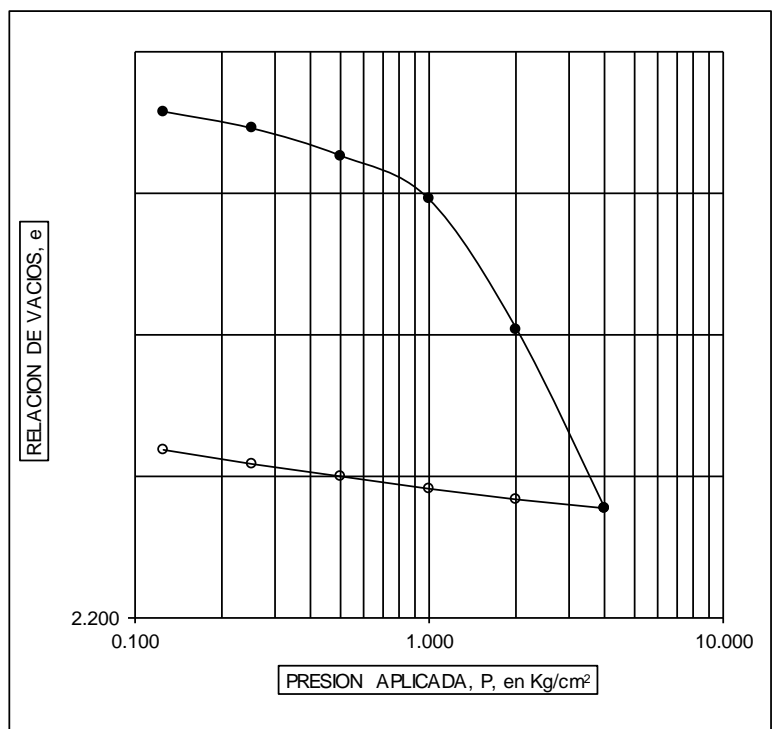
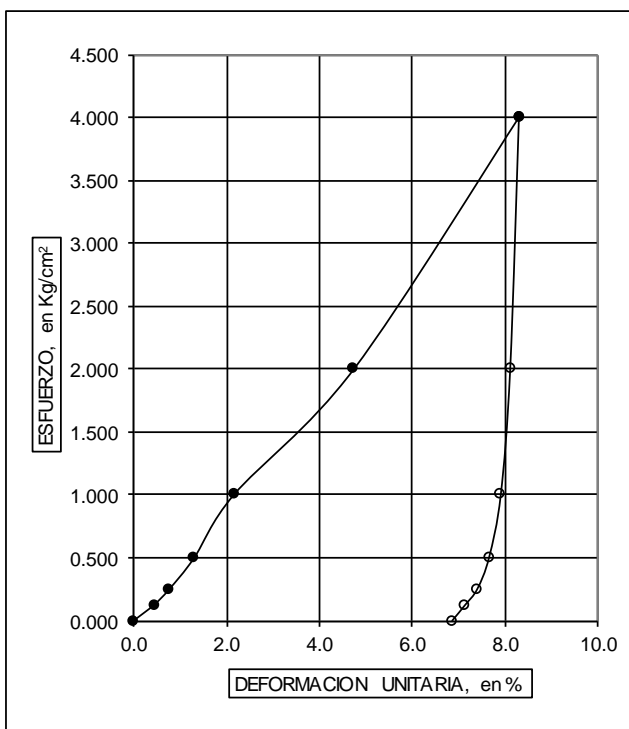
CLASIF.: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OBSCURO

SONDEO: SM-3

MUESTRA: 8.-2

PROF.: 4.30-4.50

DENSIDAD DE SOLIDOS S _s --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i --	FINAL e _f --	INICIAL w _i %	FINAL w _f %	INICIAL Gw _i %	FINAL Gw _f %	HUMEDO █ _h Ton/m ³	SECO █ _s Ton/m ³	
2.470	2.573	2.328	103.78	145.35	99.63	154.24	1.409	0.691	CL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGALA VILLA

