

25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGÓN

“ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA UN  
CONJUNTO HABITACIONAL UBICADO EN LA  
DELEGACIÓN AZCAPOTZALCO, D.F.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

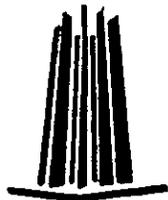
P R E S E N T A:

ARIEL MARTÍNEZ VALDÉS

L

ASESOR:

ING. GABRIEL ALVAREZ BAUTISTA



MÉXICO,

2001.

293585



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.

*A mis padres:*

*Alicia y Gustavo*

*Gracias al apoyo y al estímulo que siempre me demostraron, además de la confianza que depositaron en mí, hoy puedo concluir los estudios que me permitirán iniciar una nueva etapa como profesionista.*

*Esta tesis representa el esfuerzo que ustedes realizaron para que yo pudiera continuar en todo momento con mis estudios; es por eso que rindiendo un pequeño tributo a ese esfuerzo, les dedico este trabajo de tesis por brindarme esa oportunidad.*

*A mi asesor de tesis:*

*Ing. Gabriel Alvarez Bautista*

*A través de este medio quiero agradecerle por todo el apoyo y el tiempo que me dedicó durante la realización de este trabajo de tesis, ya que gracias a usted me fue más sencillo la elaboración y conclusión de ésta.*

*Por todo ese apoyo incondicional que siempre me brindó, además de su entrañable amistad, sólo me queda decirle. . . gracias*

# INDICE

---

---

	PAG.
1. INTRODUCCION.....	2
2. ANTECEDENTES.....	8
3. EXPLORACION Y MUESTREO DEL SUBSUELO.....	14
4. PRUEBAS DE LABORATORIO.....	18
5. CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS Y FISICAS DEL SUBSUELO.....	74
6. ANALISIS DE CIMENTACION.....	79
7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	95
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
9. ANEXO I.....	104
10. REFERENCIAS.....	127

# INTRODUCCION

## I. INTRODUCCION

---

El descontrolado incremento de la población en la ciudad de México, además de la disminución de los espacios propicios para la construcción de nuevas viviendas y el bajo poder adquisitivo de los mexicanos, ha llevado a los ingenieros civiles y demás profesionales de la construcción al diseño de un nuevo tipo de viviendas que solucione este problema.

Los conjuntos habitacionales de 3 a 5 niveles parecen ser la solución ya que se han desarrollado en los últimos tiempos, para resolver el problema de la vivienda económica o de interés social.

Al dar esta solución al problema de la vivienda de interés social se presenta uno nuevo, que implica el tipo de cimentación por utilizar que haga rentable y segura a la edificación, este problema no es tan sencillo ya que el diseño y construcción de cimentaciones en el Distrito Federal presentan dificultades muy superiores a las que son usuales en otras ciudades. El diseñador debe estar familiarizado con las peculiaridades geotécnicas y sísmicas del Valle de México. Para ello, es indispensable contar con los conocimientos básicos de mecánica de suelos.

El predio en interés se encuentra ubicado en la denominada zona II (transición), en donde las condiciones estratigráficas del subsuelo varían en forma extraordinaria de un punto a otro del área urbanizada. En general, se tienen superficialmente los depósitos arcillosos o limosos orgánicos de la formación Becerra, cubriendo a estratos de arcilla muy compresibles y de baja resistencia de espesores variables, intercalados con capas de arena limosa compacta o arena limpia, los cuales descansan sobre potentes mantos en los que el material predominante es la grava y la arena.

La estratigrafía y propiedades de los materiales del subsuelo deben investigarse con todo detalle para diseñar correctamente las cimentaciones y las superestructuras.

No hay que perder de vista que toda construcción se debe apoyar en el suelo por medio de una cimentación apropiada además de que los elementos de la subestructura no podrán desplantarse sobre tierra vegetal o sobre materiales de relleno. Solo en casos particulares se aceptará cimentar sobre rellenos controlados, cuando se demuestre que estos cumplen con los requisitos definidos en el Reglamento de Construcción para el Distrito Federal.

En el caso de los conjuntos habitacionales de 3 a 5 niveles en el Distrito Federal, la cimentación está en función de la preconsolidación de los depósitos arcillosos, pero en general lo recomendable para estas edificaciones que pueden transmitir sobrecargas al subsuelo altas en áreas extensas, cuando se localizan en la zona lacustre de la ciudad,

y si el nivel freático no es muy somero, es recurrir a la cimentación compensada con excavaciones someras formada por un cajón de cimentación a base de traveses y losas, de concreto reforzado. Además, con este tipo de cimentación los asentamientos por consolidación tienen rangos admisibles y por lo tanto son tolerables, reduciendo los efectos de los sismos en la estructura proyectada, dependiendo de las características de preconsolidación del subsuelo.

El principio fundamental de este tipo de cimentaciones es bastante simple; con los *cajones de cimentación* se busca minimizar el incremento neto de carga aplicado al subsuelo mediante excavación del terreno, desplantado a una profundidad tal que el peso de la suelo excavado iguale al peso de la estructura, de manera que el suelo al nivel de desplante, no perciba ninguna presión en añadidura a la originalmente existente como consecuencia de la compensación efectuada, es decir el peso del suelo desalojado es sustituido por un peso semejante y que compense a la estructura.

En el análisis de este tipo de cimentación se deben considerar las siguientes acciones:

- Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad máxima.
- Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad instantánea.
- Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad media.

Para el cálculo del incremento de carga transmitido por este tipo de cimentación y la revisión del estado límite de servicio (asentamientos), el peso de la estructura a considerar será: la suma de la carga muerta más la carga viva con intensidad media incluyendo el peso propio de la cimentación, menos el peso total del suelo excavado; esta combinación será afectada con un factor de carga unitario.

De acuerdo al valor que alcance la carga neta aplicada al suelo en la base del cajón resulte positivo, nulo o negativo, la cimentación se denomina parcialmente compensada, compensada o sobrecompensada, respectivamente. Comparando la presión total transmitida en forma permanente por la estructura  $w$  con el esfuerzo total inicial al nivel de desplante  $P_d$ , se determinan las condiciones de trabajo de la cimentación:

Cimentación parcialmente compensada	$w > P_d$
Cimentación compensada	$w = P_d$
Cimentación sobrecompensada	$w < P_d$

Donde:

$$w = \frac{W_E}{A}$$

$$P_u = \gamma D_f$$

- $W_E$ : Carga permanente (acciones permanentes más acciones variables con intensidad media)  
 $A$ : Área de cimentación  
 $\gamma$ : Peso volumétrico total representativo del suelo desde la superficie hasta  $D_f$   
 $D_f$ : Profundidad de desplante

Debido a la dificultad de garantizar que el cajón se mantenga estanco durante la vida útil de la estructura, la carga permanente  $W_E$  deberá preverse la instalación de una bomba para extraer el volumen de agua asociado a la eventual inundación por debajo del nivel freático de las celdas del cajón que no constituyan un problema que genere desplomes. En el caso de que el cajón tenga celdas por debajo del nivel freático y que estas no ocupen un espacio funcionalmente útil, deberán considerarse como llenas de agua y el este peso deberá sumarse al de la subestructura.

Quando se requiere excavar por debajo del nivel freático para lograr la compensación de la estructura, es necesario contar con un sistema de abatimiento durante la construcción; además de permitir excavar en seco, el sistema de bombeo incrementa la estabilidad y disminuye las expansiones y el asentamiento subsecuente.

Los cajones de cimentación parcialmente compensados (propuestos en este trabajo de tesis de acuerdo a los resultados de laboratorio) son aquellos en donde el peso de la tierra excavada compensa únicamente una parte del peso de la estructura, en tanto que el resto de la carga se transmite al suelo de apoyo, y que es permitido por la capacidad de carga de éste, tratando de obtener asentamientos con valores dentro de los límites tolerables para la estructura de que se trate. En el caso de que no lo permita la capacidad de carga y los asentamientos producidos resulten fuera de los límites permisibles, es común la utilización de una cimentación mixta complementada con pilotes.

Las cimentaciones compensadas han sido particularmente utilizadas para evitar asentamientos en suelos altamente compresibles, pues, teóricamente, los eliminan por no dar al terreno ninguna sobrecarga.

Sin embargo, como el proceso de carga no es simultáneo con el de descarga, resultado de la excavación, tienen lugar expansiones en el fondo de ésta, que se traducen en asentamientos cuando, por efecto de la carga de la estructura, dicho fondo regrese a su posición original. Así, los problemas principales de una cimentación

compensada emanan de la excavación necesaria, generalmente profunda pero limitada también por el costo que esta representa.

La cimentación de toda obra, precisa del conocimiento de la naturaleza del subsuelo. Cuanto más importante sea la obra, más profundo debe ser este conocimiento. Los mapas geológicos proporcionan una primera indicación, aunque son muy insuficientes, pues no dan ningún dato sobre las características mecánicas de los terrenos, que es lo fundamental para el cálculo de una cimentación

Para el ingeniero interesado en diseño y construcción de cimentaciones, las propiedades físicas de los suelos, tales como peso unitario, permeabilidad, resistencia al esfuerzo cortante, compresibilidad e interacción con el agua, son de primordial importancia.

Para el diseño final de estructuras importantes, el estudio debe ser complementado por pruebas de laboratorio que determinen las características de compresibilidad.

Primeramente se debe definir el método más apropiado para realizar la exploración y muestreo, aunque en general se nota una marcada tendencia a usar el sondeo de penetración estándar, o sea, extracción de muestras alteradas y determinación del número de golpes; el registro del tipo de suelo mediante identificación de campo se complementa con determinaciones de contenido de agua y, en ciertos casos, límites de Atterberg. Es comprensible que este método sea el más empleado, por la facilidad de realización, la sencillez del equipo requerido y la rapidez de ejecución. Pero debe advertirse que sus alcances son limitados por las siguientes razones: los materiales muestreados están fuertemente alterados; las fronteras entre estratos quedan mal definidas; es fácil perder una capa blanda intercalada entre otras duras; la presencia de gravas causa taponamiento del muestreador y consecuentemente el desplazamiento del suelo hacia el exterior distorsionando el registro de golpes; y no menos importante, debido a las ventajas del método antes mencionadas, es frecuente que la operación quede a cargo de personal no capacitado. Es por estas razones que además de la utilización del penetrómetro estándar se recomienda la obtención de muestras inalteradas con tubos de pared delgada (tipo Shelby) y someterlas a los ensayos convencionales (compresión simple, consolidación, compresión triaxial UU y CU, además de la determinación de propiedades índice).

De acuerdo a las recomendaciones antes mencionadas se hicieron los ensayos de laboratorio correspondientes, de donde se obtuvieron los parámetros para seleccionar la alternativa de cimentación más adecuada y realizar su revisión para que se encuentre dentro de los lineamientos establecidos por el reglamento de construcciones.

Enseguida se realiza una breve reseña del contenido de cada capítulo del presente trabajo de tesis:

En el capítulo 1 ANTECEDENTES, se realiza una descripción del terreno de interés y su ubicación, se definen las colindancias del terreno y además se hace una breve descripción del proyecto arquitectónico, en este capítulo se presentan algunos croquis que facilitan la comprensión de lo descrito.

En el capítulo 2 EXPLORACION Y MUESTREO DEL SUBSUELO, se define el tipo de exploración y muestreo que se utilizó y se hace una descripción de cada uno de los instrumentos utilizados en estos trabajos.

El capítulo 3 PRUEBAS DE LABORATORIO, presenta los resultados obtenidos de los análisis de campo y laboratorio realizadas tales como: clasificación en forma visual y al tacto en estado húmedo y seco mediante pruebas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, contenido natural de agua, límites de consistencia, densidad de sólidos, ensayos de compresión axial y triaxial, pruebas de consolidación estándar y granulometría.

En el capítulo 4 CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS Y FISICAS DEL SUBSUELO se define la zona geotécnica en que se encuentra el predio en cuestión y se describe la secuencia estratigráfica del subsuelo encontrada en el sitio de interés de acuerdo a los sondeos realizados.

En el capítulo 5 ANALISIS DE CIMENTACION, se define el tipo de cimentación más adecuado de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de campo y laboratorio y se realizan los cálculos correspondientes para el dimensionamiento y revisión de dicha subestructura, bajo el estado límite de falla y el estado límite de servicio, que deberán satisfacer estas dos condiciones para que la cimentación sea estable.

En el capítulo 6 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO, se hace una descripción del proceso constructivo que se debe seguir para la correcta realización de la excavación y las medidas de precaución necesarias que se deben tener en esta para garantizar la seguridad durante esta etapa.

En el capítulo 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, se hace una reseña de los resultados obtenidos y las recomendaciones que se hacen en cuanto al tipo de cimentación propuesta.

En el capítulo 8 ANEXO 1, se presentan los resultados del cálculo de los asentamientos así como el listado del programa que se utilizó.

Finalmente se indican las referencias que sirvieron como apoyo para la realización de este trabajo.

**ANTECEDENTES**

## 2. ANTECEDENTES

---

El Grupo Edificador Polgued, S.A. de C.V. proyecta la construcción de un Conjunto Habitacional Plurifamiliar en un predio ubicado en Calle Miguel Lerdo de Tejada No. 187 y 195 de la Colonia Ampliación Petrolera, Barrio Santo Domingo, Delegación Azcapotzalco, México, D.F. La localización del sitio se muestra en la figura 1.

Actualmente el predio de interés se encuentra baldío y anteriormente se tenía una estructura de un nivel. El predio tiene un área de 1 177 m<sup>2</sup>. Se efectuó un levantamiento del tipo de las estructuras colindantes con el predio de interés; encontrándose colindando al norte con estructuras de un nivel, las cuales tiene una cimentación a base de zapatas desplantadas a 0.8 m de profundidad, y no tienen castillos; al sur colinda con la calle de Miguel Lerdo de Tejada; al oriente se tienen estructuras de uno y dos niveles, estas últimas se encuentran al centro y en una de las esquinas, así como una barda perimetral de 2.5 m de altura constituida por tabique rojo, la cual se encuentra construida sin castillos y sin dala de coronación; finalmente al poniente se tiene entre el fondo del predio y dos tercios de su longitud hacia la calle Lerdo de Tejada una barda perimetral, y en el último tercio de esta colindancia se tiene una estructura de un nivel desplantada en forma superficial y semejante a la colindante en el lado oriente, como se muestra en la figura 2.

El proyecto arquitectónico contempla la construcción de edificios, constituidos por planta baja y cuatro plantas tipo. En dos de los edificios la planta baja será ocupada para estacionamiento de automóviles, como se observa en la planta de la figura 3, en ellos la estructuración se efectuará mediante columnas, traveses y losas de concreto reforzado en el nivel de la planta baja, y en los niveles superiores mediante muros de carga, traveses y losas de concreto reforzados. Los edificios restantes se estructurarán por medio de muros de carga, traveses y losas de concreto reforzado. En la figura 4 se presenta una planta con la distribución de muros en las plantas tipo, y en la figura 5 un corte vertical.

Con objeto de determinar el tipo de cimentación más adecuado para los edificios proyectados, se efectuaron diversos análisis de mecánica de suelos basados en los resultados del muestreo y exploración del subsuelo realizados en el predio de interés y en pruebas de laboratorio.

En este informe se describen los trabajos realizados, se reportan los resultados obtenidos y se consignan las recomendaciones para el diseño y construcción de cimentación que se juzga más conveniente.

# LOCALIZACION

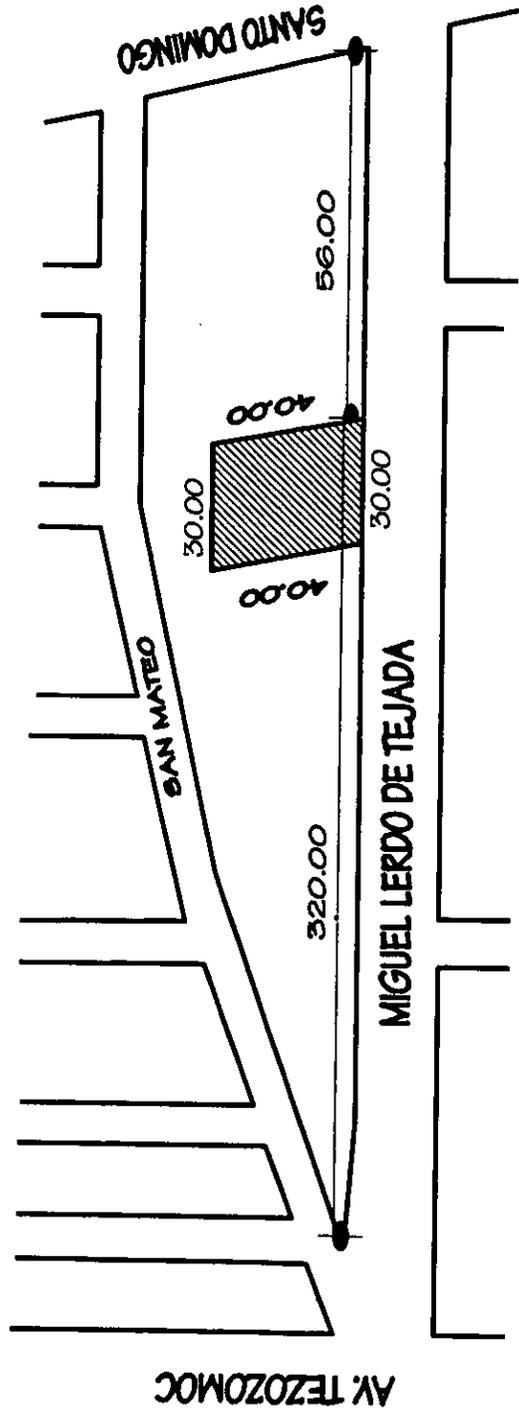
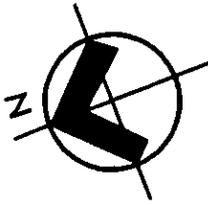
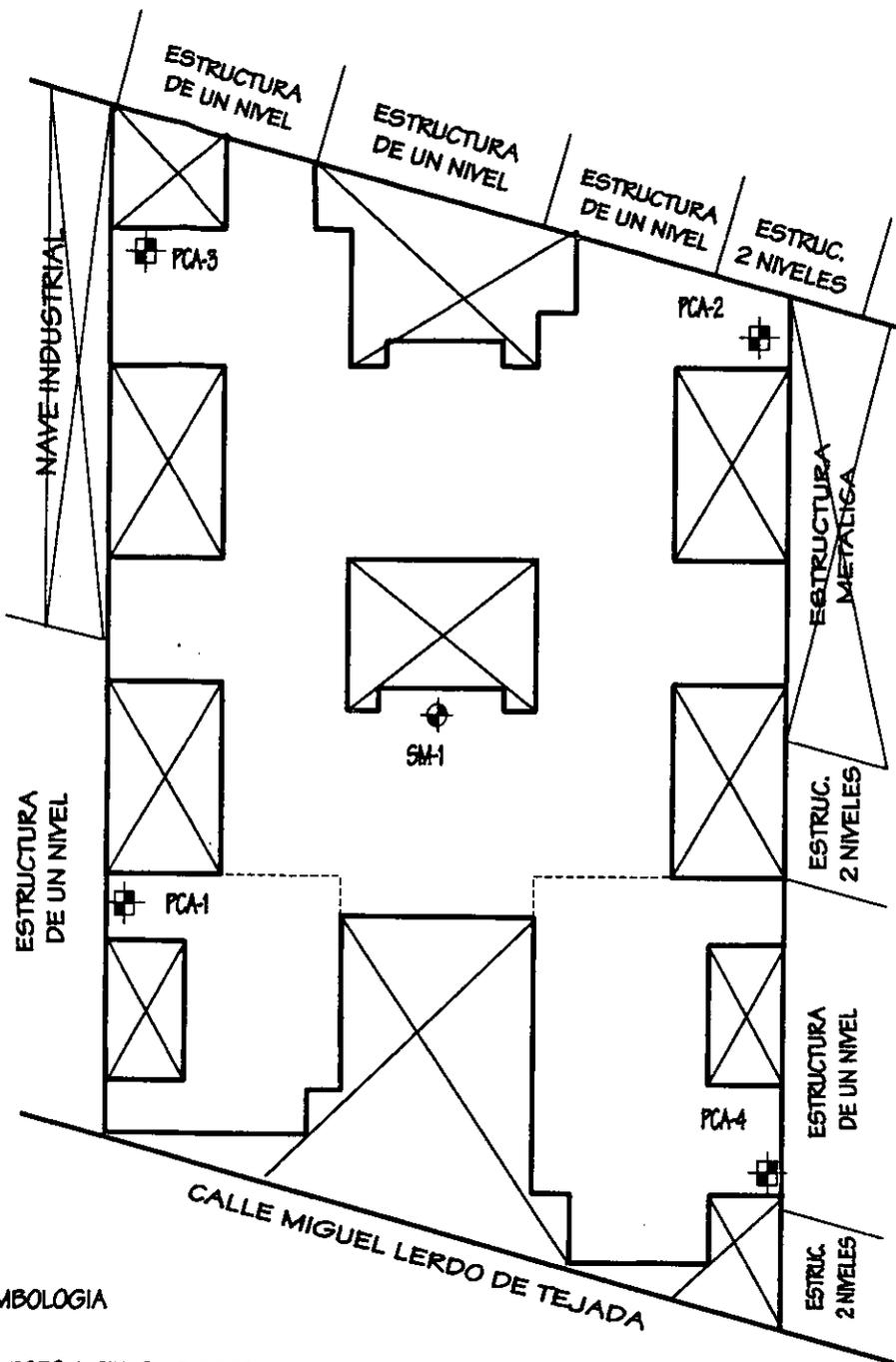


FIGURA No. 1



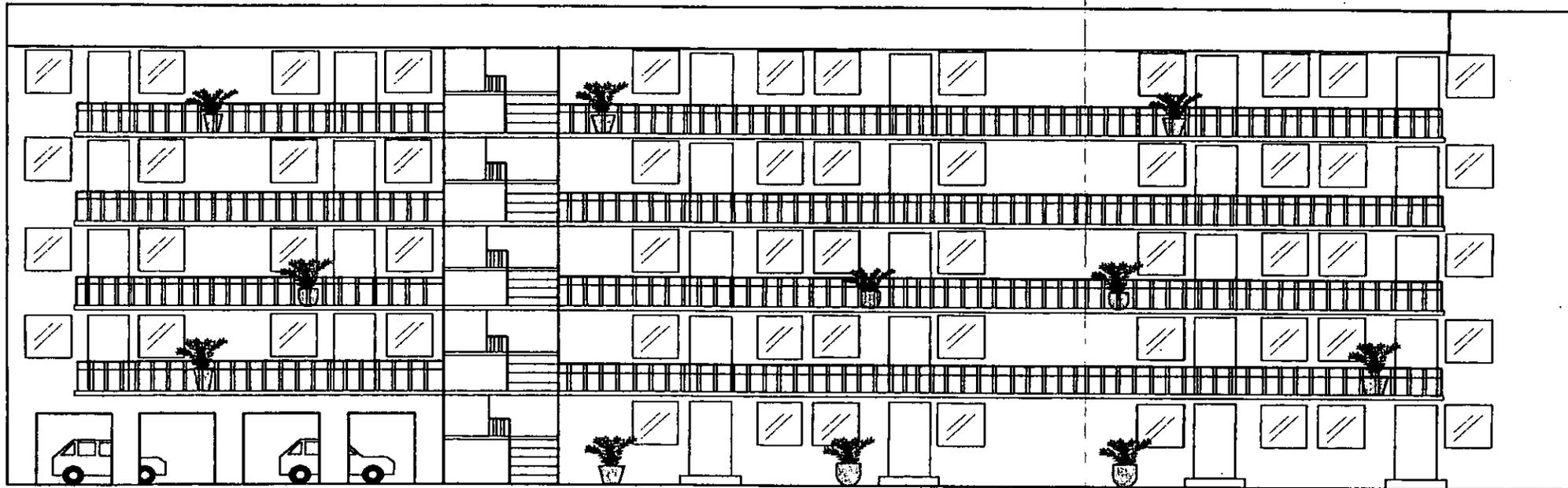
**SIMBOLOGIA**

-  POZO A CIELO ABIERTO
-  SONDEO MIXTO

**COLINDANCIAS Y UBICACION DE SONDEOS**

**FIGURA No. 2**





CORTE 4 - 4'

FIGURA No. 5

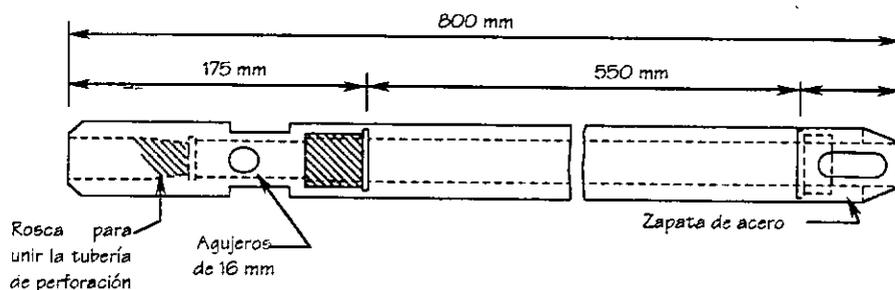
# EXPLORACION Y MUESTREO DEL SUBSUELO

### 3. EXPLORACION Y MUESTREO DEL SUBSUELO

Para conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo en el sitio de interés, se efectuó un sondeo de tipo mixto a 17 m de profundidad, denominado SM-1.