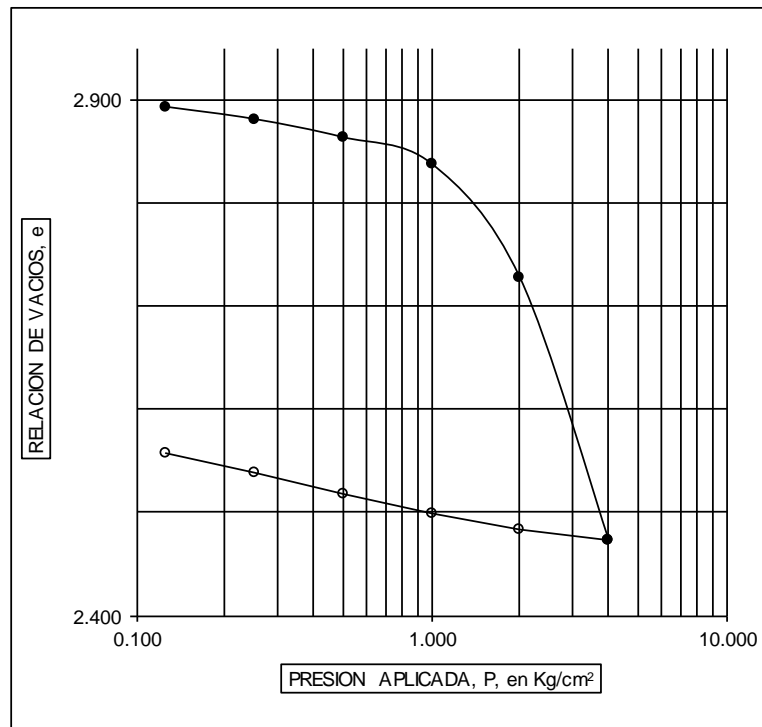
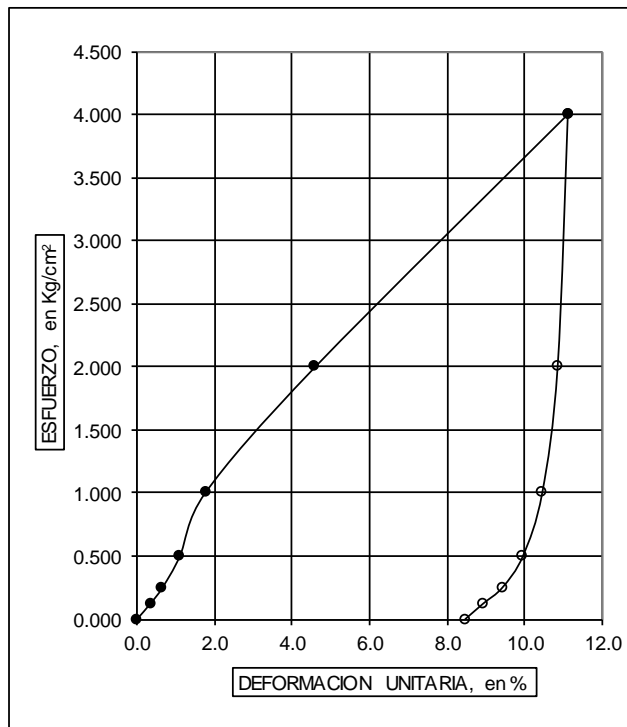
UBICACION: _____

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

SONDEO: SM-3
MUESTRA: 14.-3

PROF.: 8.30-8.50

DENSIDAD DE SOLIDOS S _s --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i --	FINAL e _f --	INICIAL w _i %	FINAL w _f %	INICIAL Gw _i %	FINAL Gw _f %	HUMEDO █ _h Ton/m ³	SECO █ _s Ton/m ³	
2.470	2.907	2.576	121.58	167.38	103.31	160.48	1.401	0.632	CH



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGALA VILLA

UBICACION: _____

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO OBSCURO

SONDEO: SM-3

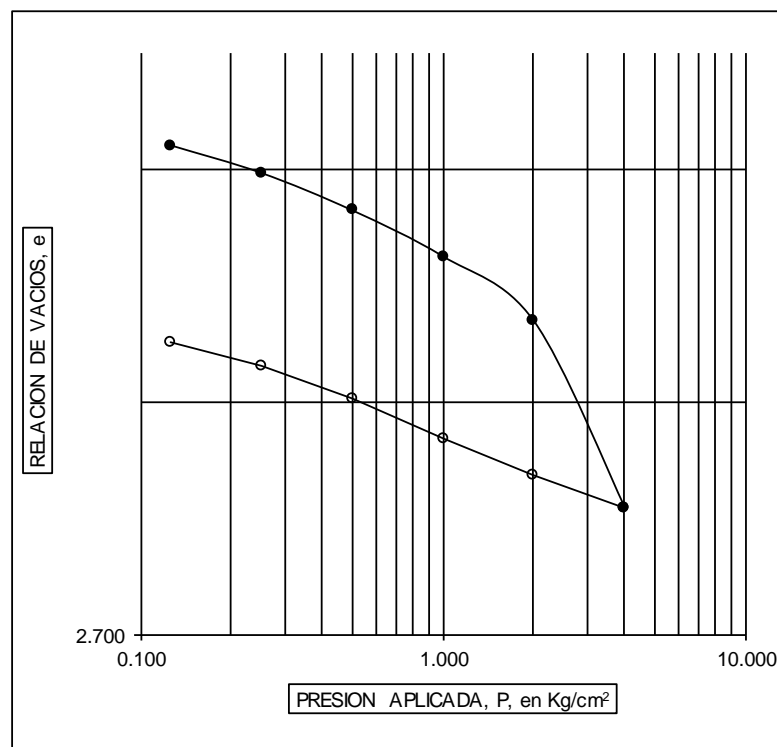
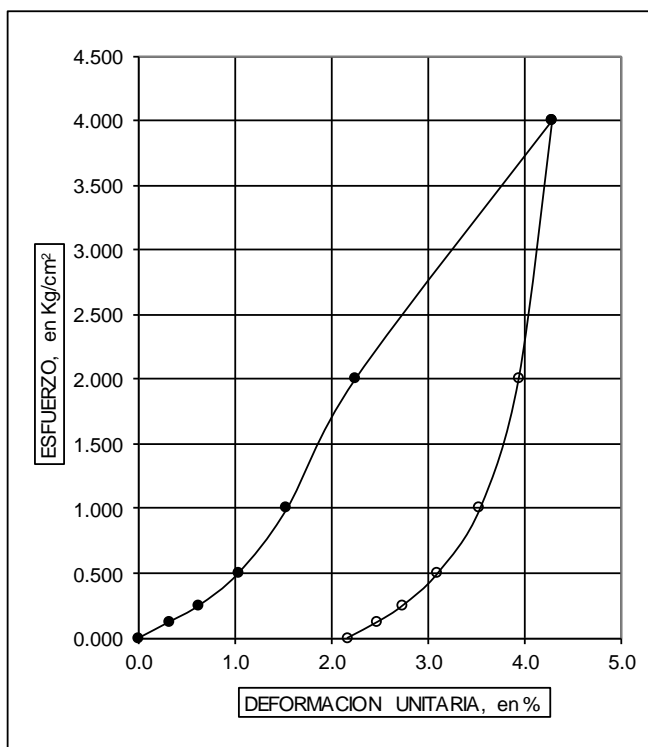
MUESTRA: 24-2

PROF.: 14.20-14.40



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

DENSIDAD DE SOLIDOS S _s --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i --	FINAL e _f --	INICIAL w _i %	FINAL w _f %	INICIAL Gw _i %	FINAL Gw _f %	HUMEDO ■ _h Ton/m ³	SECO ■ _s Ton/m ³	
2.550	2.923	2.838	106.80	172.02	93.19	154.58	1.344	0.650	CH