El sondeo mixto se realizó combinando el muestreo inalterado utilizando el muestreador shelby, con el muestreo alterado mediante la realización de la prueba de penetración estándar. El muestreador shelby es un tubo de acero de pared delgada, de 10 cm de diámetro y 1 m de longitud, con el extremo inferior afilado, y unido por el superior a un cabezal con una válvula que permite el alivio de presión durante el hincado y que se cierra durante la extracción; se hincan a presión 80 cm, con velocidad constante, dejando una longitud de 20 cm donde se alojan los azolves que pudieran tenerse en el fondo de la perforación.

La prueba de penetración estándar consiste en hincar 60 cm el penetrómetro estándar de 3.5 cm de diámetro interior, por medio de golpes que le proporciona un martinete de 63.5 Kg que cae desde una altura de 76 cm; el índice de resistencia a la penetración de los materiales atravesados, se mide contando el número de golpes necesarios para avanzar los 30 cm intermedios.



PENETRÓMETRO ESTANDAR

La investigación de los depósitos superficiales del subsuelo se realizó mediante la excavación de cuatro pozos a cielo abierto a 2.5 m de profundidad; se inspeccionaron las paredes de los pozos determinando su estratigrafía mediante la clasificación de los materiales con técnicas de campo.

La localización en planta del sondeo mixto y los pozos a cielo abierto se muestran en la figura 2. En las figuras 6 y 7 se presentan los registros de campo del sondeo realizado.

**REPORTE DIARIO DE OPERACION**

**OBRA:** LERDO DE TEJADA  
**COORDENADAS:** X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_ Z \_\_\_\_\_  
**LOCALIZACION:** LERDO DE TEJADA No. 187 y 195 AZCAPOTZALCO  
**FECHA DE INICIO:** 30/04/98 Hrs. \_\_\_\_\_  
**POZO No.:** 1  
**FECHA DE TERM.:** \_\_\_\_\_ Hrs. \_\_\_\_\_  
**TIPO DE SONDEO:** MIXTO  
**PERFORADORA:** LONG YEAR 34  
**BOMBA:** MOYNO 3L6

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.			RECUPERACION			PENETRACION ESTAND. PESO MARTILLO 54 Kg. ALTURA DE CAIDA 75 cm			TIPO DE HERRAMIENTA	ADEME AVANCE DIARIO	PRESION	CLASIFICACION DE CAMPO Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m.	%	C R % DEERE	No DE GOLPES EN						
							15 cm	30 cm	15 cm				
1	0.00	0.60	0.60	0.34			23	49	8	T. P.			MATERIAL DE RELLENO (CASCAJO)
2	0.60	1.20	0.60	0.33			6	20	17	T. P.			P.S. 10 CM MATERIAL DE RELLENO; P.I. 23 CM ARCILLA CAFE OSCURO
3	1.20	1.80	0.60	0.16			6	17	9	T. P.			ARCILLA ARENOSA, CAFE OSCURO
4	1.80	2.40	0.60	0.26			5	16	10	T. P.			ARCILLA ARENOSA, CAFE OSCURO
5	2.40	3.00	0.60	0.34			6	18	15	T. P.			ARENA POCO ARCILLOSA, GRIS CLARO
6	3.00	3.60	0.60	0.42			6	21	17	T. P.			38 CM ARENA ARCILLOSA, GRIS CLARO; P.I. ARENA FINA GRIS CLARO
7	3.60	4.20	0.60	0.45			4	5	8	T. P.			P.S. 5 CM ARENA FINA GRIS CLARO; P.I. 40 CM ARCILLA GRIS
8	4.20	4.80	0.60	0.31			2	9	6	T. P.			ARCILLA GRIS
9	4.80	5.20	0.40	0.35			PRESION			T sh			P.S. ARCILLA GRIS; P.I. ARENA ARCILLOSA
10	5.20	5.62	0.42	0.31			15	50/27		T. P.			ARENA GRIS, ARCILLOSA
	5.62	5.80	0.18				AVANCE			B. T.			AVANCE
11	5.80	6.40	0.60	0.14			20	18	1	T. P.			ARENA GRIS
12	6.40	7.00	0.60	0.15			1	5	3	T. P.			ARCILLA GRIS VERDOSO
13	7.00	7.60	0.60	0.60			P. H.	P. H.	1	T. P.			ARCILLA GRIS VERDOSO
14	7.60	8.40	0.80	0.65			PRESION			T sh			ARCILLA CAFE VERDOSO
15	8.40	9.00	0.60	0.50			P. H.	2	3	T. P.			P.S. 32 CM ARCILLA ARENOSA, CAFE; P.I. 18 CM ARCILLA ARENOSA GRIS
16	9.00	9.60	0.60	0.36			1	13	25	T. P.			P.S. 10 CM ARCILLA ARENOSA GRIS; ARCILLA ARENOSA CAFE; P.I. 12 CM ARENA GRIS
17	9.60	10.20	0.60	0.33			4	26	14	T. P.			ARENA GRIS OSCURO CON UN LENTE DE ARCILLA GRIS VERDOSO
18	10.20	10.43	0.23	0.27			25	50/8		T. P.			ARENA GRIS, GRUESA, CON GRAVILLAS
	10.43	10.80	0.37				AVANCE			B. T.			AVANCE

* PH: PESO DE LA HERRAMIENTA	* PESO DEL MARTINETE	* P.P.: PESO PROPIO DE LA TUBERIA MAS EL MARTINETE
Nivel frático (m): _____	Tumo de: _____ α: _____	Hrs. Prof. del proyecto: 17.00 m.
Observaciones Generales: _____		Profundidad real: 16.80 m.
		Operador: Miguel Ordoñez
		Supervisor: Carlos Reyes Molina
Ademe (m): _____		Fecha: 30 Abril '98

FIGURA No. 6

**REPORTE DIARIO DE EFICIENCIA**

<b>OBRA:</b> <u>LERDO DE TEJADA</u>	<b>COORDENADAS:</b> <u>X</u> <u>Y</u> <u>Z</u>
<b>LOCALIZACION:</b> <u>LERDO DE TEJADA No. 187 y 195 AZCAPOTZALCO</u>	<b>FECHA DE INICIO:</b> <u>30/04/98</u> Hrs. _____
<b>POZO No.:</b> <u>1</u>	<b>FECHA DE TERM:</b> _____      Hrs. _____
<b>TIPO DE SONDEO:</b> <u>MIXTO</u>	
<b>PERFORADORA:</b> <u>LONG YEAR 34</u>	<b>BOMBA:</b> <u>MOYNO 3L6</u>

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.			RECUPERACION			PENETRACION ESTAND. PESO MARTILLO 54 Kg. ALTURA DE CAIDA 75 cm			TIPO DE HERRAMIENTA	ADEME AVANCE DIARIO	PRESION Kg/cm <sup>2</sup>	CLASIFICACION DE CAMPO Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m.	%	C R % DEERE	No DE GOLPES EN						
							15 cm	30 cm	15 cm				
19	10.80	10.90	0.10	0.10			50/10			T. P.			ARENA GRIS, GRUESA, CON GRAVILLAS
	10.90	11.40	0.50				AVANCE			B. T.			AVANCE
20	11.40	11.52	0.12	0.10			50/12			T. P.			ARENA LIMOSA CON GRAVILLAS, GRIS
	11.52	12.00	0.48				AVANCE			B. T.			AVANCE
21	12.00	12.12	0.12	0.12			50/12			T. P.			ARENA GRUESA, LIMOSA, CON GRAVAS, GRIS
	12.12	12.60	0.48				AVANCE			B. T.			AVANCE
22	12.60	12.86	0.26	0.13			40	50/11		T. P.			ARENA GRUESA, GRIS
	12.86	13.20	0.34				AVANCE			B. T.			AVANCE
23	13.20	13.47	0.27	0.27			28	50/12		T. P.			LIMO ARENOSO, GRIS VERDOSO
	13.47	13.80	0.33				AVANCE			B. T.			AVANCE
24	13.80	14.10	0.30	0.15			33	50/15		T. P.			LIMO ARENOSO, GRIS VERDOSO
	14.10	14.40	0.30				AVANCE			B. T.			AVANCE
25	14.40	14.58	0.18	0.18			46	50/3		T. P.			LIMO ARENOSO, GRIS VERDOSO
	14.58	15.00	0.42				AVANCE			B. T.			AVANCE
26	15.00	15.20	0.20	0.20			40	50/5		T. P.			ARENA LIMOSA, GRIS VERDOSA
	15.20	15.60	0.40				AVANCE			B. T.			AVANCE
27	15.60	15.98	0.38	0.21			25	50/23		T. P.			P.S. 11 CM ARENA LIMOSA GRIS VERDOSO; P.O. 10 CM LIMO GRIS CLARO
	15.98	16.20	0.22				AVANCE			B. T.			AVANCE
28	16.20	16.61	0.41	0.29			26	50/26		T. P.			LIMO ARCILLOSOS, GRIS
	16.61	16.80	0.19				AVANCE			B. T.			AVANCE

<b>* PH: PESO DE LA HERRAMIENTA</b>	<b>* PESO DEL MARTINETE</b>	<b>* P.P.: PESO PROPIO DE LA TUBERIA MAS EL MARTINETE</b>
Nivel frático (m): _____	Tumo de: _____ a: _____	Hrs. Prof. del proyecto: <u>17.00 m.</u>
Observaciones Generales: _____	_____	Profundidad real: <u>16.80 m.</u>
_____	_____	Operador: <u>Miguel Ordoñez</u>
Ademe (m): _____	_____	Supervisor: <u>Carlos Reyes Molina</u>
_____	_____	Fecha: <u>30 Abril '98</u>

FIGURA No. 7

---

# PRUEBAS DE LABORATORIO

#### 4. PRUEBAS DE LABORATORIO

##### Contenido de agua y Clasificación de los suelos

Todas las muestras obtenidas se clasifican en forma visual y al tacto, en estado húmedo y seco mediante pruebas del **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)** que consiste en el reconocimiento del tipo y predominio de los constituyentes del subsuelo, considerando tamaños de grano, graduación, plasticidad y compresibilidad. Esta clasificación divide a los suelos en tres grupos principales: suelos gruesos, suelos finos y suelos de alto contenido de materia orgánica. En el campo, su identificación se lleva a cabo por medio de inspección visual para los granos gruesos y por medio de pruebas manuales sencillas para los suelos finos. Se determinó también el contenido natural de agua a partir de la relación:

$$w \% = \frac{(Wh + t) - (t)}{(Ws + t) - (t)} \times 100$$

en donde primeramente se pone una pequeña porción de la muestra en estado húmedo en una cápsula o tara ( $Wh + t$ ), la cual se pesa en una balanza, se introduce en un horno de secado a una temperatura constante ( $105^{\circ} C$ ); después de 12 o más horas de permanencia en él, se deja enfriar la cápsula con la muestra y nuevamente se pesa ( $Ws + t$ ); el contenido de agua se representa como  $w \%$ . En las figuras 8 a 11 se presentan los registros de laboratorio con los resultados de estos trabajos.

##### Límites de consistencia

El límite líquido  $L_L$  lo fija el contenido de agua (expresado en porcentaje del peso seco), que debe tener un suelo remoldeado para que una muestra del mismo, en que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de  $X$  número de golpes bien definidos en la copa de Casagrande, se cierre el fondo de la ranura, cuando esto sucede se toma una pequeña porción de la muestra ensayada y se pesa, posteriormente esta misma se pone a secar en el horno a una temperatura de  $110^{\circ} C$  y después de 18 horas (mínimo) se pesa nuevamente la muestra y se hacen los cálculos necesarios para determinar el porcentaje de agua correspondiente a cada número de golpes, con estos datos se construye la **curva número de golpes contra contenido de agua**, de esta manera podemos encontrar el límite líquido en donde el contenido de agua corresponda a 25 golpes.

El límite plástico  $L_P$  lo fija el contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo, de aproximadamente 3.2 mm. de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa, no absorbente que puede ser una placa de vidrio;

cuando esto sucede se pesa la muestra y se introduce al horno durante un mínimo de 18 horas para su evaporación, posteriormente se pesa nuevamente la muestra y con los datos obtenidos se calcula el contenido de agua en %, si en dos muestras ensayadas se obtiene una diferencia no mayor del 2 % se promedian estas y el valor obtenido es el límite plástico.

La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico se llama índice de plasticidad, y es una medida de la plasticidad del suelo.

En los estratos representativos se hicieron límites de consistencia o se determinó el porcentaje de finos, según se tratara de suelos finos o gruesos; se obtuvieron en ambos la densidad de sólidos. En las figuras 12 a 20 se presentan los resultados de las pruebas para determinar los límites de consistencia, y de porcentajes de finos. Los resultados de las densidades de sólidos obtenidas se presentan en la figura 21.

## **Granulometría**

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. A partir de la distribución de los granos en un suelo, es posible formarse una idea aproximada de otras propiedades del mismo.

Según su composición, la granulometría puede determinarse por medio de mallas, por el método del hidrómetro, o bien, combinando ambos. El método mecánico se concreta a segregar el suelo por medio de una serie de mallas, que definen el tamaño de la partícula; pesando la fracción retenida en cada malla se calcula el porcentaje retenido con respecto al total de la muestra.

Los resultados obtenidos de la granulometría de materiales gruesos ensayados en una serie de mallas se presentan en las figuras 52 a 55.

En la figura 56 se presentan en forma gráfica los resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas en las muestras del sondeo mixto, incluyendo los valores del índice de resistencia a la penetración estándar de los depósitos atravesados.

Los perfiles estratigráficos de los pozos a cielo abierto excavados se presentan en las figuras 57 y 58.

## **Prueba de compresión triaxial.**

Para conocer los parámetros de resistencia del suelo, se efectuaron en muestras inalteradas ensayos de compresión axial no confinada y compresión triaxial no consolidada-no drenada (pruebas UU).

La prueba de compresión triaxial se realiza envolviendo en una membrana impermeable un espécimen cilíndrico del suelo que se desea probar, cuyas bases quedan en contacto con cabezas sólidas provistas de piedras porosas que sirven de filtro; los filtros están conectados a tubos delgados provistos de válvulas que permiten gobernar la salida o entrada del agua al espécimen. Dichos tubos de drenaje están conectados a una bureta graduada mediante la cual se puede conocer el volumen de agua expulsado o absorbido por el suelo. La unión entre la membrana y las cabezas se ata con bandas de hule para garantizar un sello hermético. Todo el conjunto queda encerrado en una cámara que se conecta a un tanque de agua a presión. La tapa superior de la cámara es atravesada por un vástago delgado que pasa por un depósito de grasa a presión, el que evita las fugas de agua a lo largo de la pared del vástago y reduce a un mínimo de fricción de ésta contra la tapa.

**Prueba triaxial no consolidada-no drenada (pruebas UU).** En este caso se aplica una presión de agua a la cámara que se transmite hidrostáticamente al espécimen, actuando sobre la membrana y las cabezas. Las válvulas de drenaje se cierran antes de aplicar la presión al agua, y permaneciendo cerradas se comienza a cargar axialmente la muestra de suelo desde el exterior de la cámara, aplicando al vástago una carga creciente hasta alcanzar la falla, que generalmente se presenta a lo largo de un plano inclinado. Un micrómetro marca las deformaciones longitudinales del espécimen.

En las figuras 22 a 25 se presentan los registros de laboratorio y las gráficas de esfuerzo-deformación unitaria de las pruebas de compresión no confinada realizadas, y de la determinación del peso volumétrico natural. La ley de resistencia definida por la envolvente de los círculos de Mohr corresponde a los estados de esfuerzo desviador máximo, obtenidos en pruebas de compresión triaxial no consolidada-no drenada, UU, así como los registros de laboratorio y las gráficas de esfuerzo-deformación unitaria, de las pruebas UU, se presentan en las figuras 26 a 45.

## Consolidación unidimensional

Los parámetros de compresibilidad del suelo, se obtuvieron por medio de pruebas de consolidación estándar, la cual consiste en comprimir verticalmente un espécimen del material que se estudia, confinado en un anillo rígido, siguiendo una secuencia de cargas establecida de antemano. En todos los casos y para cada incremento de carga, el espécimen sufre una primera deformación correspondiente al retraso hidrodinámico que se llama consolidación primaria, y también sufre una deformación adicional, debida a un fenómeno secundario, que en las arcillas se llama retraso plástico y en las arenas retraso friccional.

El consolidómetro de anillo libre (diseñado por el Dr. Arthur Casagrande) consta de un anillo rígido dentro del cual se coloca el espécimen de suelo, que se protege en ambas caras circulares por medio de piedras porosas que permiten la salida del agua del

espécimen al ser comprimido éste. El conjunto se coloca dentro de un cilindro en el que puede ponerse agua si se desea mantener el espécimen saturado. La carga al espécimen se aplica mediante el sistema de placa, marco y colgador de pesas.

Las deformaciones que sufre el espécimen bajo una carga aplicada se registran en un micrómetro, y un cronómetro permite conocer el tiempo que transcurre para alcanzar la deformación producida por un incremento de carga. La carga se va aplicando en incrementos elegidos, de tal manera que cada uno de ellos duplique el valor de la presión anterior. En laboratorio son muy comunes las presiones de 0.125, 0.250, 0.500, 1, 2, 4 y 8 kg/cm<sup>2</sup> aplicadas sucesivamente. Para cada uno de los incrementos de presión se lleva un registro de la forma como progresa la deformación a través del tiempo, haciendo uso del micrómetro y del cronómetro.

En las figuras 46 a 51 se presentan las curvas de compresibilidad, y los registros de laboratorio de las pruebas de consolidación realizadas.

## CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: LERDO DE TEJADA      FECHA: 08 MAYO 1998  
 SONDEO: SM-1      OPERADOR: JAVIER ESPEJO

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.	TARA No.	TARA gr.	Wh + t gr.	Ws + t gr.	w %	TORC. Kg/cm <sup>2</sup>	CLASIFICACION
1	0.00	31	20.52	62.33	59.41	7.51		
	0.60							MATERIAL DE RELLENO
2	0.60	408	17.27	67.48	64.99	5.22		MATERIAL DE RELLENO
	1.20							
3		170	24.08	105.96	87.60	28.90		ARCILLA CON ARENA FINA. CAFE CLARO
	1.20							
4	1.80	143	16.57	79.68	65.67	28.53		ARCILLA CON ESCASA ARENA FINA. CAFE CLARO
	1.80							
5	2.40	165	24.83	109.29	88.76	32.11		ARCILLA CON ESCASA ARENA FINA. CAFE CLARO
	2.40							
6	3.00	213	24.33	97.66	79.42	33.11		ARENA FINA. ARCILLOSA. CAFE VERDOSO
	3.00							
7	3.60	211	24.10	91.67	64.55	67.05		LIMO ARCILLOSO CON ESCASA ARENA FINA, GRIS CLARO
	3.60							
8	4.20	234	23.86	96.73	66.91	69.41		ARCILLA CAFE OSCURO CON POCO LIMO
	4.20							
9-1	4.80	81	22.84	46.31	39.87	37.82		ARCILLA CAFE OSCURO CON POCO LIMO
	4.80							
9-2	4.80	226	24.34	81.74	57.97	70.68		ARCILLA POCO LIMOSA. CAFE OSCURO
	4.97							
10	4.97	145	17.20	100.62	81.30	30.14		ARENA FINA. LIMOSA. CON CONTACTOS DE ARCILLA GRIS
	5.14							
11	5.14	10	17.01	94.85	69.35	48.78		ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA FINA. GRIS CLARO
	5.20							
11	5.62	215	24.51	74.02	63.24	27.83		LIMO CON VETAS DE ARENA FINA. LIMOSA. GRIS VERDOSO
	5.80							
	6.40	101	23.90	82.85	37.73	326.32		ARCILLA CAFE VERDOSO

FIGURA No. 8

## CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

**OBRA:** LERDO DE TEJADA      **FECHA:** 08 MAYO 1998  
**SONDEO:** SM-1      **OPERADOR:** JAVIER ESPEJO

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.	TARA No.	TARA gr.	W <sub>h</sub> + t gr.	W <sub>s</sub> + t gr.	w %	TORC. Kg/cm <sup>2</sup>	CLASIFICACION
12	6.40	397	16.27	71.84	56.55	37.96		
	7.00							ARENA FINA, LIMOSA, CON VETAS DE ARCILLA, GRIS VERDOSO
13	7.00	407	16.40	68.70	27.57	368.22		
	7.60							ARCILLA CAFE VERDOSO CON LENTES DE ARENA FINA
14-1	7.60	108	17.30	100.76	38.23	298.76		
	7.82							ARCILLA CAFE ROJIZO CON PEQUEÑAS VETAS DE ARENA FINA
14-2	7.82	227	24.16	93.57	40.16	333.81		
	8.04							ARCILLA CAFE VERDOSO
14-3	8.04	8	12.02	100.72	60.63	82.47		
	8.28							ARCILLA GRIS OSCURO CON VETAS DE ARENA FINA
15	8.40	188	24.53	96.76	45.14	250.46		
	9.00							ARCILLA CAFE ROJIZO CON ARENA FINA
16	9.00	42	19.51	58.93	53.92	14.56		
	9.60							ARENA FINA, LIMOSA, CON Poca ARCILLA, GRIS
17		160	16.66	87.66	43.99	159.79		
	9.60							ARCILLA CON ARENA FINA, GRIS
18	10.20	85	22.78	95.92	78.80	30.56		
	10.20							ARENA FINA, LIMOSA, CON VETAS DE LIMO ARCILLOSO, GRIS OSCURO
19	10.43	158	20.42	88.69	78.83	16.88		
	10.80							ARENA FINA Y MEDIA, LIMOSA, CON GRAVILLAS, GRIS OSCURO
20	10.92	97	22.94	84.06	73.33	21.29		
	11.40							ARENA FINA Y MEDIA CON GRAVILLAS, GRIS OSCURO
21	11.52	173	23.25	85.92	74.58	22.09		
	12.00							LIMO ARENOSO CON GRAVAS Y GRAVILLAS, GRIS OSCURO
22	12.12	75	16.96	93.01	77.37	25.89		
	12.60							LIMO ARENOSO CON GRAVAS Y GRAVILLAS, GRIS OSCURO
	12.86	200	23.99	101.97	94.74	10.22		ARENA MEDIA A GRUESA, GRIS

FIGURA No. 9

## CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: LERDO DE TEJADA      FECHA: 08 MAYO 1998  
 SONDEO: SM-1      OPERADOR: JAVIER ESPEJO

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.	TARA No.	TARA gr.	W <sub>h</sub> + t gr.	W <sub>s</sub> + t gr.	w %	TORC. Kg/cm <sup>2</sup>	CLASIFICACION
23	13.20	207	16.43	113.03	90.22	30.91		
	13.42							<i>LIMO CON ARENA FINA, CAFE VERDOSO</i>
24	13.80	191	26.77	69.67	57.59	39.20		
	14.10							<i>LIMO CON ARENA FINA, CAFE VERDOSO</i>
25	14.40	204	17.15	96.45	76.82	32.90		
	14.58							<i>LIMO ARENOSO, FINO, CAFE VERDOSO</i>
26	15.00	131	23.05	117.78	96.50	28.97		
	15.20							<i>LIMO ARENOSO, FINO, CAFE VERDOSO, CON GRUMOS CEMENTADOS</i>
27	15.60	147	23.47	72.16	54.15	58.70		
	15.98							<i>GENIZA VOLCANICA, GRIS CLARO</i>
28	16.20	105	16.56	74.82	63.87	23.15		
	16.61							<i>LIMO CON ARENA FINA, GRIS VERDOSO</i>

FIGURA No. 10



## PORCENTAJE DE FINOS

PROCEDENCIA: MIGUEL LERDO DE TEJADA

SONDEO: SM-1

FECHA: 11 MAYO '98

MUESTRA	PROFUNDIDAD m.	Ws + TARA gr.	Ws LAVADO + TARA	W TARA gr.	W TOTAL DEL MATERIAL	W FINOS	% FINOS
4	1.80-2.40	79.42	59.13	24.33	55.09	20.29	36.83
9-2	4.80-5.20	69.35	36.40	17.01	52.34	32.95	62.95
14-2	7.82-8.04	40.16	25.77	24.16	16.00	14.39	89.94
28	16.20-16.80	85.33	33.10	21.50	63.83	52.23	81.83

## PORCENTAJE DE FINOS

PROCEDENCIA: MIGUEL LERDO DE TEJADA

SONDEO: PCA-1, PCA-2, PCA-3

FECHA: 14 MAYO '98

MUESTRA	PROFUNDIDAD m.	Ws + TARA gr.	Ws LAVADO + TARA	W TARA gr.:	W TOTAL DEL MATERIAL	W FINOS	% FINOS
PCA-1 MC	1.50-1.70	72.69	46.85	17.24	55.45	25.84	46.60
PCA-2 MC	2.30-2.50	85.95	48.00	19.16	66.79	37.95	56.82
PCA-3 MC	1.80-2.00	92.48	66.20	25.05	69.43	26.28	37.85

## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROCEDENCIA:** MIGUEL LERDO DE TEJADA  
**SONDEO:** SM-1 **MUESTRA:** 3 **PROF:** 1.20-1.80 m  
**DESCRIPCION DEL MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA FINA, CAFE OSCURO

### LIMITE LIQUIDO

No. GOLPES	No. TARA	Wh + T	Ws + T	Wt	W%
40	349	20.64	17.29	12.59	71.28
30	417	18.03	14.87	10.58	73.66
18	381	18.58	15.51	11.47	75.99
7	330	18.54	15.67	12.11	80.62

### LIMITE PLASTICO

	13	13.00	12.36	9.61	23.27
	22	13.20	12.61	9.99	22.52

### CONTRACCION LINEAL

Barra no.	Lec. Inic.	Lec. final	C.L. (%)

LL	LP	IP	S.U.C.S.
74.60	22.90	51.70	CH

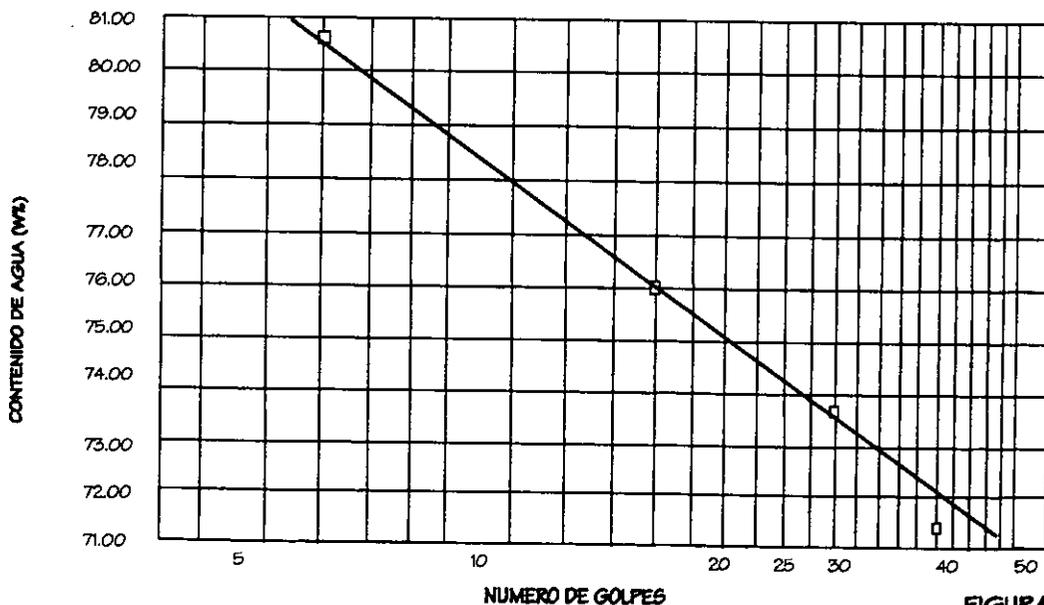


FIGURA No 14

## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROCEDENCIA:** \_\_\_\_\_ **MIGUEL LERDO DE TEJADA**  
**SONDEO:** \_\_\_\_\_ **SM-1**      **MUESTRA:** \_\_\_\_\_ **9-2**      **PROF:** \_\_\_\_\_ **4.97 - 5.14 m**  
**DESCRIPCION DEL MATERIAL:** \_\_\_\_\_ **ARCILLA CON LIMO, CAFE VERDOSO**

### LIMITE LIQUIDO

No. GOLPES	No. TARA	W <sub>h</sub> + T	W <sub>s</sub> + T	W <sub>t</sub>	W%
49	317	19.55	16.74	11.90	58.06
32	406	19.36	16.88	12.72	59.62
21	409	19.21	15.89	10.49	61.48
9	343	20.63	17.67	13.06	64.21

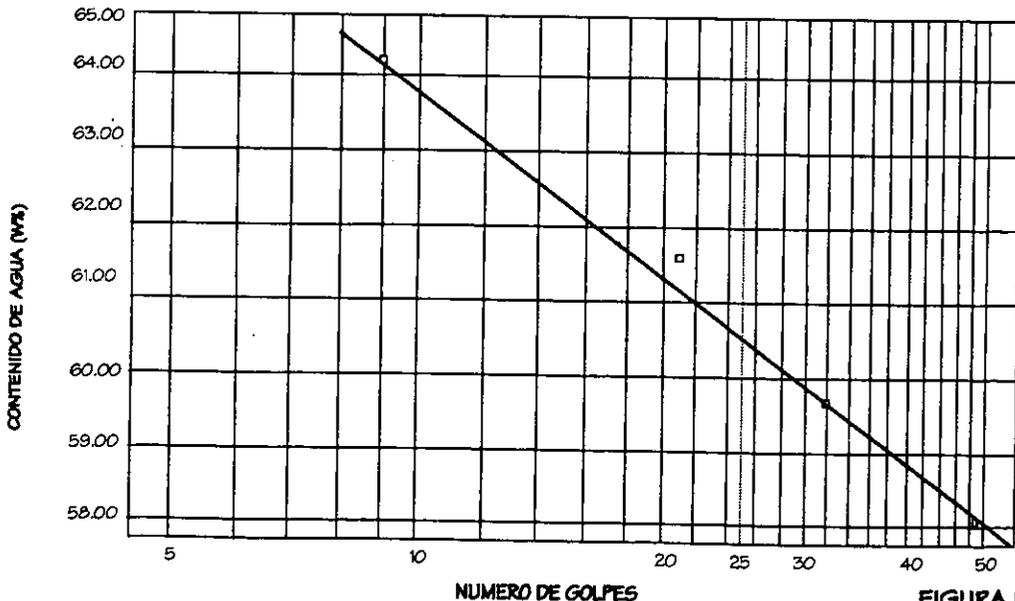
### LIMITE PLASTICO

	25	13.80	12.81	9.62	31.03
	12	14.12	13.10	9.95	32.38

### CONTRACCION LINEAL

Barra no.	Lec. Inic.	Lec. final	C.L. (%)

LL	LP	IP	S.U.C.S.
60.70	31.71	28.99	OH-MH



**FIGURA No 15**

## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: MIGUEL LERDO DE TEJADA

SONDEO: SM-1 MUESTRA: 12 PROF: 6.40 - 7.00 m

DESCRIPCION DEL MATERIAL: LIMO CON ARENA FINA, POMITICA Y ARCILLA, CAFE CLARO

### LIMITE LIQUIDO

No. GOLPES	No. TARA	Wh + T	Ws + T	Wt	W%
41	324	18.72	17.00	11.30	30.18
28	365	21.00	18.59	11.26	32.88
18	385	21.71	19.32	12.16	33.38
7	398	19.20	16.82	10.43	37.25

### LIMITE PLASTICO

	21	13.88	13.25	9.76	18.05
	22	14.08	13.44	9.99	18.55

### CONTRACCION LINEAL

Barra no.	Lec. Inic.	Lec. final	C.L. (%)
	L.L.	L.P.	I.P.
	32.10	18.30	13.80
			S.U.C.S.
			CL

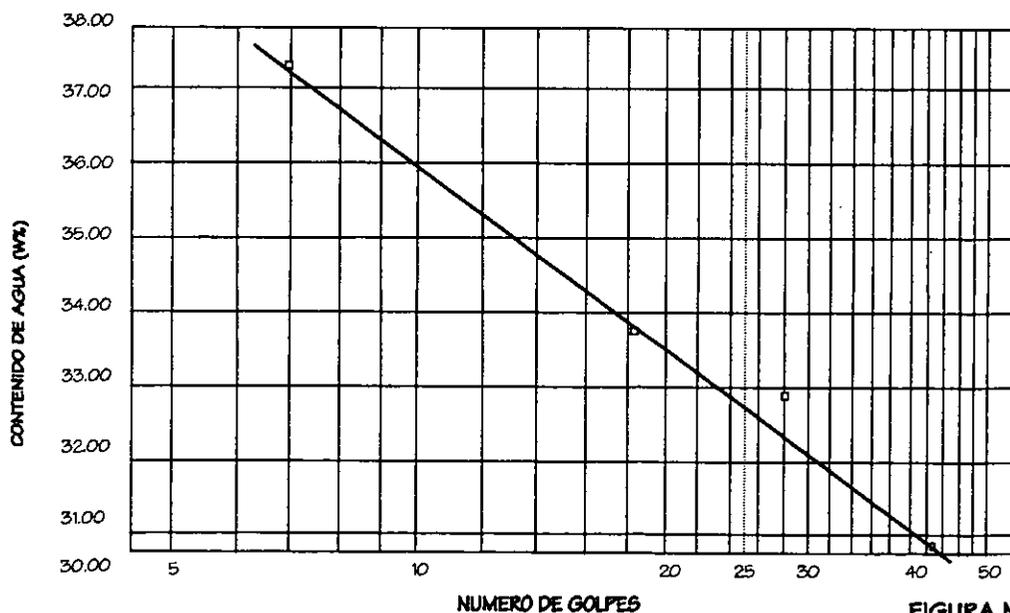


FIGURA No 16

## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA:

MIGUEL LERDO DE TEJADA

SONDEO:

SM-1

MUESTRA:

14-2

PROF:

7.02 - 8.04

m

DESCRIPCION DEL MATERIAL:

ARCILLA CAFE OSCURO

### LIMITE LIQUIDO

No. GOLPES	No. TARA	W <sub>h</sub> + T	W <sub>s</sub> + T	W <sub>t</sub>	W%
49	324	17.05	12.34	11.30	452.88
29	420	19.81	14.09	12.86	465.04
20	330	18.20	13.17	12.11	474.53
8	398	17.47	11.64	10.43	481.82

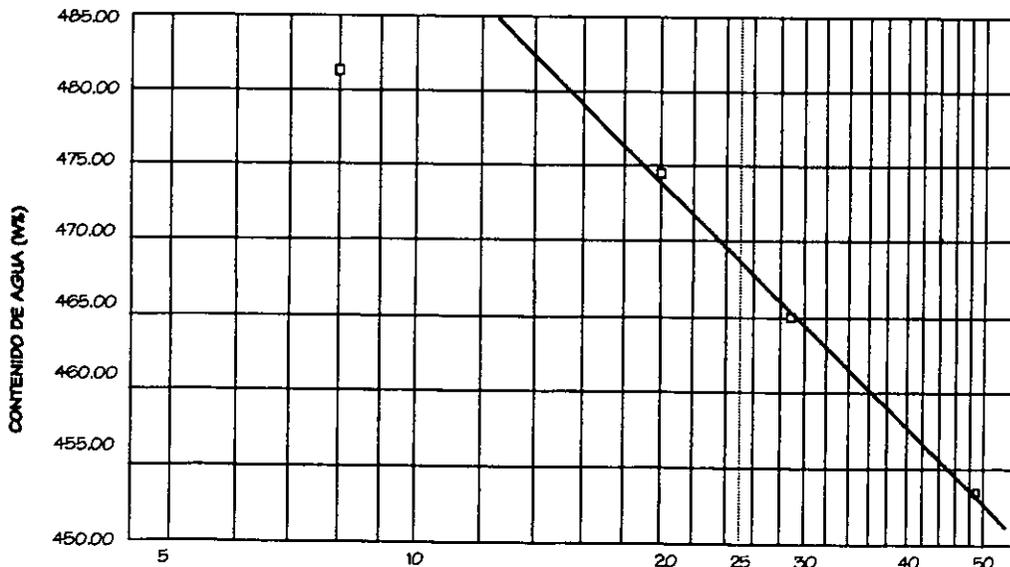
### LIMITE PLASTICO

	16	13.15	11.43	9.70	99.42
	9	13.48	11.79	9.89	88.95

### CONTRACCION LINEAL

Barra no.	Lec. inic.	Lec. final	C.L. (%)

LL	LP	IP	S.U.C.S.
469.00	94.18	374.82	CH



NUMERO DE GOLPES

FIGURA No 17

## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: MIGUEL LERDO DE TEJADA

SONDEO: PCA-1 MUESTRA: MC-1 PROF: 1.50 - 1.70 m

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA CON LIMO Y Poca ARENA FINA, POMITICA, GRIS OSCURO

### LIMITE LIQUIDO

No. GÓLPE	No. TARA	W <sub>h</sub> + T	W <sub>s</sub> + T	W <sub>t</sub>	W%
49	377	22.30	19.25	11.80	40.94
32	345	19.80	17.36	11.99	45.44
17	416	18.80	15.91	9.73	46.76
8	399	23.17	19.76	12.98	50.29

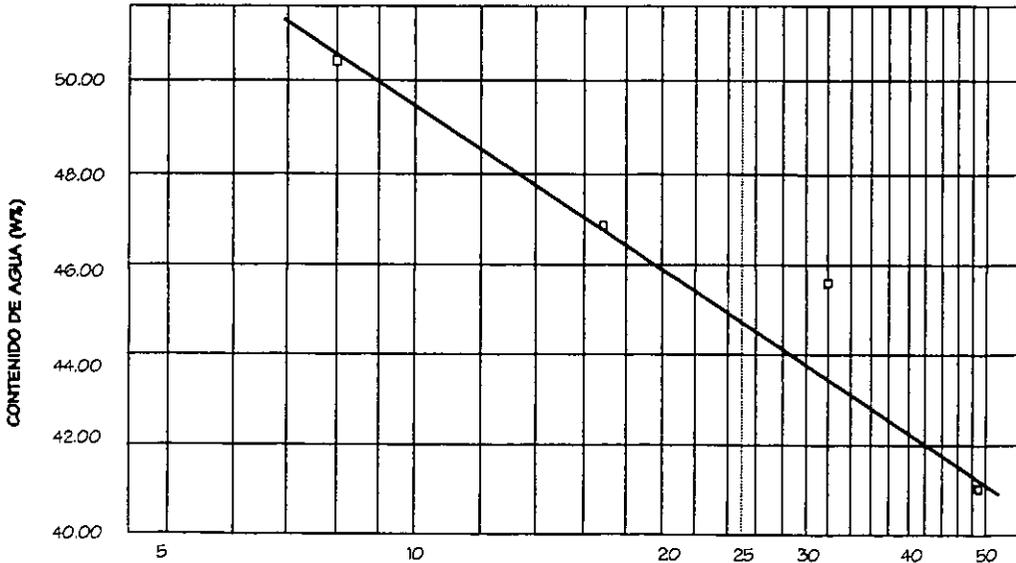
### LIMITE PLASTICO

	421	13.00	12.07	7.68	21.18
	454	13.32	12.36	7.94	21.72

### CONTRACCION LINEAL

Barra no.	Lec. Inic.	Lec. final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S.
44.60	21.45	23.15	CL



NUMERO DE GÓLPE

FIGURA No 18

## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: MIGUEL LERDO DE TEJADA

SONDEO: PCA-2 MUESTRA: MC-2 PROF: 2.30 - 2.50 m

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA CON POCO LIMO Y Poca ARENA FINA, CAFE GRISACEO

### LIMITE LIQUIDO

No. GOLPES	No. TARA	W <sub>h</sub> + T	W <sub>s</sub> + T	W <sub>t</sub>	W%
40	342	19.19	16.24	12.21	73.20
30	411	20.30	16.17	10.66	74.95
16	406	19.87	16.74	12.72	77.86
7	409	19.45	15.36	10.49	83.98

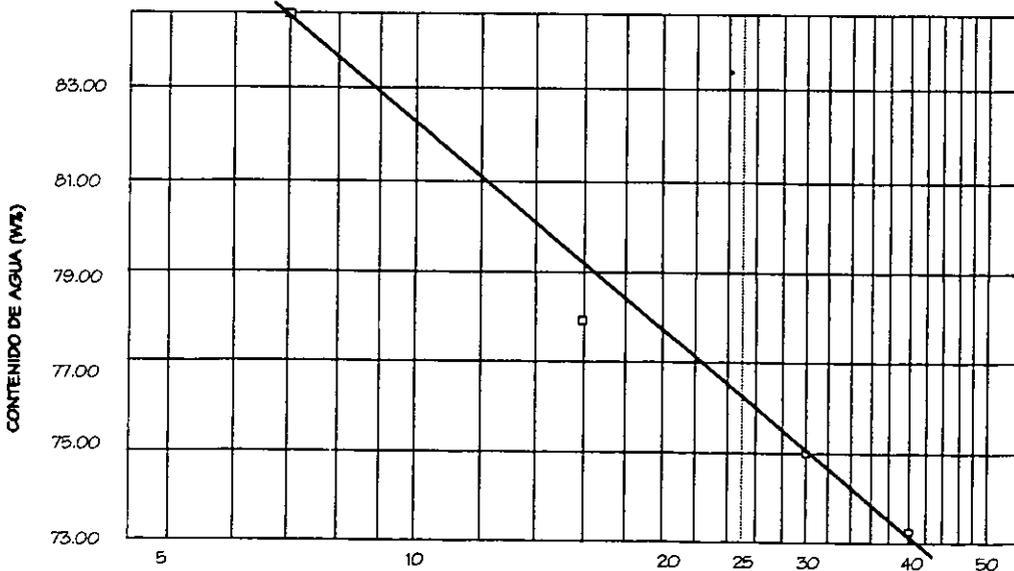
### LIMITE PLASTICO

	426	11.70	10.65	7.68	35.35
	422	11.82	10.79	7.71	35.44

### CONTRACCION LINEAL

Barra no.	Lec. Inic.	Lec. final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S.
76.20	34.40	41.80	OH-MH



NUMERO DE GOLPES

FIGURA No 19

## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROCEDENCIA:** MIGUEL LERDO DE TEJADA  
**SONDEO:** PCA-3 **MUESTRA:** MC-1 **PROF:** 1.80-2.00 m  
**DESCRIPCION DEL MATERIAL:** ARCILLA CON LIMO Y POCA ARENA FINA, POMITICA, CAFE GRISACEO

### LIMITE LIQUIDO

No. GOLPES	No. TARA	Wh + T	Ws + T	Wt	W%
44	372	21.80	19.18	12.02	36.59
50	420	20.19	18.20	12.86	37.27
20	317	21.66	18.92	11.90	39.05
8	397	18.99	16.24	9.95	43.72

### LIMITE PLASTICO

16	14.50	13.80	9.70	17.07
9	14.85	14.13	9.89	16.98

### CONTRACCION LINEAL

Barra no.	Lec. Inic.	Lec. final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S.
38.00	17.05	20.97	CL