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGA LA VILLA

UBICACION: _____

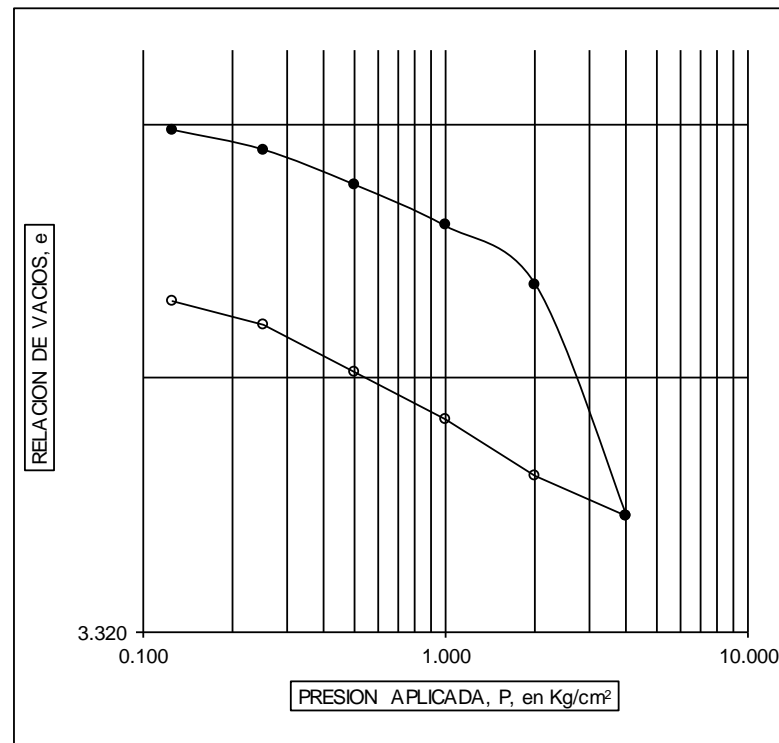
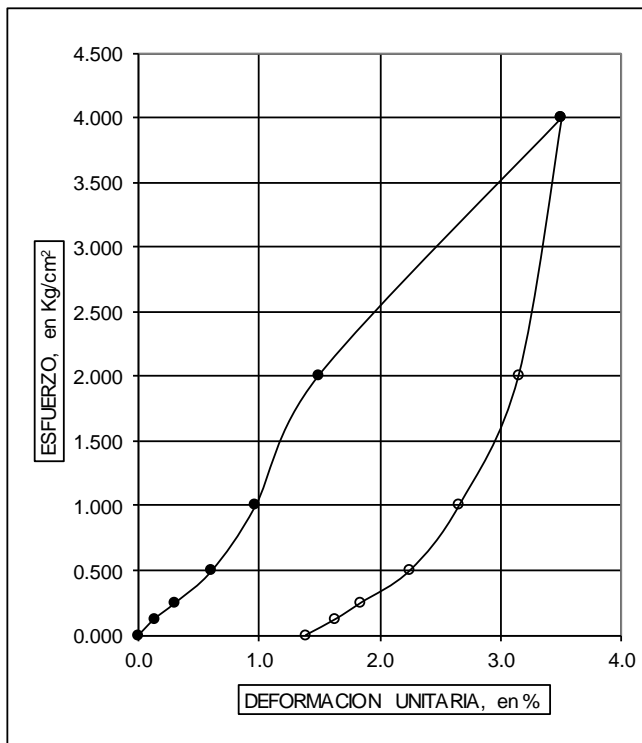
CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO OBSCURO

SONDEO: SM-3

MUESTRA: 30-2

PROF.: 17.70-17.90

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i	FINAL e _f	INICIAL w _i	FINAL w _f	INICIAL Gw _i	FINAL Gw _f	HUMEDO ■ _h Ton/m ³	SECO ■ _s Ton/m ³	
--	--	--	%	%	%	%			
2.420	3.524	3.462	142.56	229.94	97.89	160.76	1.297	0.535	CH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: MEGA LA VILLA

UBICACION: _____

CLASIF.: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO

SONDEO: SM-3

MUESTRA: 40-2

PROF.: 24.30-24.50



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

DENSIDAD DE SÓLIDOS S _s --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i --	FINAL e _f --	INICIAL w _i %	FINAL w _f %	INICIAL Gw _i %	FINAL Gw _f %	HUMEDO █ _h Ton/m ³	SECO █ _s Ton/m ³	
2.480	3.460	3.346	128.08	205.43	91.80	152.27	1.268	0.556	CL