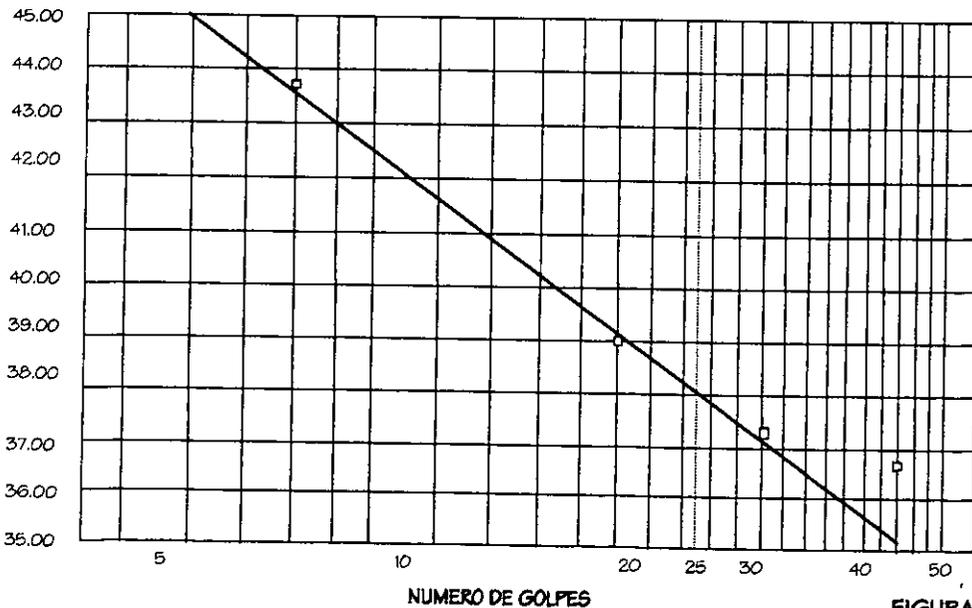


FIGURA No 20

## CALCULO DE DENSIDAD DE SOLIDOS

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: SM-1

MUESTRA No.	PROFUND. m.	MATRAZ Z No.	MAT. + SOLIDOS + AGUA	MATRAZ + AGUA	PESO DE SOLIDOS	MAT. + SOLIDOS + AGUA A T°	TEMPERAT. DEL MATRAZ	PESO MATRAZ + AGUA A T°	VOLUMEN	DENSIDAD
3	1.20-1.80	2	238.04	188.22	49.82	714.53	31.50	684.61	19.90	2.50
7	3.60-7.20	6	222.35	181.95	40.40	699.97	31.00	677.55	17.98	2.25
9-2	4.97-5 14	6B	229.34	170.00	59.34	702.69	29.70	666.35	23.00	2.58
12	6.40-7.00	7B	196.50	155.94	40.56	676.16	30.90	651.70	16.10	2.52
14-3	8.04-8.26	2B	253.09	186.66	66.43	726.21	25.90	685.36	25.58	2.60
17	9.60-10.20	8	243.89	187.25	56.64	716.75	30.90	681.45	21.34	2.65
21	12.00-12.60	6B	187.40	170.77	16.63	676.61	30.50	666.23	6.25	2.66
PCA-1 MC-1	1.50-1.70	8K	239.00	185.05	53.95	715.27	28.70	681.69	20.37	2.65
PCA-2 MC-1	2.30-2.50	6B	199.81	169.66	30.15	684.70	30.80	666.19	11.64	2.69
PCA-3 MC-1	1.80-2.00	6P	236.92	181.17	55.75	712.51	28.40	677.89	21.13	2.64

FIGURA No. 21

## CALCULO DE COMPRESION SIMPLE

<b>PROYECTO:</b>	MIGUEL LERDO DE TEJADA	<b>CONS.:</b>	0.192
<b>MUESTRA:</b>	9-2	<b>VEL.:</b>	0.01667
<b>SONDEO:</b>	SM-1	<b>PROF.:</b>	4.97-5.14 m.
<b>DESCRIPCION DEL MATERIAL:</b> ARCILLA POCO LIMOSA CON ESCASA ARENA FINA, GRIS CLARO			

TIEMPO SEG.	DEF. MM.	ANILLO UNIDAD	E %	ESF. DESV. KG/CM <sup>2</sup>
0	0.0000	0.00	0.0000	0.0000
10	0.1667	3.80	0.1984	0.0731
20	0.3334	11.20	0.3878	0.2150
30	0.5001	18.70	0.5769	0.3583
40	0.6668	25.20	0.7686	0.4819
50	0.8335	31.70	0.9602	0.6050
60	1.0002	36.20	1.1569	0.6895
80	1.3336	48.00	1.5431	0.9107
100	1.6670	60.20	1.9284	1.1377
120	2.0004	73.20	2.3105	1.3875
150	2.5005	94.80	2.8814	1.7742
180	3.0006	106.70	3.4753	1.9848

DATOS INICIALES DEL ESPECIMEN			
Ds=	3.57	cm	H1= 8.02 cm
Dm=	3.56	cm	H2= 8.02 cm
Di=	3.56	cm	Ss= 2.58
Ao=	9.963	cm <sup>2</sup>	Wt= 35.60 gr
Vo=	79.905	cm <sup>3</sup>	Wt+sh= 169.57 gr
Wo=	134.15	gr	Wt+ss= 132.48 gr

DATOS FINALES DEL ESPECIMEN			
ei=	1.128		Si= 88.00 %
ef=	1.128		Sf= 87.57 %
Pvhi=	1.679	T/m <sup>3</sup>	Wi= 38.50 %
Pvhf=	1.677	T/m <sup>3</sup>	Wf= 38.30 %

**MIGUEL LERDO DE TEJADA**  
**SM-1 M-9-2 PROF.: 4.97-5.14 m.**

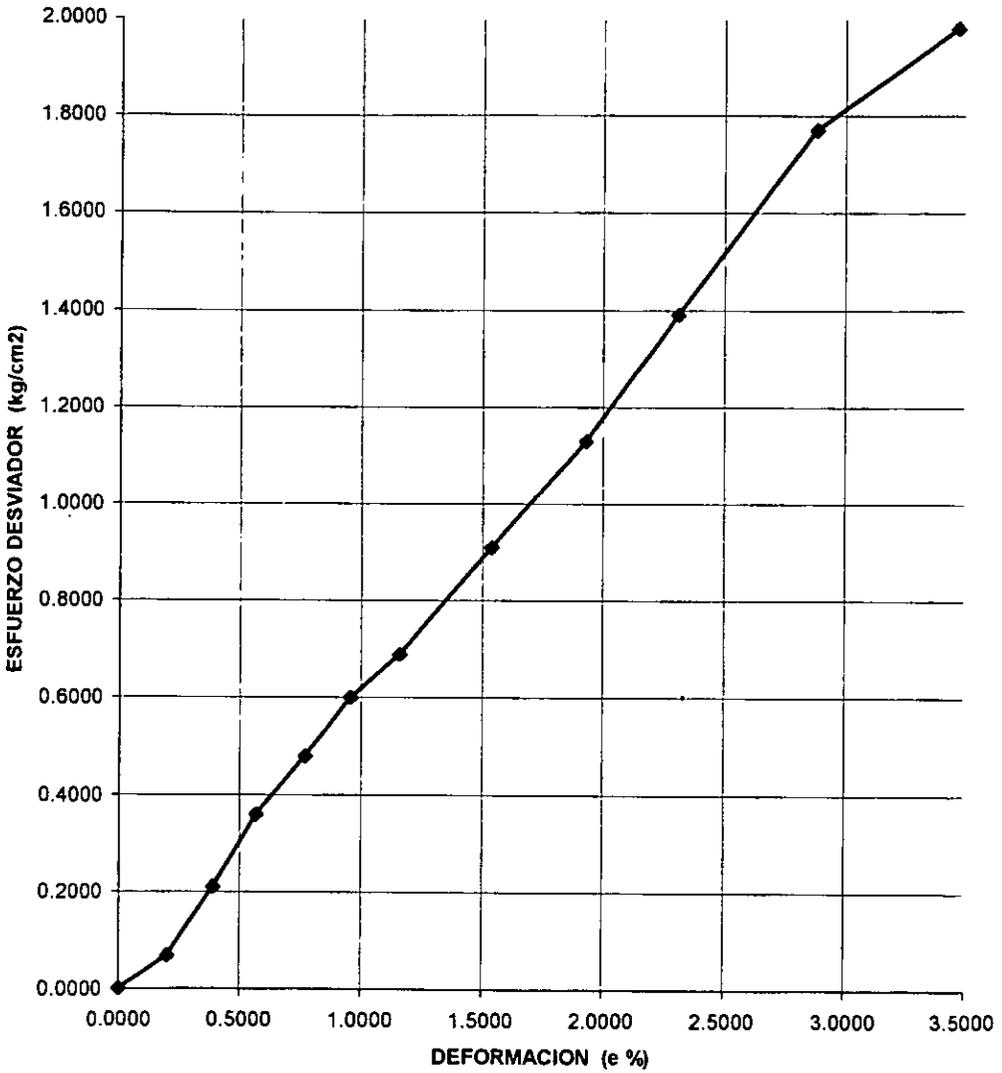


FIGURA No 23

## CALCULO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: _____	MIGUEL LERDO DE TEJADA	CONS.: _____	0.192
MUESTRA: _____	14-3	VEL.: _____	0.01667
SONDEO: _____	SM-1	PROF.: _____	8.04-8.26 m.
DESCRIPCION DEL MATERIAL: _____		ARCILLA GRIS OSCURO CON VETAS DE ARENA FINA	

TIEMPO SEG.	DEF. MM.	ANILLO UNIDAD	E %	ESF. DESV. KG/CM <sup>2</sup>
0	0.0000	0.00	0.0000	0.0000
10	0.1667	1.30	0.1956	0.0244
20	0.3334	3.70	0.3886	0.0693
30	0.5001	6.20	0.5813	0.1158
40	0.6668	8.70	0.7740	0.1622
50	0.8335	11.70	0.9656	0.2178
60	1.0002	14.10	1.1585	0.2619
80	1.3336	19.20	1.5437	0.3553
100	1.6670	24.10	1.9294	0.4442
120	2.0004	27.30	2.3192	0.5012
130	2.1671	27.40	2.5176	0.5020
135	2.2505	27.00	2.6179	0.4941
140	2.3338	24.60	2.7230	0.4497

DATOS INICIALES DEL ESPECIMEN			
Ds=	3.63	cm	H1= 8.39 cm
Dm=	3.61	cm	H2= 8.39 cm
Di=	3.57	cm	Ss= 2.60
Ao=	10.217	cm <sup>2</sup>	Wt= 71.80 gr
Vo=	85.717	cm <sup>3</sup>	Wt+sh= 167.99 gr
Wo=	96.24	gr	Wt+ss= 94.79 gr

DATOS FINALES DEL ESPECIMEN			
ei=	8.694		Si= 95.29 %
ef=	8.694		Sf= 95.22 %
Pvhi=	1.123	T/m <sup>3</sup>	Wi= 318.60 %
Pvhf=	1.122	T/m <sup>3</sup>	Wf= 318.40 %

**MIGUEL LERDO DE TEJADA**  
**SM-1 M-14-3 PROF.: 8.04-8.26 m.**

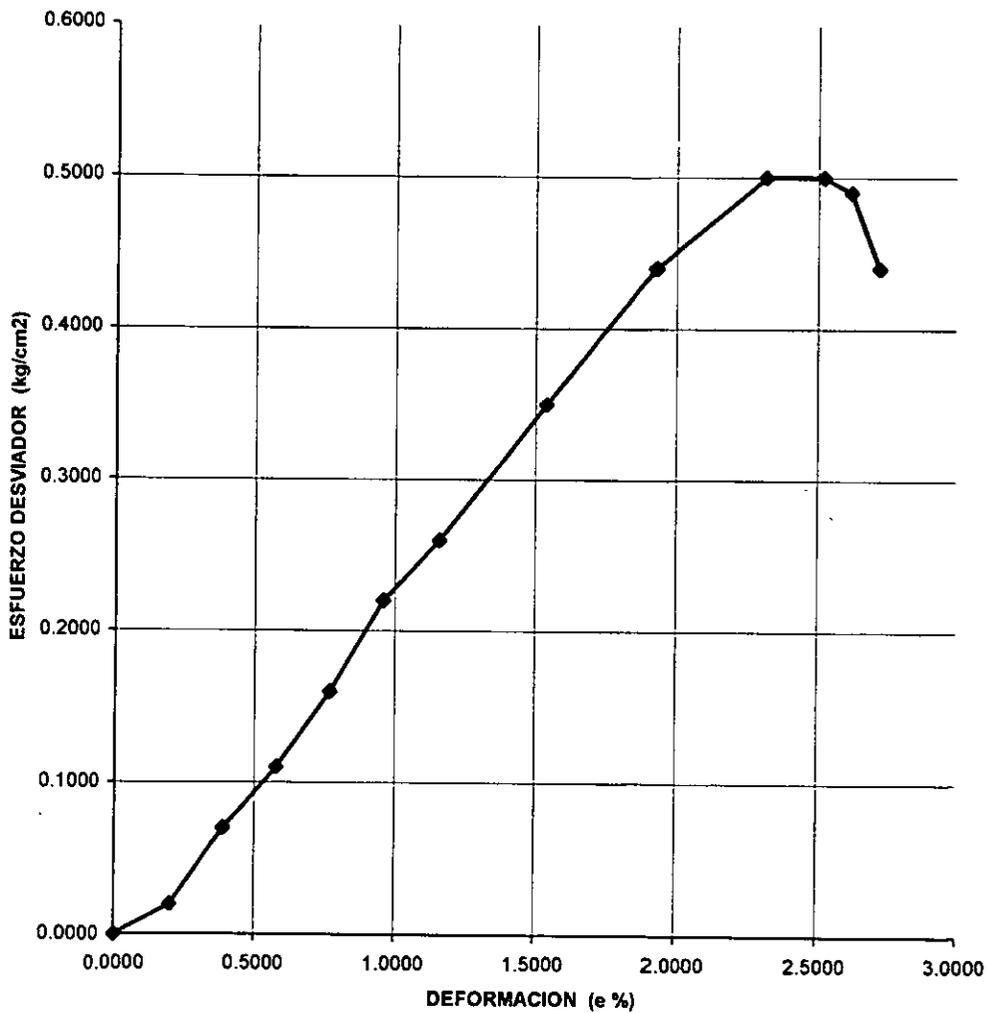


FIGURA No 25

## PRUEBA TRIAXIAL UU

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA GRIS OSCURO CON VETAS DE ARENA FINA

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA

SONDEO: SM-1

FECHA: 12/05/98

MUESTRA: 14-3

CONSTANTE: 0.192

PROFUND: 8.04-8.26 m.

PRESION: 0.25 kg/cm<sup>2</sup>

OPERADOR: \_\_\_\_\_

VELOCIDAD: 0.01667

ds=	3.62	cm	Wo=	102.55	gr
dm=	3.58	cm	Wt=	147.54	gr
di=	3.56	cm	Wt+sh=	249.83	gr
d prom.=	<b>3.583</b>	cm	Wt+ss=	176.05	gr
h1=	9.18	cm	Ss=	2.60	
h2=	9.18	cm	W(%)=	<b>258.79</b>	
h prom.	<b>9.18</b>	cm	pvhi=	<b>1.108</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.085</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.105</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>92.578</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>0.309</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>7.421</b>		Gi=	<b>90.66</b>	(%)
ef=	<b>7.443</b>		Wi=	<b>259.70</b>	(%)
si=	<b>90.721</b>	(%)	Wf=	<b>258.79</b>	(%)
sf=	<b>90.403</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.0847	0.0000
10	2.70	0.5184	0.1667	10.1016	0.0513
20	5.20	0.9984	0.3334	10.1185	0.0987
30	8.20	1.5744	0.5001	10.1354	0.1553
40	11.70	2.2464	0.6668	10.1524	0.2213
50	14.40	2.7648	0.8335	10.1695	0.2719
60	17.40	3.3408	1.0002	10.1866	0.3280
80	23.80	4.5696	1.3336	10.2210	0.4471
100	29.00	5.5680	1.6670	10.2557	0.5429
120	33.20	6.3744	2.0004	10.2906	0.6194
150	35.20	6.7584	2.5005	10.3434	0.6534
160	35.80	6.8736	2.6672	10.3611	0.6634
165	32.20	6.1824	2.7506	10.3700	0.5962
170	23.10	4.4352	2.8339	10.3789	0.4273
					0.6634

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: SM-1  
 MUESTRA: 14-3  
 PROFUND: 8.04-8.26 m.

<b>PRESION: 0.50 kg/cm2</b>					
ds=	3.67	cm	Wo=	97.99	gr
dm=	3.62	cm	Wt=	35.68	gr
di=	3.57	cm	Wt+sh=	133.81	gr
d prom.=	<b>3.620</b>	cm	Wt+ss=	59.55	gr
h1=	8.58	cm	Ss=	2.60	
h2=	8.58	cm	W(%)=	<b>311.10</b>	
h prom.	<b>8.58</b>	cm	pvhi=	<b>1.110</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.292</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.111</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>88.307</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>0.270</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>8.632</b>		Gi=	<b>93.70</b>	(%)
ef=	<b>8.619</b>		Wi=	<b>310.52</b>	(%)
si=	<b>93.673</b>	(%)	Wf=	<b>311.10</b>	(%)
sf=	<b>93.850</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.2922	0.0000
10	3.20	0.6144	0.1667	10.3094	0.0596
20	6.20	1.1904	0.3334	10.3266	0.1153
30	10.10	1.9392	0.5001	10.3439	0.1875
40	13.90	2.6688	0.6668	10.3613	0.2576
50	17.20	3.3024	0.8335	10.3787	0.3182
60	21.20	4.0704	1.0002	10.3962	0.3915
80	28.60	5.4912	1.3336	10.4313	0.5264
100	34.80	6.6816	1.6670	10.4667	0.6384
120	36.60	7.0272	2.0004	10.5023	0.6691
125	18.20	3.4944	2.0838	10.5112	0.3324
130	14.60	2.8032	2.1671	10.5202	0.2665
					0.6691

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: SM-1  
 MUESTRA: 14-3  
 PROFUND: 8.04-8.26 m.

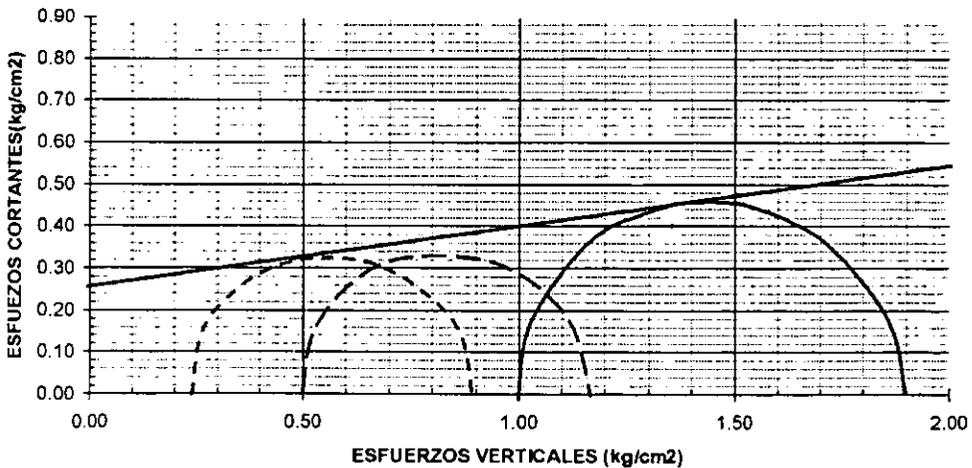
PRESION:		1.00 kg/cm <sup>2</sup>			
ds=	3.63 cm	Wo=	95.54 gr		
dm=	3.58 cm	Wt=	29.04 gr		
di=	3.56 cm	Wt+sh=	124.74 gr		
d prom.=	<b>3.585</b> cm	Wt+ss=	53.13 gr		
h1=	8.42 cm	Ss=	2.60		
h2=	8.42 cm	W(%)=	<b>297.26</b>		
h prom.	<b>8.42</b> cm	pvhi=	<b>1.124</b> Ton/m <sup>3</sup>		
Ao=	<b>10.094</b> cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.126</b> Ton/m <sup>3</sup>		
Vo=	<b>84.992</b> cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>0.283</b> Ton/m <sup>3</sup>		
ei=	<b>8.188</b>	Gi=	<b>94.39</b> (%)		
ef=	<b>8.173</b>	Wi=	<b>296.60</b> (%)		
si=	<b>94.352</b> (%)	Wf=	<b>297.26</b> (%)		
sf=	<b>94.563</b> (%)				
Tiempo mm	Anillo mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.0941	0.0000
10	3.70	0.7104	0.1667	10.1110	0.0703
20	7.80	1.4976	0.3334	10.1279	0.1479
30	11.70	2.2464	0.5001	10.1448	0.2214
40	16.00	3.0720	0.6668	10.1619	0.3023
50	19.20	3.6864	0.8335	10.1790	0.3622
60	23.10	4.4352	1.0002	10.1961	0.4350
80	30.30	5.8176	1.3336	10.2305	0.5686
100	37.80	7.2576	1.6670	10.2652	0.7070
120	43.70	8.3904	2.0004	10.3002	1.8146
150	48.70	9.3504	2.5005	10.3530	0.9032
160	48.10	9.2352	2.6672	10.3707	0.8905
165	36.10	6.9312	2.7506	10.3796	0.6678
					0.9032

## PRUEBA TRIAXIAL UU

### CIRCULOS DE MOHR

OBRA:		MIGUEL LERDO DE TEJADA			DESCRIPCION DEL SUELO:		
SONDEO:		SM-1			ARCILLA GRIS OSCURO CON		
MUESTRA:		14-3	PROF.:	8.04-8.26 m.	VETAS DE ARENA FINA		
ENSAYO  No.	PRESION CONF.  (kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. A LA FALLA (kg/cm <sup>2</sup> )	PESO VOLUM. NATURA (ton/m <sup>3</sup> )	Gwi  (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						Ss=	2.60
						wi=	288.94 %
						wf=	289.05 %
1	0.25	0.66	1.108	90.70	7.421	Gw=	92.92 %
2	0.50	0.67	1.110	93.70	8.632	Gwf=	92.94 %
3	1.00	0.90	1.124	94.40	8.188	PVN=	1.114 ton/m <sup>3</sup>
DATOS FINALES						PVF=	1.114 ton/m <sup>3</sup>
				Gwf	wf	ei=	8.08
1	0.25	7.443	90.403	258.79	1.105	ef=	8.08
2	0.50	8.619	93.850	311.10	1.111		
3	1.00	8.173	94.563	297.26	1.126		

### CIRCULOS DE MOHR



C=	0.26	kg/cm <sup>2</sup>
φ=	7	Grados
E=	_____	kg/cm <sup>2</sup>
μ=	0.45	

FIGURA No 29

## PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: SM-1 MUESTRA: 14-3  
 PROF.: 8.04-8.26 m.

### GRAFICA ESFUERZO - DEFORMACION UNIT.

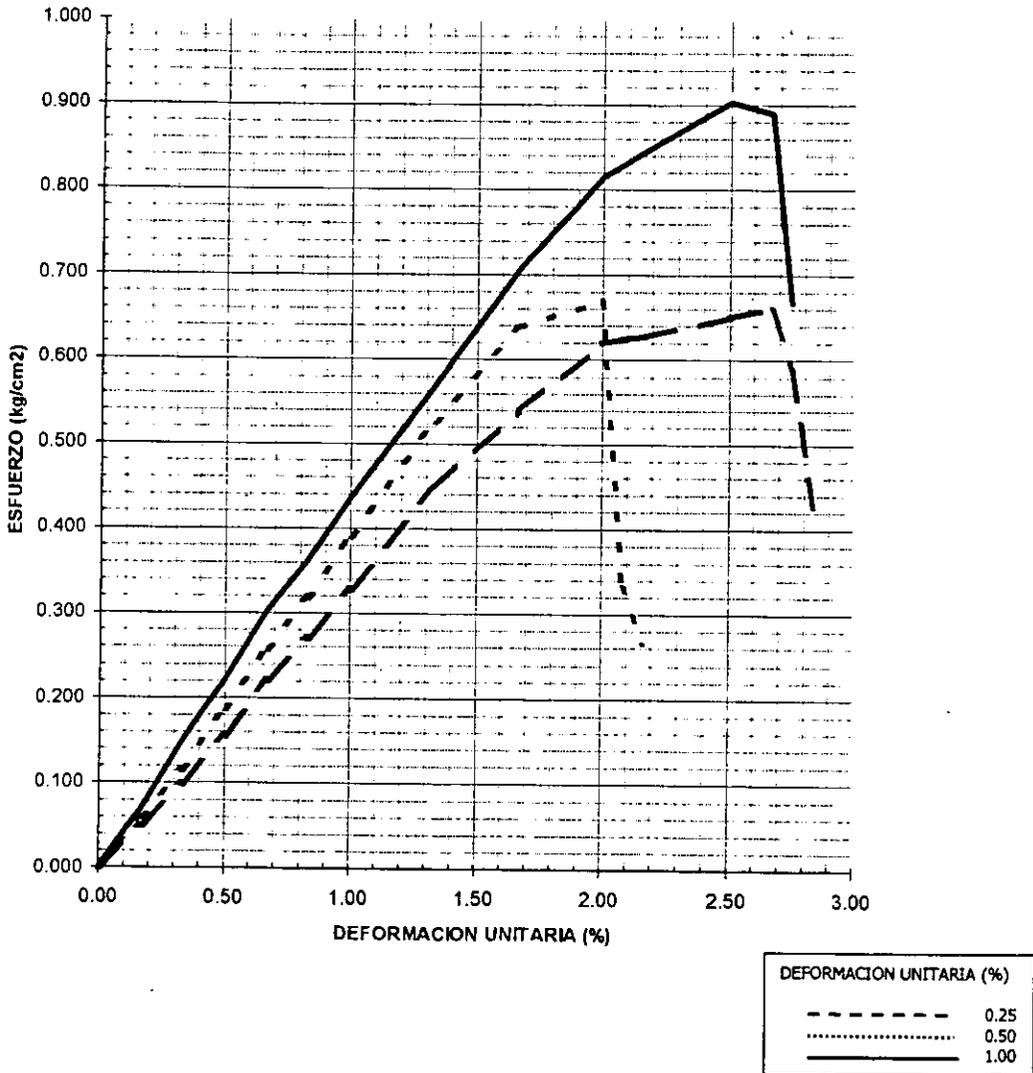


FIGURA No 30

## PRUEBA TRIAXIAL UU

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA CON ARENA FINA, CAFE GRISACEO  
 PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-1 FECHA: 14/05/98  
 MUESTRA: MC-1 CONSTANTE: 0.192  
 PROFUND: 1.50-1.70 m. PRESION: 0.25 kg/cm<sup>2</sup>  
 OPERADOR: \_\_\_\_\_ VELOCIDAD: 0.01667

ds=	3.64	cm	Wo=	127.92	gr
dm=	3.56	cm	Wt=	35.64	gr
di=	3.64	cm	Wt+sh=	163.53	gr
d prom.=	<b>3.587</b>	cm	Wt+ss=	134.83	gr
h1=	8.06	cm	Ss=	2.65	
h2=	8.06	cm	W(%)=	<b>28.93</b>	
h prom.	<b>8.06</b>	cm	pvhi=	<b>1.571</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.104</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.570</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>81.434</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>1.218</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>1.175</b>		Gi=	<b>65.25</b>	(%)
ef=	<b>1.176</b>		Wj=	<b>28.96</b>	(%)
si=	<b>65.289</b>	(%)	Wf=	<b>28.93</b>	(%)
sf=	<b>65.221</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo Mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.1035	0.0000
10	10.10	1.9392	0.1667	10.1204	0.1916
20	24.70	4.7424	0.3334	10.1373	0.4678
30	47.30	9.0816	0.5001	10.1543	0.8944
40	72.70	13.9584	0.6668	10.1713	1.3723
50	100.20	19.2384	0.8335	10.1884	1.8883
60	128.90	24.7488	1.0002	10.2056	2.4250
75	156.30	30.0096	1.2503	10.2314	2.9331
80	150.20	28.8384	1.3336	10.2401	2.8162
					2.9331

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-1  
 MUESTRA: MC-1  
 PROFUND: 1.50-1.70 m.

<b>PRESION: 0.50 kg/cm<sup>2</sup></b>					
ds=	3.67	cm	Wo=	138.12	gr
dm=	3.66	cm	Wt=	64.87	gr
di=	3.64	cm	Wt+sh=	202.91	gr
d prom.=	<b>3.658</b>	cm	Wt+ss=	177.37	gr
h1=	8.09	cm	Ss=	2.65	
h2=	8.09	cm	W(%)=	<b>22.70</b>	
h prom.	<b>8.09</b>	cm	pvhi=	<b>1.624</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.511</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.623</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>85.036</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>1.324</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>1.002</b>		Gi=	<b>60.05</b>	(%)
ef=	<b>1.003</b>		Wi=	<b>22.77</b>	(%)
si=	<b>60.164</b>	(%)	Wf=	<b>22.70</b>	(%)
sf=	<b>59.976</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.5113	0.0000
10	5.70	1.0944	0.1667	10.5289	0.1039
20	15.60	2.9952	0.3334	10.5465	0.2840
30	32.30	6.2016	0.5001	10.5641	0.5870
40	54.20	10.4064	0.6668	10.5819	0.9834
50	86.20	16.5504	0.8335	10.5996	1.5614
60	116.70	22.4064	1.0002	10.6175	2.1103
80	167.70	31.1984	1.3336	10.6534	3.0224
100	172.00	33.0240	1.6670	10.6895	3.0894
105	172.30	33.0816	1.7504	10.6986	3.0922
110	165.90	31.8528	1.8337	10.7076	2.9748
115	129.80	24.9216	1.9171	10.7167	2.3255
					3.0922

FIGURA No 32

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-1  
 MUESTRA: MC-1  
 PROFUND: 1.50-1.70 m.

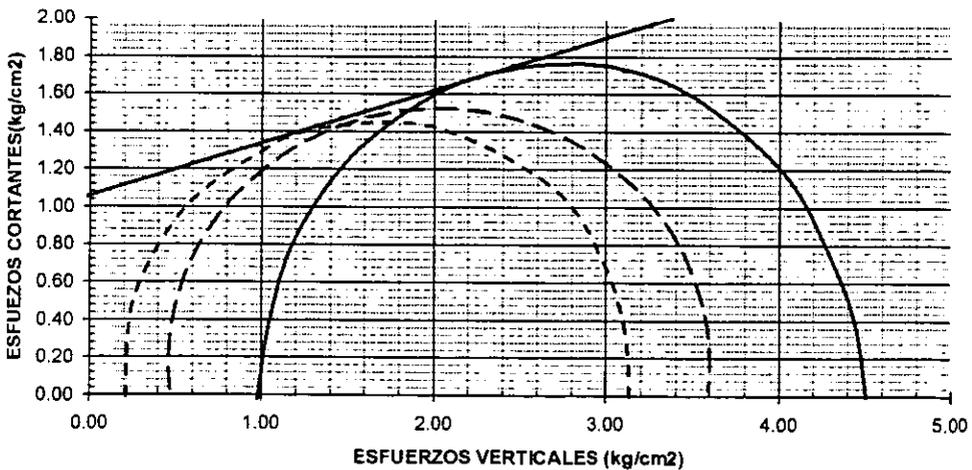
PRESION:		1.00 kg/cm <sup>2</sup>			
ds=	3.63	cm	Wo=	143.44	gr
dm=	3.63	cm	Wt=	34.61	gr
di=	3.62	cm	Wt+sh=	178.02	gr
d prom.=	3.628	cm	Wt+ss=	149.78	gr
h1=	8.72	cm	Ss=	2.65	
h2=	8.72	cm	W(%)=	24.52	
h prom.	8.72	cm	pvhi=	1.591	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	10.340	cm <sup>2</sup>	pvhf=	1.591	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	90.161	cm <sup>3</sup>	pvs=	1.278	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	1.074		Gi=	60.49	(%)
ef=	1.075		Wi=	24.55	(%)
si=	60.534	(%)	Wf=	24.52	(%)
sf=	60.470	(%)			
Tiempo mm	Anillo mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.3396	0.0000
10	6.30	1.2096	0.1667	10.3569	0.1168
20	16.80	3.2256	0.3334	10.3742	0.3109
30	32.30	6.2016	0.5001	10.3916	0.5968
40	55.20	10.5984	0.6668	10.4090	1.0182
50	82.80	15.8976	0.8335	10.4265	1.5247
60	109.40	21.0048	1.0002	10.4441	2.0112
80	171.60	32.9472	1.3336	10.4794	3.1440
100	192.10	36.8832	1.6670	10.5149	3.5077
105	177.30	34.0416	1.7504	10.5238	3.2347
110	126.40	24.2688	1.8337	10.5328	2.3041
					3.5077

## PRUEBA TRIAXIAL UU

### CIRCULOS DE MOHR

OBRA:		MIGUEL LERDO DE TEJADA			DESCRIPCION DEL SUELO:	
SONDEO:		PCA-1			ARCILLA CON ARENA FINA, CAFE GRISACEO	
MUESTRA:		MC-1	PROF.:	1.50-1.70 m.		
ENSAYO	PRESION CONF.	ESF. A LA FALLA	PESO VOLUM. NATURA	Gwi	ei	VALORES PROMEDIO
No.	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(ton/m <sup>3</sup> )	(%)		
1	0.25	2.93	1.571	65.20	1.175	
2	0.50	3.09	1.624	60.00	1.002	
3	1.00	3.51	1.591	60.50	1.074	
DATOS FINALES						
			Gwf	wf	pvhf	
1	0.25	1.176	65.221	28.93	1.570	Ss= 2.65
2	0.50	1.003	59.976	22.70	1.623	wi= 25.43 %
3	1.00	1.075	60.470	24.52	1.591	wf= 25.39 %
						Gw= 61.93 %
						Gwf= 61.89 %
						PVN= 1.595 ton/m <sup>3</sup>
						PVF= 1.595 ton/m <sup>3</sup>
						ei= 1.08
						ef= 1.08

### CIRCULOS DE MOHR



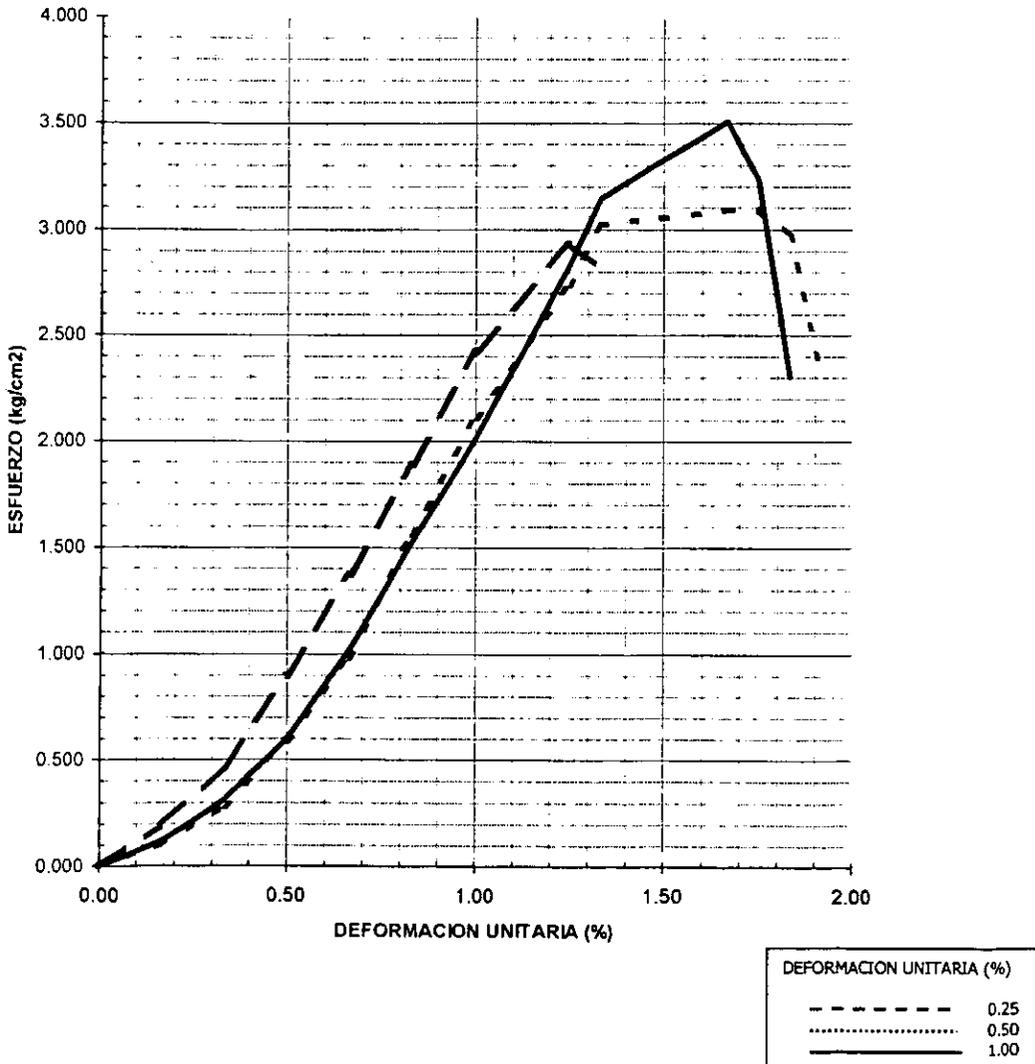
C=	1.07	kg/cm <sup>2</sup>
∅=	18	Grados
E=		kg/cm <sup>2</sup>
μ=	0.45	

FIGURA No 34

## PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-1 MUESTRA: MC-1  
 PROF.: 1.50-1.70 m.

### GRAFICA ESFUERZO - DEFORMACION UNIT.



## PRUEBA TRIAXIAL UU

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA CON ARENA FINA, CAFE GRISACEO  
 PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-2 FECHA: 14/05/98  
 MUESTRA: MC-2 CONSTANTE: 0.192  
 PROFUND: 2.30-2.50 m. PRESION: 0.25 kg/cm<sup>2</sup>  
 OPERADOR: \_\_\_\_\_ VELOCIDAD: 0.01667

ds=	3.62	cm	Wo=	131.26	gr
dm=	3.68	cm	Wt=	101.22	gr
di=	3.67	cm	Wt+sh=	232.42	gr
d prom.=	<b>3.67</b>	cm	Wt+ss=	197.83	gr
h1=	7.97	cm	Ss=	2.59	
h2=	7.97	cm	W(%)=	<b>35.80</b>	
h prom.	<b>7.97</b>	cm	pvhi=	<b>1.558</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.569</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.558</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>84.234</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>1.147</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>1.257</b>		Gi=	<b>73.76</b>	(%)
ef=	<b>1.258</b>		Wj=	<b>35.87</b>	(%)
si=	<b>73.829</b>	(%)	Wf=	<b>35.80</b>	(%)
sf=	<b>73.702</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo Mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.5688	0.0000
10	10.10	1.9392	0.1667	10.5865	0.1832
20	25.20	4.8384	0.3334	10.6042	0.4563
30	45.30	8.6976	0.5001	10.6220	0.8188
40	68.70	13.1904	0.6668	10.6398	1.2397
50	94.70	18.1824	0.8335	10.6577	1.7060
60	114.60	22.0032	1.0002	10.6756	2.0611
80	120.90	23.2128	1.3336	10.7117	2.1671
85	108.70	20.8704	1.4170	10.7208	1.9467
90	69.30	13.3056	1.5003	10.7298	1.2401
					2.1671

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-2  
 MUESTRA: MC-2  
 PROFUND: 2.30-2.50 m.

<b>PRESION: 0.50 kg/cm<sup>2</sup></b>					
ds=	3.63	cm	Wo=	135.39	gr
dm=	3.63	cm	Wt=	63.05	gr
di=	3.65	cm	Wt+sh=	198.38	gr
d prom.=	<b>3.633</b>	cm	Wt+ss=	164.05	gr
h1=	8.03	cm	Ss=	2.59	
h2=	8.03	cm	W(%)=	<b>33.99</b>	
h prom.	<b>8.03</b>	cm	pvhi=	<b>1.626</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.368</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.625</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>83.256</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>1.214</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>1.134</b>		Gi=	<b>77.63</b>	(%)
ef=	<b>1.135</b>		Wi=	<b>34.05</b>	(%)
si=	<b>77.700</b>	(%)	Wf=	<b>33.99</b>	(%)
sf=	<b>77.565</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.3681	0.0000
10	12.60	2.4192	0.1667	10.3854	0.2329
20	35.10	6.7392	0.3334	10.4028	0.6478
30	62.80	12.0576	0.5001	10.4202	1.1571
40	95.50	18.3360	0.6668	10.4377	1.7567
50	124.20	23.8464	0.8335	10.4553	2.2808
55	72.10	13.8432	0.9169	10.4641	1.3229
					2.2808

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-2  
 MUESTRA: MC-2  
 PROFUND: 2.30-2.50 m.

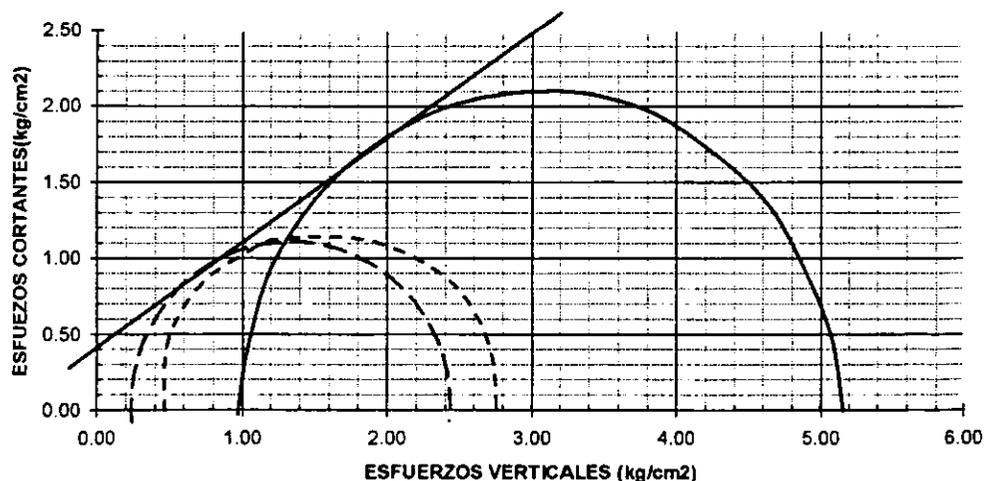
<b>PRESION: 1.00 kg/cm<sup>2</sup></b>					
ds=	3.67	cm	Wo=	133.60	gr
dm=	3.67	cm	Wt=	29.09	gr
di=	3.68	cm	Wt+sh=	162.61	gr
d prom.=	<b>3.672</b>	cm	Wt+ss=	128.78	gr
h1=	8.07	cm	Ss=	2.59	
h2=	8.07	cm	W(%)=	<b>33.94</b>	
h prom.	<b>8.07</b>	cm	pvhi=	<b>1.564</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.588</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.563</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>85.446</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>1.167</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>1.219</b>		Gi=	<b>72.13</b>	(%)
ef=	<b>1.220</b>		Wi=	<b>34.02</b>	(%)
si=	<b>72.218</b>	(%)	Wf=	<b>33.94</b>	(%)
sf=	<b>72.047</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.5881	0.0000
10	15.30	2.9376	0.1667	10.6057	0.2770
20	38.80	7.4496	0.3334	10.6235	0.7012
30	68.20	13.0944	0.5001	10.6413	1.2305
40	97.10	18.6432	0.6668	10.6591	1.7490
50	129.30	24.8256	0.8335	10.6771	2.3251
60	155.20	29.7984	1.0002	10.6950	2.7862
80	233.10	44.7552	1.3336	10.7312	4.1706
85	219.90	42.2208	1.4170	10.7402	3.9311
90	172.20	33.0624	1.5003	10.7493	3.0758
					4.1706

## PRUEBA TRIAXIAL UU

### CIRCULOS DE MOHR

OBRA:	MIGUEL LERDO DE TEJADA				DESCRIPCION DEL SUELO:	
SONDEO:	PCA-2				ARCILLA CON ARENA FINA, CAFE GRISACEO	
MUESTRA:	MC-2	PROF.:	2.30-2.50 m.			
ENSAYO	PRESION CONF.	ESF. A LA FALLA	PESO VOLUM. NATURA	Gwi	ci	VALORES PROMEDIO
No.	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(ton/m <sup>3</sup> )	(%)		Ss= 2.59
1	0.25	2.17	1.558	73.80	1.257	wi= 34.64 %
2	0.50	2.28	1.626	77.60	1.134	wf= 34.58 %
3	1.00	4.17	1.564	72.10	1.219	Gw= 74.51 %
DATOS FINALES						Gwf= 74.44 %
			Gwf	wf	pvhf	PVN= 1.583 ton/m <sup>3</sup>
1	0.25	1.258	73.702	35.80	1.558	PVF= 1.582 ton/m <sup>3</sup>
2	0.50	1.135	77.565	33.99	1.625	ci= 1.20
3	1.00	1.220	72.047	33.94	1.563	ef= 1.20

### CIRCULOS DE MOHR



C=	0.40	kg/cm <sup>2</sup>
∅=	36	Grados
E=	.	kg/cm <sup>2</sup>
μ=	0.45	

FIGURA No 39

### PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
SONDEO: PCA-2 MUESTRA: MC-2  
PROF.: 2.30-2.50 m.

**GRAFICA ESFUERZO - DEFORMACION UNIT.**

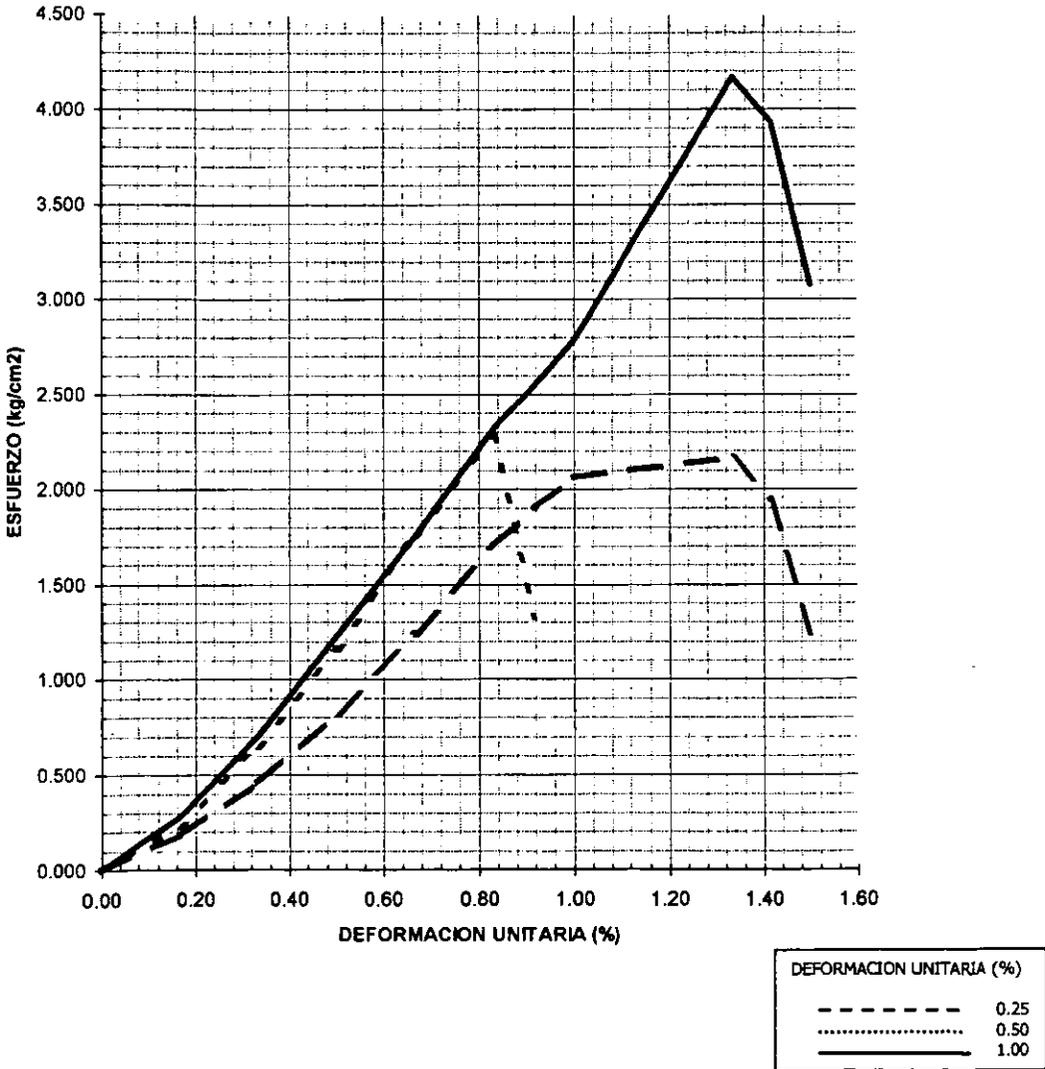


FIGURA No 40

## PRUEBA TRIAXIAL UU

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARENA FINA, ARCILLOSA, CAFE GRISACEO

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA

SONDEO: PCA-3

FECHA: 14/05/98

MUESTRA: MC-1

CONSTANTE: 0.192

PROFUND: 1.80-2.00 m.

PRESION: **0.25 kg/cm<sup>2</sup>**

OPERADOR:

VELOCIDAD: 0.01667

ds=	3.67	cm	Wo=	131.44	gr
dm=	3.61	cm	Wt=	35.49	gr
di=	3.57	cm	Wt+sh=	166.85	gr
d prom.=	<b>3.613</b>	cm	Wt+ss=	144.12	gr
h1=	7.82	cm	Ss=	2.64	
h2=	7.82	cm	W(%)=	<b>20.92</b>	
h prom.	<b>7.82</b>	cm	pvhi=	<b>1.639</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.254</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.638</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>80.189</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>1.356</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>0.948</b>		Gi=	<b>58.29</b>	(%)
ef=	<b>0.949</b>		Wi=	<b>21.00</b>	(%)
si=	<b>58.426</b>	(%)	Wf=	<b>20.92</b>	(%)
sf=	<b>58.221</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo Mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.2543	0.0000
10	5.20	0.9984	0.1667	10.2714	0.0972
20	8.80	1.6896	0.3334	10.2886	0.1642
30	13.10	2.5152	0.5001	10.3058	0.2441
40	17.70	3.3984	0.6668	10.3231	0.3292
50	22.80	4.3776	0.8335	10.3405	0.4233
60	28.70	5.5104	1.0002	10.3579	0.5320
80	42.30	8.1216	1.3336	10.3929	0.7815
100	57.20	10.9824	1.6667	10.4281	1.0532
120	71.30	13.6896	2.0004	10.4636	1.3083
135	81.60	15.6672	2.2505	10.4904	1.4935
140	67.30	12.9216	2.3338	10.4993	1.2307
145	53.90	10.3488	2.4172	10.5083	0.9848
					1.4935

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-3  
 MUESTRA: MC-1  
 PROFUND: 1.80-2.00 m.

<b>PRESION: 0.50 kg/cm<sup>2</sup></b>					
ds=	3.62	cm	Wo=	132.92	gr
dm=	3.67	cm	Wt=	16.27	gr
di=	3.64	cm	Wt+sh=	149.15	gr
d prom.=	<b>3.657</b>	cm	Wt+ss=	126.50	gr
h1=	8.03	cm	Ss=	2.64	
h2=	8.03	cm	W(%)=	<b>20.55</b>	
h prom.	<b>8.03</b>	cm	pvhi=	<b>1.576</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.502</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.576</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>84.329</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>1.308</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>1.019</b>		Gi=	<b>53.23</b>	(%)
ef=	<b>1.020</b>		Wi=	<b>20.58</b>	(%)
si=	<b>53.294</b>	(%)	Wf=	<b>20.55</b>	(%)
sf=	<b>53.200</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.5071	0.0000
10	10.70	2.0544	0.1667	10.5193	0.1953
20	33.20	6.3744	0.3334	10.5369	0.6050
30	61.90	11.8848	0.5001	10.5545	1.1260
40	92.30	17.7216	0.6668	10.5722	1.6762
50	120.00	23.0400	0.8335	10.5900	2.1756
60	149.30	28.6656	1.0002	10.6078	2.7023
80	177.80	34.1376	1.3336	10.6437	3.2073
85	168.20	32.2944	1.4170	10.6527	3.0316
90	143.20	27.4944	1.5003	10.6617	2.5788
					<b>3.2073</b>

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-3  
 MUESTRA: MC-1  
 PROFUND: 1.80-2.00 m.

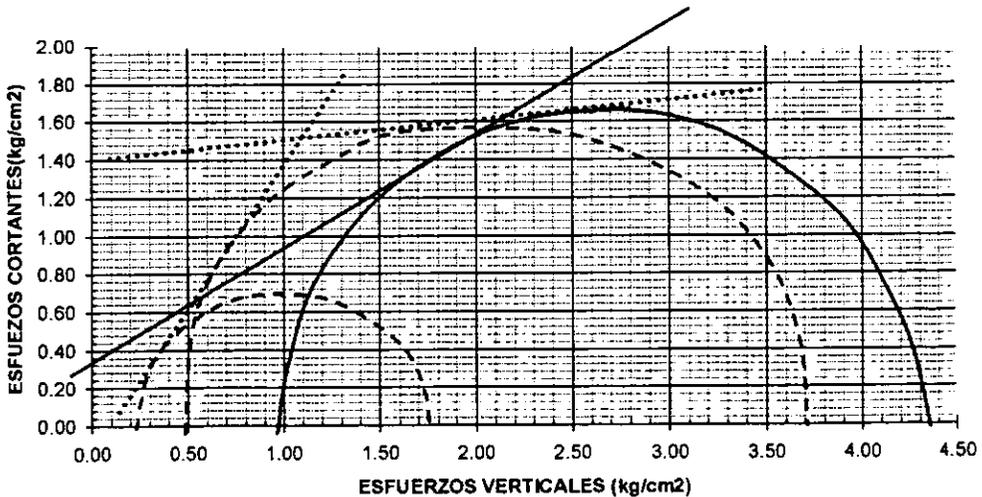
<b>PRESION: 1.00 kg/cm<sup>2</sup></b>					
ds=	3.57	cm	Wo=	133.90	gr
dm=	3.69	cm	Wt=	103.51	gr
di=	3.63	cm	Wt+sh=	237.36	gr
d prom.=	<b>3.660</b>	cm	Wt+ss=	212.79	gr
h1=	8.02	cm	Ss=	2.64	
h2=	8.02	cm	W(%)=	<b>22.48</b>	
h prom.	<b>8.02</b>	cm	pvhi=	<b>1.578</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Ao=	<b>10.521</b>	cm <sup>2</sup>	pvhf=	<b>1.586</b>	Ton/m <sup>3</sup>
Vo=	<b>84.377</b>	cm <sup>3</sup>	pvs=	<b>1.296</b>	Ton/m <sup>3</sup>
ei=	<b>1.038</b>		Gi=	<b>57.20</b>	(%)
ef=	<b>1.038</b>		Wi=	<b>22.53</b>	(%)
si=	<b>57.278</b>	(%)	Wf=	<b>22.48</b>	(%)
sf=	<b>57.161</b>	(%)			
Tiempo mm	Anillo mm	f Kg	Def. %	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.5209	0.0000
10	10.20	1.9584	0.1667	10.5384	0.1858
20	28.20	5.4144	0.3334	10.5561	0.5129
30	53.30	10.2336	0.5001	10.5738	0.9678
40	81.10	15.5712	0.6668	10.5915	1.4702
50	110.90	21.2928	0.8335	10.6093	2.0070
60	138.90	26.6688	1.0002	10.6272	2.5095
80	185.30	35.5776	1.3336	10.6631	3.3365
85	166.20	31.9104	1.4170	10.6721	2.9901
					3.3365

## PRUEBA TRIAXIAL UU

### CIRCULOS DE MOHR

OBRA:		MIGUEL LERDO DE TEJADA			DESCRIPCION DEL SUELO:	
SONDEO:		PCA-3			ARENA FINA, ARCILLOSA, CAFE	
MUESTRA:		MC-1	PROF.:	1.80-2.00 m.	GRISACEO	
ENSAYO	PRESION CONF.	ESF. A LA FALLA	PESO VOLUM. NATURA	Gwi	ei	VALORES PROMEDIO
No.	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(ton/m <sup>3</sup> )	(%)		
1	0.25	1.49	1.639	58.30	0.948	
2	0.50	3.21	1.576	53.20	1.019	
3	1.00	3.34	1.587	57.20	1.038	
DATOS FINALES						
				Gwf	wf	pvhf
1	0.25	0.949	58.221	20.92	1.638	
2	0.50	1.020	53.200	20.55	1.576	
3	1.00	1.038	57.161	22.48	1.586	

### CIRCULOS DE MOHR



C=	0.33	kg/cm <sup>2</sup>
∅=	30	Grados
E=		kg/cm <sup>2</sup>
μ=	0.45	

## PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: PCA-3 MUESTRA: MC-1  
 PROF.: 1.80-2.00 m.

GRAFICA ESFUERZO - DEFORMACION UNIT.

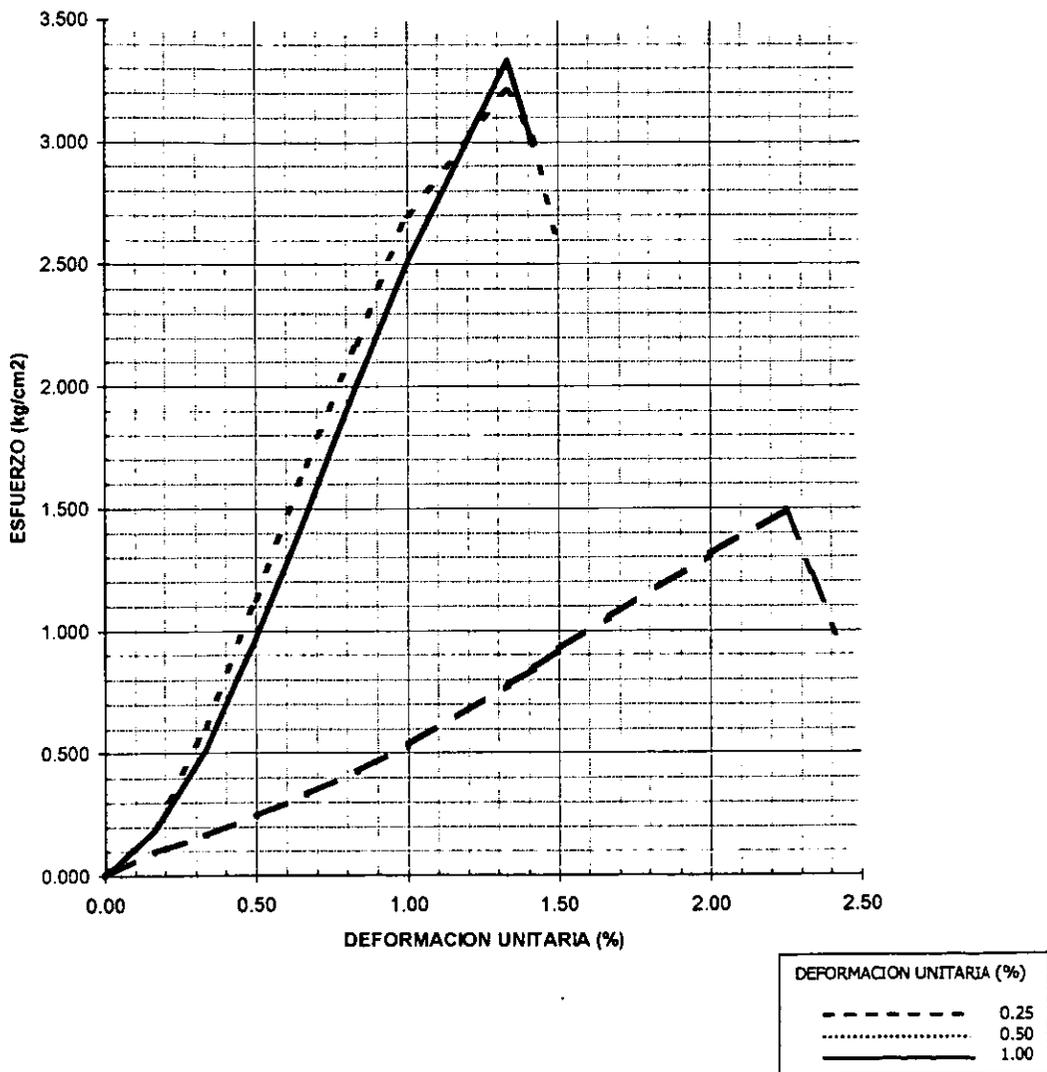


FIGURA No 45

## CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

PROYECTO:	MIGUEL LERDO DE TEJADA		
SONDEO:	SM-1	PROF.:	4.80-4.97 m.
MUESTRA:	9-1	CONS. No.	7
ANILLO No:	ab	Ss	2.58
D. ANILLO:	5.010 cm	FECHA:	20/05/98
H. ANILLO:	3.010 cm		
A. ANILLO:	19.714 cm <sup>2</sup>		
W. ANILLO:	200.560 gr		

DATOS INICIALES			DATOS FINALES		
Wh+ A=	296.14	gr	Wh+A+T=	331.36	gr
W TARA=	36.15	gr	Ws+A+T=	301.25	gr
Ws=	64.5400	gr	Whi=	95.5800	gr
Wwi=	31.0400	gr	Whf=	94.6500	gr
Wwf=	30.1100	gr	Vi=	59.3379	cm <sup>3</sup>
Vf=	57.1616	cm <sup>3</sup>	Vs=	25.0155	cm <sup>3</sup>
Vv=	34.3224	cm <sup>3</sup>	Vw=	31.0400	cm <sup>3</sup>
Pvhi=	1.6108	ton/m <sup>3</sup>	Pvhf=	1.6558	ton/m <sup>3</sup>
Wi=	48.0942	%	Si=	90.4365	%
Wf=	46.6532	%	Sf=	93.67	%
ei=	1.3720		ef=	1.2850	

PRESION Kg/cm <sup>2</sup>	MICRO mm	CORR. D. A. mm	D. CORR. A. mm	DEF. VOL. %	e	Vf cm <sup>3</sup>
Lec. 1=	18.414					
0.125	18.270	0.020	0.1240	0.4120	1.3623	59.0935
0.250	18.197	0.030	0.1870	0.6213	1.3573	58.9693
0.500	18.061	0.048	0.3050	1.0133	1.3480	58.7367
1.000	17.821	0.077	0.5160	1.7143	1.3314	58.3207
2.000	17.558	0.098	0.7580	2.5183	1.3123	57.8436
4.000	16.850	0.117	1.4470	4.8073	1.2580	56.4854
2.000	16.940	0.110	1.3640	4.5316	1.2646	56.6490
1.000	17.030	0.088	1.2960	4.3056	1.2699	56.7831
0.500	17.100	0.060	1.2540	4.1661	1.2732	56.8658
0.250	17.140	0.040	1.2340	4.0997	1.2748	56.9053
0.125	17.191	0.026	1.1970	3.9767	1.2777	56.9782
0.000	17.310	0.000	1.1040	3.6678	1.2850	57.1616

MIGUEL LERDO DE TEJADA  
SM-1 M-9-1 PROFUND.: 4.80-4.97 m.

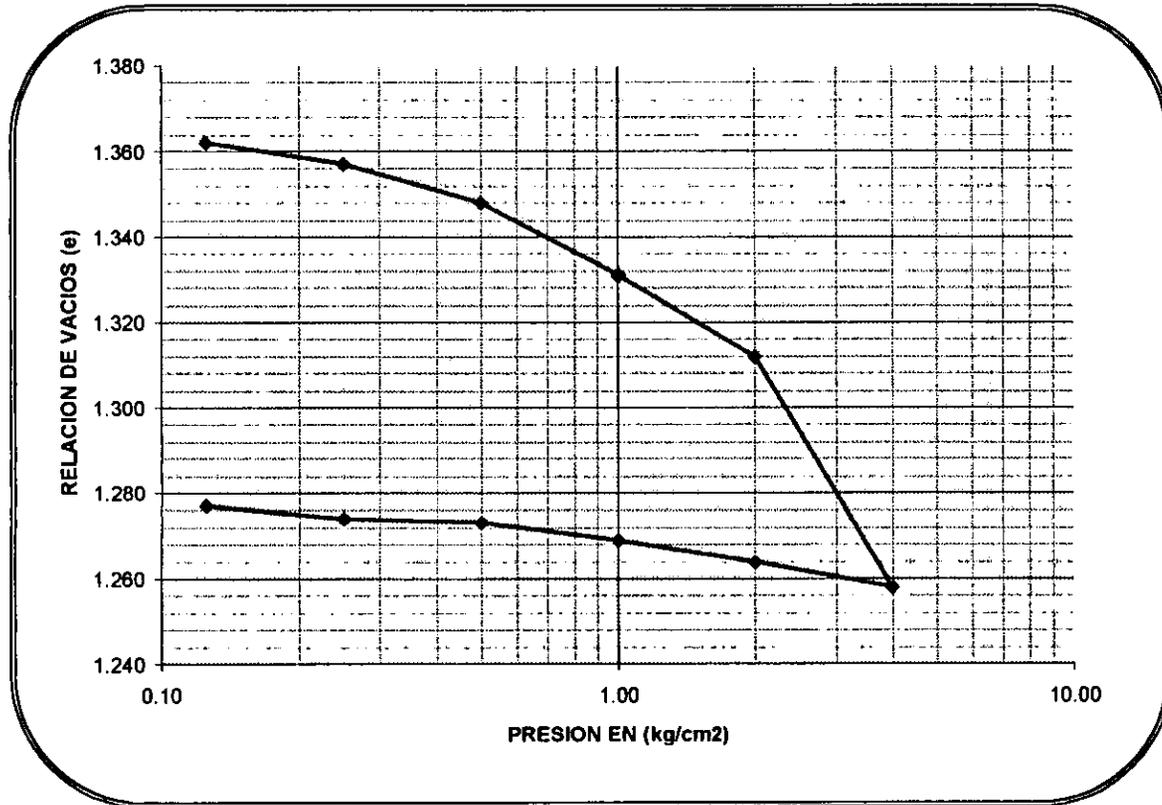


FIGURA No. 47

## CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

PROYECTO:	MIGUEL LERDO DE TEJADA		
SONDEO:	SM-1	PROF.:	7.60-7.82 m.
MUESTRA:	14-1	CONS. No.	8
ANILLO No:	13ch	Ss	2.60
D. ANILLO:	6.580 cm	FECHA:	21/05/98
H. ANILLO:	1.510 cm		
A. ANILLO:	34.005 cm <sup>2</sup>		
W. ANILLO:	74.050 gr		

DATOS INICIALES			DATOS FINALES		
Wh+ A=	133.44	gr	Wh+A+T=	148.06	gr
W TARA=	36.00	gr	Ws+A+T=	124.93	gr
Ws=	14.8800	gr	Whi=	59.3900	gr
Wwi=	44.5100	gr	Whf=	38.0100	gr
Wwf=	23.1300	gr	Vi=	51.3475	cm <sup>3</sup>
Vf=	28.8733	cm <sup>3</sup>	Vs=	5.7231	cm <sup>3</sup>
Vv=	45.6244	cm <sup>3</sup>	Vw=	44.5100	cm <sup>3</sup>
Pvhi=	1.1566	ton/m <sup>3</sup>	Pvhf=	1.3164	ton/m <sup>3</sup>
Wi=	299.1263	%	Si=	97.5574	%
Wf=	155.4435	%	Sf=	99.91	%
ei=	7.9720		ef=	4.0451	

PRESION Kg/cm <sup>2</sup>	MICRO mm	CORR. D. A. mm	D. CORR. A. mm	DEF. VOL. %	e	Vf cm <sup>3</sup>
Lec. 1=	11.050					
0.125	10.953	0.007	0.2286	1.5139	7.8362	50.5701
0.250	10.911	0.012	0.3226	2.1363	7.7803	50.2506
0.500	10.776	0.022	0.6401	4.2389	7.5917	49.1709
1.000	9.961	0.034	2.6797	17.7464	6.3798	42.2352
2.000	8.811	0.048	5.5651	36.8552	4.6654	32.4233
4.000	7.988	0.058	7.6302	50.5309	3.4384	25.4012
2.000	8.043	0.063	7.4778	49.5216	3.5289	25.9194
1.000	8.118	0.053	7.3127	48.4282	3.6270	26.4808
0.500	8.193	0.043	7.1476	47.3348	3.7251	27.0422
0.250	8.268	0.035	6.9774	46.2078	3.8262	27.6209
0.125	8.332	0.026	6.8377	45.2826	3.9092	28.0960
0.000	8.448	0.000	6.6091	43.7687	4.0451	28.8733

MIGUEL LERDO DE TEJADA  
SM-1 M-14-1 PROFUND.: 7.60-7.82 m.

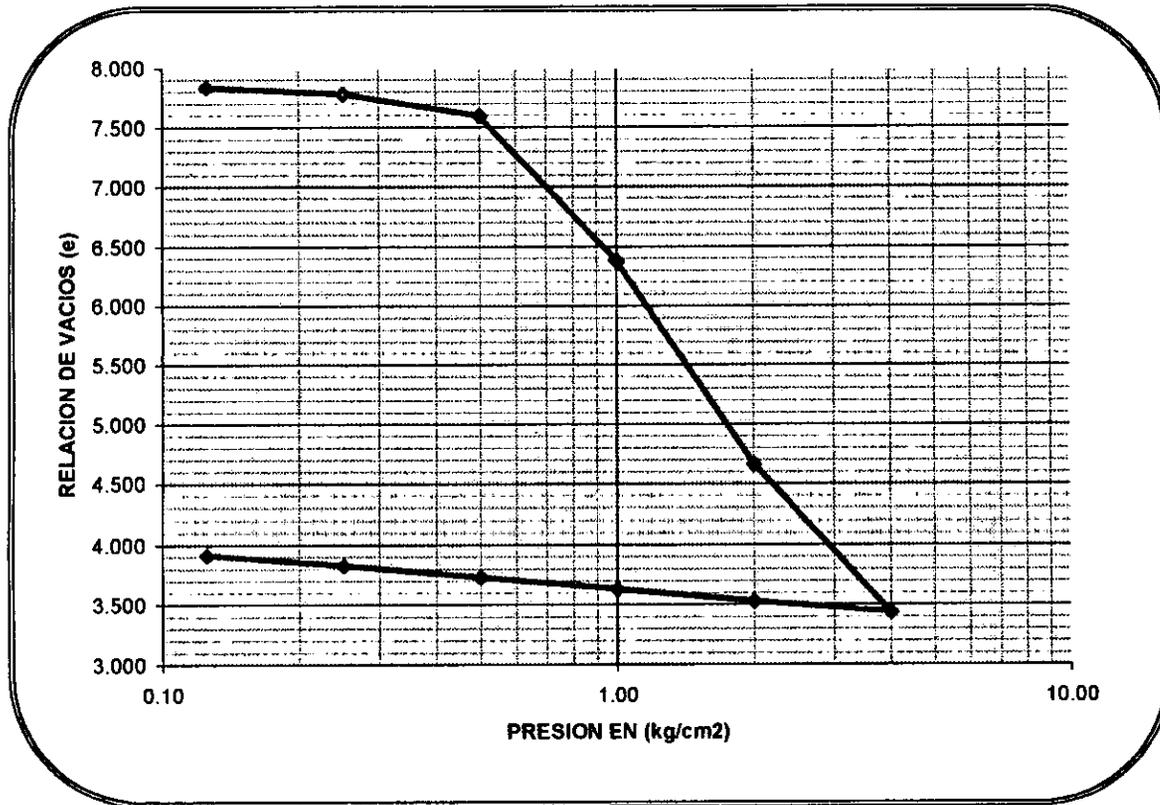


FIGURA No. 40

## CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

PROYECTO:	MIGUEL LERDO DE TEJADA		
SONDEO:	SM-1	PROF.:	7.60-7.82 m.
MUESTRA:	14-2	CONS. No.	6
ANILLO No:	13ch	Ss	2.60
D. ANILLO:	6.580 cm	FECHA:	18/05/98
H. ANILLO:	1.510 cm		
A. ANILLO:	34.005 cm <sup>2</sup>		
W. ANILLO:	74.050 gr		

DATOS INICIALES			DATOS FINALES		
Wh+ A=	150.94	gr	Wh+A+T=	173.24	gr
W TARA=	34.52	gr	Ws+A+T=	151.00	gr
Ws=	42.4300	gr	Whi=	76.8900	gr
Wwi=	34.4600	gr	Whf=	64.6700	gr
Wwf=	22.2400	gr	Vi=	51.3475	cm <sup>3</sup>
Vf=	38.5922	cm <sup>3</sup>	Vs=	16.3192	cm <sup>3</sup>
Vv=	35.0283	cm <sup>3</sup>	Vw=	34.4600	cm <sup>3</sup>
Pvhi=	1.4974	ton/m <sup>3</sup>	Pvhf=	1.6757	ton/m <sup>3</sup>
Wi=	81.2161	%	Si=	98.3777	%
Wf=	52.4157	%	Sf=	99.85	%
ei=	2.1464		ef=	1.3648	

PRESION Kg/cm <sup>2</sup>	MICRO mm	CORR. D. A. mm	D. CORR. A. mm	DEF. VOL. %	e	Vf cm <sup>3</sup>
Lec. 1=	21.300					
0.125	21.048	0.019	0.2330	1.5430	2.0979	50.5552
0.250	20.946	0.037	0.3170	2.0993	2.0804	50.2695
0.500	20.581	0.069	0.6500	4.3046	2.0110	49.1372
1.000	19.657	0.123	1.5200	10.0662	1.8297	46.1787
2.000	18.311	0.215	2.7740	18.3709	1.5684	41.9145
4.000	17.060	0.272	3.9680	26.2781	1.3196	37.8543
2.000	17.101	0.244	3.9550	26.1921	1.3223	37.8985
1.000	17.163	0.151	3.9860	26.3974	1.3159	37.7931
0.500	17.237	0.099	3.9640	26.2517	1.3204	37.8679
0.250	17.317	0.065	3.9180	25.9470	1.3300	38.0243
0.125	17.413	0.045	3.8420	25.4427	1.3469	38.2828
0.000	17.549	0.000	3.7510	24.8411	1.3648	38.5922

MIGUEL LERDO DE TEJADA  
SM-1 M-14-2 PROFUND.: 7.82-8.04 m.

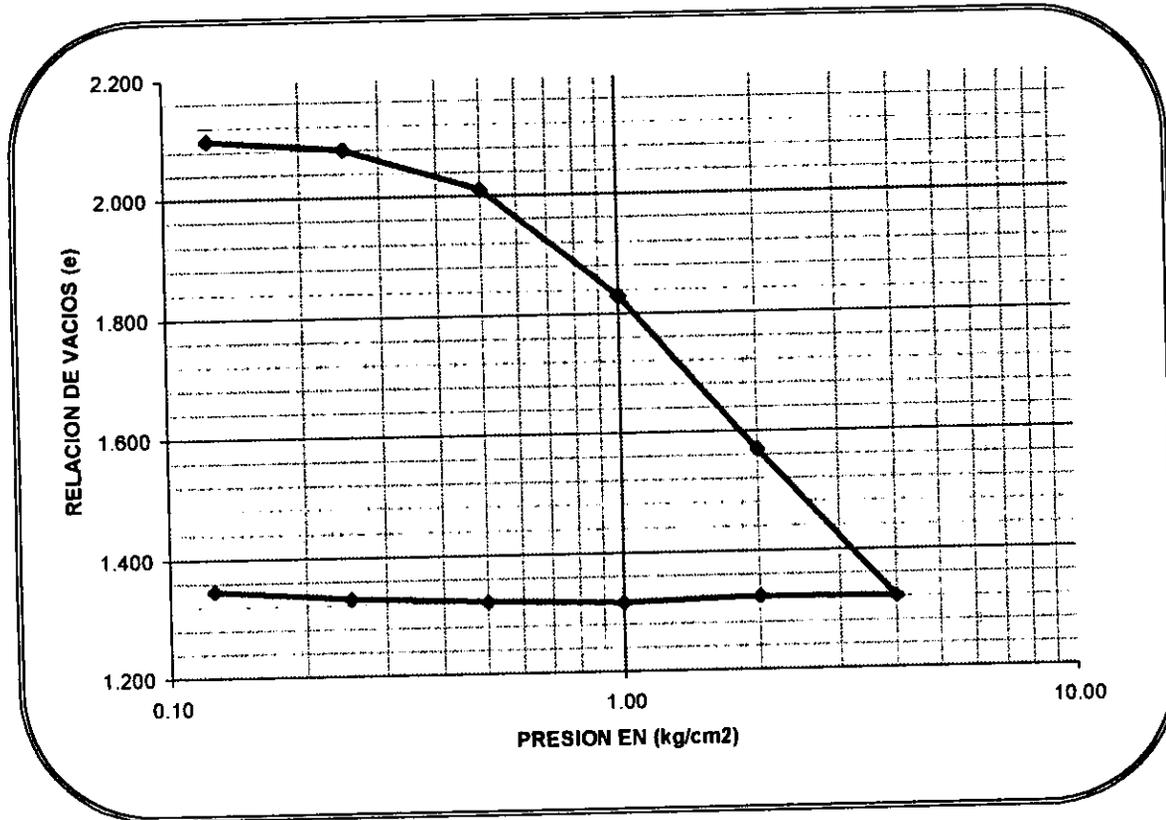


FIGURA No. 51

## ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: SM-1 PROF.: 3.00-3.60 m.  
 MUESTRA: 6

### DATOS

WTARA: 24.10 Gr.    Ws: 40.45 Gr.    Ws+T: 64.55 Gr.

MALLA No.	W RET. (gr)	P. RET. (%)	A. PASA (%)
3"			
2"			
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"			
No. 4"			100.00
10.00	0.02	0.05	99.95
20.00	0.33	0.82	99.13
40.00	2.36	5.83	93.30
60.00	2.63	6.50	86.80
100.00	3.34	8.26	78.54
200.00	2.63	6.50	72.04
PASA 200	29.14	72.04	0.00
SUMA	40.45	0.00	0.00

GRAVA            0.0    %  
 ARENA            28.0    %  
 FINOS            72.0    %  
 SUMA=            100.0    %

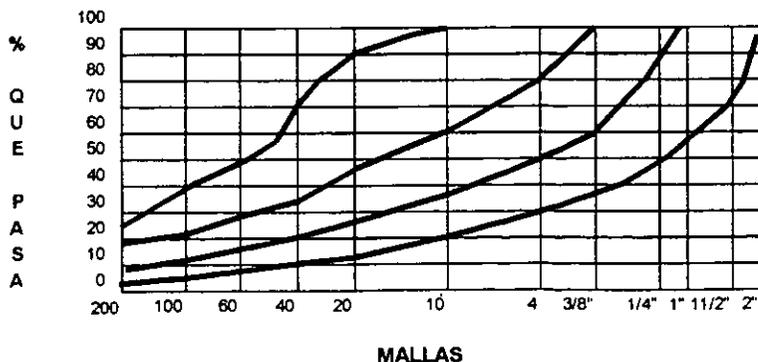


FIGURA No. 52

## ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: SM-I PROF.: 10.20-10.80 m.  
 MUESTRA: 18

### DATOS

WTARA: 20.42 Gr.    Ws: 58.41 Gr.    Ws+T: 78.83 Gr.

MALLA No.	W RET. (gr)	P. RET. (%)	A. PASA (%)
3"			
2"			
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"			100.00
1/4"	1.03	1.76	98.24
No. 4"	2.86	4.90	93.34
10.00	6.23	10.67	82.67
20.00	2.96	5.07	77.61
40.00	2.47	4.23	73.38
60.00	4.19	7.17	66.20
100.00	12.91	22.10	44.10
200.00	9.97	17.07	27.03
PASA 200	15.79	27.03	0.00
SUMA	58.41	0.00	0.00

GRAVA            6.7    %  
 ARENA           66.3    %  
 FINOS            27.0    %  
 SUMA=           100.0    %

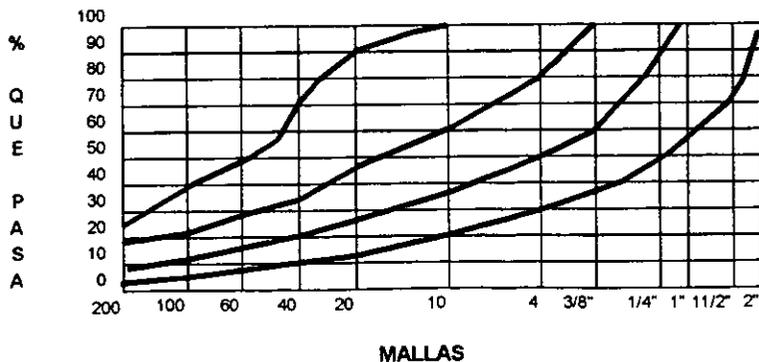


FIGURA No. 53

## ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: SM-I PROF.: 12.00-12.60 m.  
 MUESTRA: 21

### DATOS

W TARA: 16.96 Gr.    Ws: 60.41 Gr.    Ws+T: 77.37 Gr.

MALLA No.	W RET. (gr)	P. RET. (%)	A. PASA (%)
3"			
2"			
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			100.00
3/8"	9.65	15.97	84.03
1/4"	3.01	4.98	79.04
No. 4"	4.06	6.72	72.32
10.00	9.23	15.28	57.04
20.00	3.76	6.22	50.82
40.00	2.98	4.93	45.89
60.00	2.58	2.62	43.27
100.00	1.92	3.18	40.09
200.00	2.33	3.86	36.24
PASA 200	21.89	36.24	0.00
SUMA	60.41	0.00	0.00

GRAVA            27.7    %  
 ARENA            36.1    %  
 FINOS            36.2    %  
 SUMA=            100.00    %

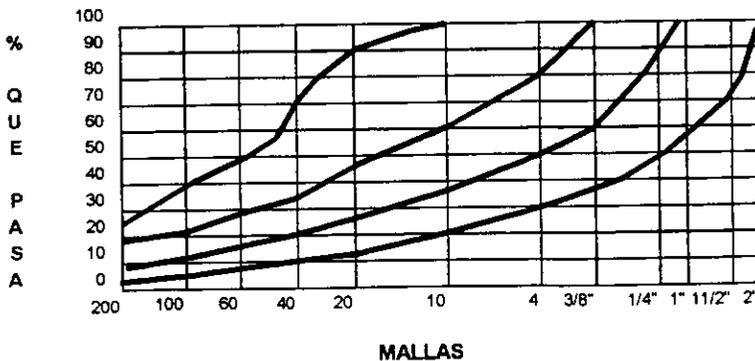


FIGURA No. 54

## ANALISIS GRANULOMETRICO

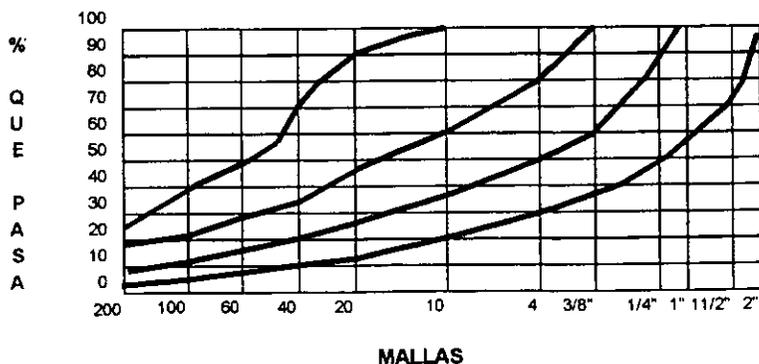
PROYECTO: MIGUEL LERDO DE TEJADA  
 SONDEO: SM-1 PROF.: 13.80-14.40 m.  
 MUESTRA: 24

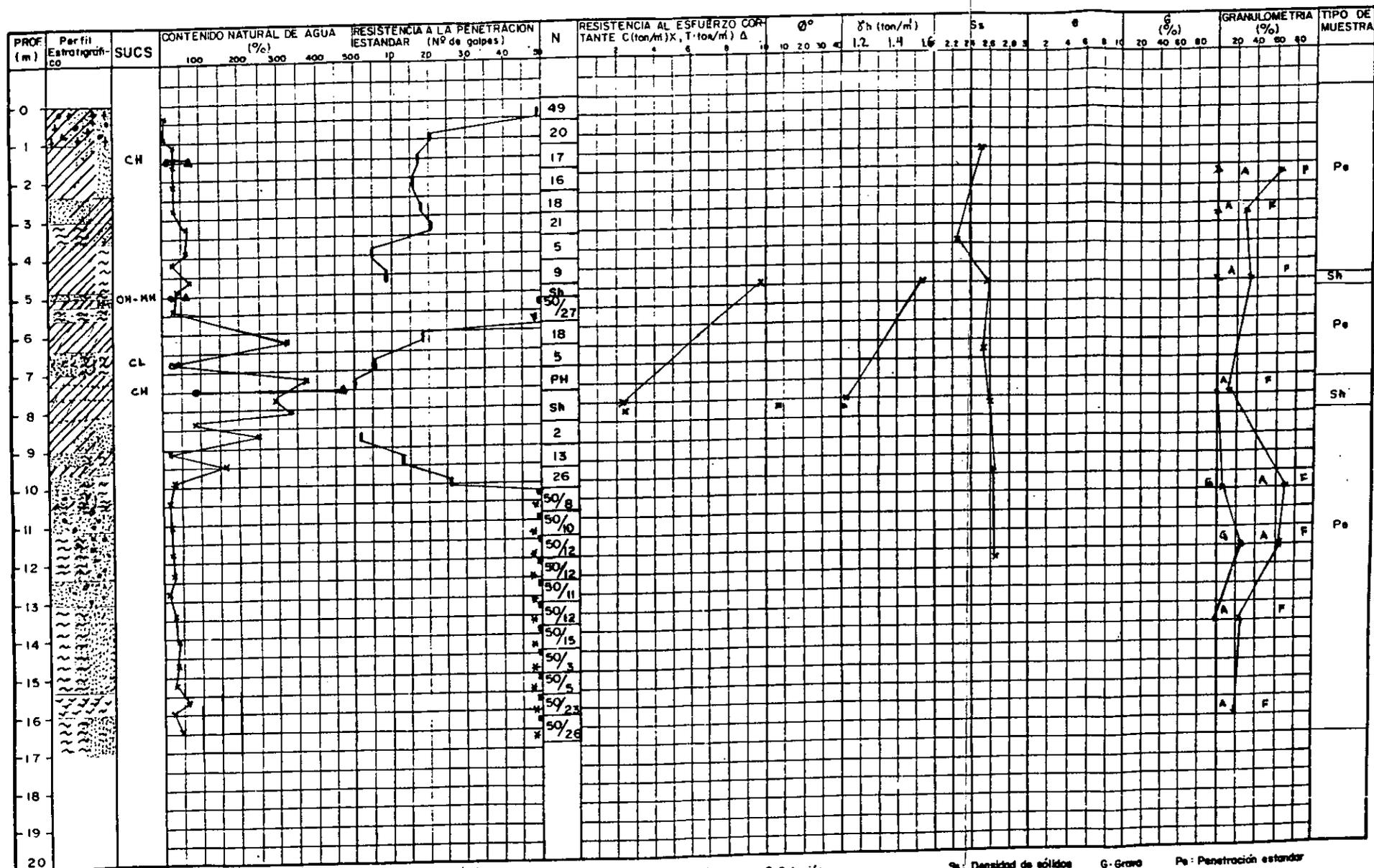
### DATOS

WTARA: 26.77 Gr.    Ws: 30.82 Gr.    Ws+T: 57.59 Gr.

MALLA No.	W RET. (gr)	P. RET. (%)	A. PASA (%)
3"			
2"			
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"			
No. 4"			100.00
10.00	0.06	0.19	99.81
20.00	0.21	0.68	99.12
40.00	0.79	2.56	96.56
60.00	1.38	4.48	92.08
100.00	2.11	6.85	85.24
200.00	3.61	11.71	73.52
PASA 200	22.66	73.52	0.00
SUMA	30.82	0.00	0.00

GRAVA	0.0	%
ARENA	26.5	%
FINOS	73.5	%
SUMA=	100.0	%





SIMBOLOGIA:

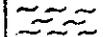


N: Avance con broca friccionica  
 N: Número de golpes para 30 cm  
 Na: de golpes/penetración en cm.  
 C: Cohesión  
 T: Torcómetro  
 φ: Angulo de fricción interna  
 γ<sub>v</sub>: Peso volumetrico húmedo

S<sub>s</sub>: Densidad de sólidos  
 e: Relación de vacíos  
 G: Grado de saturación  
 +: Cohesión en triaxial UU  
 G: Grava  
 A: Arena  
 F: Fines  
 Pe: Penetración estándar  
 Sh: Muestreo con tubo Shelby  
 D: Muestreo con tubo Denied  
 Triaxial CD  
 Triaxial CU

FIGURA No. 56

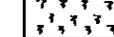
**OBRA:** MIGUEL LERDO DE TEJADA  
**SONDEO:** PCA-1  
**PROFUNDIDAD:** 1.70 m



LIMO



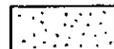
RELLENO



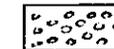
MAT. ORGANICA



ARCILLA



ARENA



GRAVA

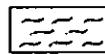
PROFUNDIDAD	ESTRATIGRAFIA	DESCRIPCION	PROF DE EXTRACCION DE MUESTRA	CONTENIDO DE AGUA %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	DENSIDAD DE SOLIDOS	CLASIFICACION S.U.C.S.	PESO VOLUMETRICO Ton/m <sup>3</sup>	COHESION kg/cm <sup>2</sup>	φ GRADOS
0.10 0.30 0.50 0.70 1.00		MATERIAL DE RELLENO CONSTITUIDO POR ARCILLA ARENOSA Y PEDACERIA DE TABIQUE									
0.10 0.30 0.50 0.70 2.00		ARCILLA CON ARENA FINA, CAFÉ GRISACEO	1.50 - 1.70	26.93	44.60	21.45	2.65	CL	1.595	1.07	18

**OBRA:** MIGUEL LERDO DE TEJADA  
**SONDEO:** PCA-2  
**PROFUNDIDAD:** 2.50 m

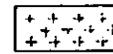
0.10 0.30 0.50 0.70 1.00		MATERIAL DE RELLENO CONSTITUIDO POR ARCILLA ARENOSA Y PEDACERIA DE TABIQUE									
0.10 0.30 0.50 0.70 2.00		ARCILLA CON ARENA FINA, CAFÉ GRISACEO	2.30 - 2.50	34.27	76.20	34.40	2.59	OH - MH	1.582	0.40	36
0.10 0.30 0.50 0.70 3.00											

FIGURA No. 57

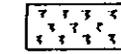
**OBRA:** MIGUEL LERDO DE TEJADA  
**SONDEO:** PCA-3  
**PROFUNDIDAD:** 2.00 m



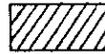
LIMO



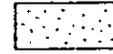
RELLENO



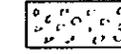
MAT. ORGANICA



ARCILLA



ARENA



GRAVA

PROFUNDIDAD	ESTRATIGRAFIA	DESCRIPCION	PROF. DE EXTRACCION DE MUESTRA	CONTENIDO DE AGUA %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	DENSIDAD DE SOLIDOS	CLASIFICACION S.U.C.S	PESO VOLUMETRICO Ton/m <sup>3</sup>	COHESION kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$ GRADOS
0.10 0.30 0.50 0.70 1.00		MATERIAL DE RELLENO CONSTITUIDO POR ARCILLA ARENOSA Y PEDACERIA DE TABIQUE									
0.10 0.30 0.50 0.70 2.00 0.10		ARCILLA CON ARENA FINA, CAFÉ GRISACEO	1.80 - 2.00	23.02	38.00	17.03	2.64	CL	1.600	0.33	30

**OBRA:** MIGUEL LERDO DE TEJADA  
**SONDEO:** PCA-4  
**PROFUNDIDAD:** 2.00 m

0.10 0.30 0.50 0.70 1.00		MATERIAL DE RELLENO CONSTITUIDO POR ARCILLA ARENOSA Y PEDACERIA DE TABIQUE									
0.10 0.30 0.50 0.70 2.00 0.10 0.30 0.50		ARCILLA CON ARENA FINA, CAFÉ GRISACEO									

FIGURA No. 58

**CARACTERISTICAS  
ESTRATIGRAFICAS  
Y FISICAS DEL  
SUBSUELO**

## 5. CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS Y FÍSICAS DEL SUELO

El predio de interés se localiza en la parte noroeste de la Ciudad de México, dentro de la denominada zona de Transición Alta, caracterizada entre la superficie y 5.5 m de profundidad por la presencia de depósitos aluviales de estratificación cruzada; entre 5.5 y 10 m de profundidad por un depósito de arcilla lacustre subyacente por depósitos resistentes característicos de la Formación Tarango.

En general la secuencia estratigráfica del subsuelo en el predio de interés es la siguiente:

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
De 0.0 a 1.0	Material de relleno constituido por arcilla arenosa, con gravas, raíces y pedacería de tabique, de consistencia media, con contenido de agua medio de 10 %, índice medio de resistencia a la penetración estándar variable entre 20 y 49 golpes.
De 1.0 a 2.40	Arcilla con poca arena fina, café claro, con contenido de agua medio de 30%, de consistencia media, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 17 golpes; de límite líquido 75 %, límite plástico 23 %, en porción fina, del grupo CH según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Con resistencia al esfuerzo cortante de 3.0 ton/m <sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 30°, determinado en compresión triaxial no consolidada-no drenada, peso volumétrico de 1.60 ton/m <sup>3</sup> , y densidad de sólidos igual a 2.50.
De 2.40 a 3.00	Arena fina arcillosa, café verdosa, con contenido de agua medio de 33 %, de compacidad media, constituido granulométricamente por 15 % de grava, 65 % de arena y 20 % de finos; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo SC, índice medio de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 18 golpes.
De 3.00 a 3.60	Limo arcillosos con escasa arena fina, gris claro, con contenido de agua medio de 67 %, de consistencia firme; índice medio de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 21 golpes; constituido granulométricamente por 0 % de gravas, 28 % de arena y 72 % de finos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos pertenece al grupo ML; densidad de sólidos igual a 2.25.

De 3.60 a 5.20	Arcilla poco limosa, café oscuro, con intercalación de una capa de arena limosa en su parte inferior, con contenido de agua medio de 45 %, de consistencia blanda; índice medio de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 7 golpes; de límite líquido igual a 61 %, y de límite plástico igual a 32 % en su porción fina. Resistencia al esfuerzo cortante de 9.9 ton/m <sup>2</sup> , determinada en compresión axial no confinada y peso volumétrico de 1.68 ton/m <sup>3</sup> ; densidad de sólidos igual a 2.58; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo OH-MH.
De 5.20 a 6.00	Intercalación de arcilla poco limosa, limo con vetas de arena limosa y arcilla, de color gris y café verdoso, con contenido de agua medio de 35 %, de consistencia variable entre blanda y firme; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 18 y 50 golpes; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CL, densidad de sólidos igual a 2.60.
De 6.00 a 9.60	Arcilla de alta plasticidad, gris y café verdosa, con intercalación de vetas de arena fina, con contenido de agua variable entre 300 y 360 %; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 1 y 5 golpes; límite líquido igual a 496 %, y límite plástico de 94 % en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; resistencia al esfuerzo cortante igual a 2.25 ton/m <sup>2</sup> determinada en pruebas de compresión axial no confinada; densidad de sólidos igual a 2.52 y peso volumétrico de 1.12 ton/m <sup>3</sup> .
De 9.60 a 11.20	Arena fina poco limosa con gravillas, café claro oscuro, en estado compacto, con contenido de agua medio de 22 %; IRPE variable entre 26 y 50 golpes; constituido granulométricamente por 7 % de gravas, 66 % de arena y 27 % de finos; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo SP; densidad de sólidos igual a 2.65.
De 11.20 a 12.30	Limo arenoso con gravas y gravillas, gris oscuro, con contenido de agua medio de 24 %, en estado compacto, IRPE mayor a 50 golpes; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo ML; granulométricamente está constituido por 28 % de grava, 36 % de arena y 36 % de finos; densidad de sólidos igual a 2.64.

De 12.30 a 13.00	Arena de media a gruesa gris, en estado compacto con contenido de agua medio de 10 %; IRPE mayor a 50 golpes, constituido granulométricamente por 10 % de gravas, 81 % de arena y 9 % de finos; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo SW; densidad de sólidos igual a 2.66.
De 13.00 a 17.00	Limo arenoso, café y gris verdoso, bien cementado, en estado compacto, con contenido de agua medio de 30 %; constituido granulométricamente por 0 % de gravas, 27 % de arena y 73 % de finos; de límite líquido igual a 42 % y límite plástico de 16 % en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo ML; densidad de sólidos igual a 2.62.

El nivel freático se encontró a 2.8 m de profundidad, con respecto al nivel actual de la superficie del terreno, en la fecha en la que se realizó la exploración. De información de la Comisión de Aguas del Valle de México se sabe que se tienen abatimientos en la presión del agua del orden de 5 ton/m<sup>2</sup> a 15 m de profundidad.

El estado actual de los esfuerzos en el subsuelo se presentan en la figura 59 mediante la gráfica de la variación con la profundidad de la presión vertical efectiva (determinada como la diferencia entre la presión total y la de poro); también se indican los intervalos de preconsolidación definidos en los ensayos de consolidación unidimensional efectuados.

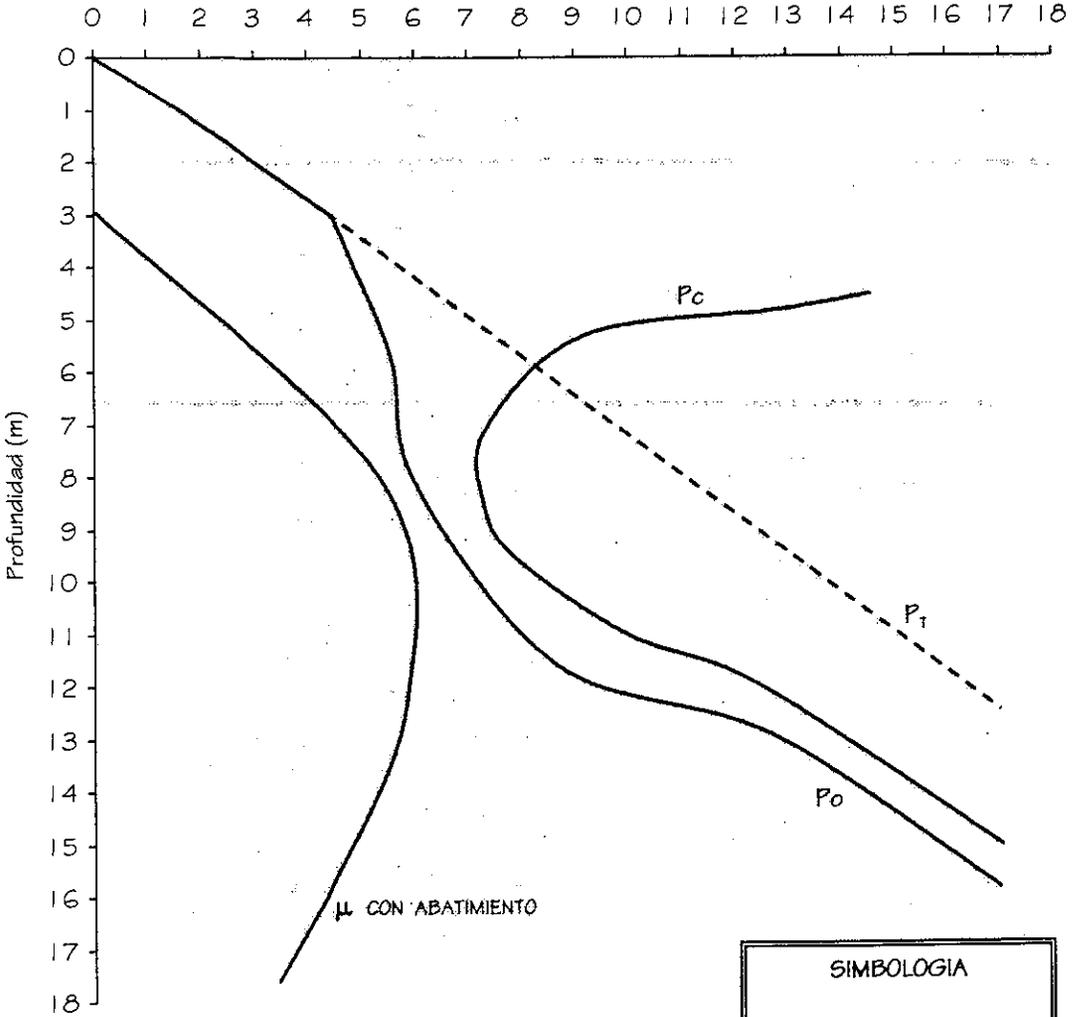
Del análisis de la figura anterior se concluye que el depósito arcillosos localizado entre 1 y 5.5 m se encuentra preconsolidado por desecación con un esfuerzo de preconsolidación mayor en 8 ton/m<sup>2</sup> al esfuerzo efectivo actual, en su parte superior; y de 2 ton/m<sup>2</sup>, en su parte inferior, y a partir de dicha profundidad, y hasta 10 m tienen una diferencia entre los esfuerzos efectivos actuales de la estructura de los depósitos arcillosos y el esfuerzo de preconsolidación, variable entre 2 y 1 ton/m<sup>2</sup>, decrecentándose con la profundidad.

Considerando las características de rigidez de la cimentación que más adelante se define, la deformabilidad de los materiales del subsuelo y la presión de contacto aplicada a los materiales de apoyo por la cimentación, el módulo de reacción del suelo considerarse de 2.5 kg/cm<sup>3</sup>.

De acuerdo a las características estratigráficas de los depósitos del subsuelo y a la zoonificación geotécnica de la Ciudad de México el predio de interés se encuentra en la zona III (zona de transición), a la que corresponde un coeficiente sísmico de 0.32.

MIGUEL LERDO DE TEJADA

Presión (Ton/m<sup>2</sup>)



ESTADO ACTUAL DE LOS ESFUERZOS  
EN EL SUBSUELO

SIMBOLOGIA	
$P_o$ :	PRESION EFECTIVA
$P_c$ :	PRECONSOLIDACION
$\mu$ :	PRESION DE PORO
$P_t$ :	PRESION TOTAL

# ANALISIS DE CIMENTACION

## 6. ANALISIS DE CIMENTACION

---

Considerando las características arquitectónicas y estructurales de los edificios proyectados y las características estratigráficas y físicas del subsuelo, en particular la existencia de depósitos arcillosos de alta compresibilidad y baja resistencia con espesor del orden de 10 m, que presenta un esfuerzo de preconsolidación variable entre 2 ton/m<sup>2</sup> mayor al esfuerzo efectivo actual del subsuelo entre 5.5 y 7.0 m de profundidad y de 1 ton/m<sup>2</sup> mayor al esfuerzo efectivo actual del subsuelo entre 7.0 y 8.5 m de profundidad, se juzga que la cimentación de la estructura podrá ser resuelta mediante cajón de cimentación estanco, de concreto reforzado, que compense parcialmente el peso de los edificios constituidos por muros de contención, contratrabes y losa de concreto plana, con área en planta ampliada respecto a la cubierta por los edificios, como se muestra en la figura 60, desplantado a 2m de profundidad, respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno.

Es conveniente que los materiales que constituyan los diferentes elementos de construcción de los edificios sean lo más ligeros posible. En los análisis que más adelante se presentan se ha supuesto que el peso de los edificios, considerando que las cargas permanentes más la carga viva con intensidad media, será de 0.9 ton/m<sup>2</sup> por nivel, y el peso de la cimentación de 1.3 ton/m<sup>2</sup>.

En esas condiciones para los edificios, se tendrá un peso de 2,990 ton, correspondiente a un peso unitario en su área cubierta de 5.8 ton/m<sup>2</sup>. Considerando el área cubierta propuesta para el cajón, que es un área ampliada respecto a la cubierta por los edificios, el peso unitario se reduce a 4.3 ton/m<sup>2</sup>.

Dadas las condiciones de deformabilidad de los depósitos arcillosos del subsuelo y para evitar que los edificios a mediano plazo sufran hundimientos diferenciales que provoquen la pérdida de su verticalidad, es necesario que no se tengan excentricidades entre el centro geométrico del área cubierta por el cajón, y el centro de cargas de la estructura.

A continuación se presentan los resultados de los análisis efectuados para la alternativa de cimentación propuesta.

### 6.1 ACCIONES

El peso de la estructura de interés para la condición de cargas permanentes más carga viva máxima se supuso de 1.0 ton/m<sup>2</sup> para cada una de las plantas tipo, sin excentricidad entre el centro de cargas y el centro de reacción de la cimentación,

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

considerando que los elementos estructurales que constituirán el edificio son aligerados, en donde esto es factible.

Las acciones consideradas en los análisis de la cimentación fueron las siguientes:

- a) Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad máxima, que incluyendo el peso de la cimentación, considerada de  $1.3 \text{ ton/m}^2$  tendrá un valor de 3,890 ton para los edificios de interés. Estas cargas se afectaron por un factor de carga de 1.4 y se consideraron en el análisis límite de falla en condiciones estáticas.
- b) Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad instantánea, que incluyendo el peso de la cimentación tendrá un valor de 3,700 ton para los edificios de interés. La acción accidental más crítica por efecto sísmico corresponderá a un momento sísmico de 3,094 ton-m para los edificios analizados. Las cargas se afectaron por un factor de carga de 1.1 y se utilizaron en el análisis límite de falla en condiciones dinámicas.
- c) Combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad media, que incluyendo el peso de la cimentación tendrá un valor de 3,700 ton para los edificios de interés. Las cargas se afectaron por un factor de carga de 1.0 y se emplearon en la determinación de la profundidad de desplante del cajón y en el análisis del estado límite de servicio por consolidación de los depósitos arcillosos.

## 6.2 DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE DESPLANTE

La determinación de la profundidad de desplante de la cimentación se hizo satisfaciendo que la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad media más el peso propio de la cimentación diera lugar a una presión neta aplicada por la losa de fondo del cajón de cimentación, que transmita al subsuelo esfuerzos tales que para cualquier profundidad la suma del esfuerzo efectivo más el incremento de esfuerzo sea menor al esfuerzo de preconsolidación del depósito arcilloso, a la profundidad correspondiente, verificando que en esas condiciones se produzcan asentamientos admisibles tanto totales como diferenciales. Lo anterior se satisface limitando la presión neta transmitida al subsuelo a  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , es decir, tal que la carga no compensada por el peso de los materiales excavados para alojar el cajón de cimentación sea menor que la diferencia entre los esfuerzos efectivos actuales de la estructura de los depósitos arcillosos y el esfuerzo efectivo de preconsolidación de los mismos.

Para los edificios analizados, el peso de la estructura incluyendo el peso de la cimentación para las condiciones de carga permanente mas carga viva media, corresponde a una presión unitaria de  $4.3 \text{ ton/m}^2$ , considerada uniformemente distribuida

por la losa de fondo del cajón de cimentación con el área ampliada respecto a la cubierta por los edificios de las cuales tendrán que compensarse  $3.05 \text{ ton/m}^2$ . Considerando que los materiales del subsuelo entre la superficie y 1 m de profundidad tienen un peso volumétrico de  $1.6 \text{ ton/m}^3$ , y entre 1 y 2 m de  $1.55 \text{ ton/m}^3$ , la profundidad de desplante necesaria para compensar  $3.05 \text{ ton/m}^2$ , resulta de 2 m, para los edificios estudiados.

### 6.3 ESTADO LIMITE DE FALLA EN CONDICIONES ESTATICAS

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, más el peso de la cimentación afectadas por un factor de carga de 1.4, mediante el cumplimiento de la siguiente desigualdad:

$$QF_c < RF_R$$

Donde:

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.

$F_c$ : Factor de carga, adimensional e igual a 1.4

R: Capacidad de carga de los materiales de apoyo de la cimentación, que es función del tipo de cimentación empleada.

$F_R$ : Factor de resistencia, adimensional e igual a 0.7

#### 6.3.1 CAPACIDAD DE CARGA DE LA CIMENTACION

La capacidad de carga admisible de los materiales que subyacen a la cimentación se determinó considerando que los materiales afectados por la superficie potencial de falla son suelos cohesivos y aplicando el criterio señalado en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño de Cimentaciones, dado por la siguiente expresión:

$$RF_R = (CN_c F_R + P_v) A_i$$

Donde:

$RF_R$ : Capacidad de carga admisible de la losa de fondo del cajón de cimentación, ya afectada por su factor de resistencia correspondiente, en  $\text{ton/m}^2$ .

$C$ : Cohesión del material de apoyo de la cimentación a lo largo de la superficie potencial de falla, en  $\text{ton/m}^2$ .

$F_R$ : Factor de resistencia, adimensional e igual a 0.7

$P_V$ : Presión vertical total a la profundidad de desplante de la cimentación, en  $\text{ton/m}^2$ .

$N_C$ : Coeficiente de capacidad de carga, adimensional y dado por la siguiente expresión:

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

En la cual:

$D_f$ : Profundidad de desplante del cajón de cimentación, en m.

$B$ : Ancho del cajón de cimentación, en m.

$L$ : Largo del cajón de cimentación, en m.

$A_f$ : Área de la losa de fondo del cajón de cimentación, en  $\text{m}^2$ .

Considerando una cohesión media a lo largo de la superficie potencial de falla de  $2.5 \text{ ton/m}^2$  y un peso volumétrico del suelo de  $1.5 \text{ ton/m}^3$ , obtenidos de los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas, se obtuvo una capacidad de carga admisible de los materiales del subsuelo de  $13 \text{ ton/m}^2$ .

Considerando la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad máxima, la desigualdad se satisface con los siguientes valores:

$$QF_C = 5\,446 \text{ ton} < RF_R = 10\,263 \text{ ton}$$

Por lo tanto la cimentación es estable ante el estado límite de falla en condiciones estáticas.

#### 6.4 ESTADO LIMITE DE FALLA EN CONDICIONES DINAMICAS

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 para el Distrito Federal del Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción del Comité de Reconstrucción de Área Metropolitana de la Ciudad de México, 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:

$$W_t F_c - W_c < F_R A_R q \left( 1 - \frac{0.12 F_c a_o b \gamma}{F_R C g} \right)$$

Donde:

$W_t$ : Carga total de la estructura en la condición analizada.

$F_c$ : Factor de carga, adimensional e igual a 1.1

$W_c$ : Peso del suelo desplazado para la construcción del cajón de cimentación, en ton, igual a  $W_c = \gamma D_f A$ .

$F_R$ : Factor de resistencia adimensional e igual a 0.7

$A_R$ : Area reducida de la losa de fondo del cajón de cimentación, para tomar en cuenta el momento de volteo debido a sismo, igual a:

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

Siendo:

$B$ : Ancho de la losa de fondo del cajón de cimentación.

$L$ : Largo de la losa de fondo del cajón de cimentación.

$e$ : Excentricidad dada por:

$$e = \frac{M_s}{W_t}$$

Donde:

$W_t$ : Peso de la estructura en la condición analizada, en ton.

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

$$M_s = 0.8(2/3) H_T W_T (C_g/Q)$$

Siendo:

$H_T$ : Altura total de la estructura, medida a partir del desplante.

$C_g$ : Coeficiente de diseño sísmico, igual a 0.32

$Q$ : Factor de comportamiento sísmico (ductibilidad).

$q_1$ : Capacidad de carga neta del suelo de apoyo de la cimentación, obtenida con la siguiente fórmula:

$$q_1 = CN_c$$

Donde:

$C$ : Cohesión media del suelo a lo largo de la superficie potencial de falla.

$N_c$ : Coeficiente de capacidad de carga.

$a_o$ : Aceleración horizontal máxima del terreno, según el Reglamento de Construcciones, igual a 0.4 g, para estructuras tipo B, afectada por un factor de ductilidad de 3.0  $a_o = 0.4(9.81/3) = 1.308 \text{ m/seg}^2$ , siendo g la aceleración debido a la gravedad.

$b$ : Mínimo de (d, 1.2 h, 20 m)

En la cual:

$d$ : Ancho del área reducido de la losa.

$h$ : Profundidad desde el nivel de desplante del cajón de cimentación hasta la capa dura más próxima.

$\gamma$ : Peso volumétrico medio del suelo al nivel de desplante, hasta una profundidad B, debajo de él.

$c$ : Cohesión media del suelo, desde el nivel de desplante, hasta una profundidad B, abajo de él.

La desigualdad se satisface con los siguientes valores:

$$W_1 F_c - W_c < F_R A_R q_1 \left( 1 - \frac{0.12 F_c a_o b \gamma}{F_R C_g} \right)$$

Para los edificios analizados:

$$1780 \text{ ton} < 6997 \text{ ton}$$

Por lo tanto la cimentación es estable en condiciones dinámicas.

## 6.5 ESTADO LIMITE DE SERVICIO

Los movimientos verticales que sufra la estructura respecto al terreno circundante se deberán a las recuperaciones de las expansiones elásticas producidas durante la construcción de la cimentación y los hundimientos debidos a la consolidación de los depósitos arcillosos, producidos por el incremento de presión neta transmitida al subsuelo, por ser una cimentación parcialmente compensada.

### 6.5.1 EXPANSIONES ELASTICAS

Para la evaluación de las expansiones elásticas máximas que ocurrirán al efectuar la excavación necesaria para alojar al cajón de cimentación, se empleó el criterio de Steinbrenner y los módulos de elasticidad obtenidos de correlacionar las propiedades índice 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:

$$H_D = \frac{qB}{E} \left[ (1-u^2)F_1 + (1-u-2u^2)F_2 \right]$$

Donde:

q: Descarga uniformemente repartida superficialmente, provocada con la excavación, en ton/m<sup>2</sup>.

B: Ancho del área descargada, en m.

F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>: 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/m<sup>2</sup>.
- u: Relación de Poisson, adimensional.

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

$$H = H_{D1} (E_1, u_1) + (H_{D2} (E_2, u_2) - H_{D1} (E_2, u_2)) + \dots + (H_{Dn} (E_n, u_n) - (E_n, u_n))$$

Los módulos de elasticidad y relación de Poisson considerados se enlistan a continuación:

Profundidad (m)	Módulo de elasticidad (ton/m <sup>2</sup> )	Relación de Poisson
2.00 a 5.00	650	0.5
5.00 a 10.00	550	0.5
10.00 a 20.00	3000	0.5

Se obtuvo que excavando toda el área que ocupará el cajón de cimentación, se tendrán las expansiones al centro de 2.2 cm y en la esquina de 0.5 cm, las cuales resultan admisibles.

Posteriormente al construir las estructuras de interés, las cargas aplicadas por ellas provocarán la recuperación elástica de los materiales del subsuelo, con una magnitud igual a las expansiones debidas a la descarga por la excavación que aloja al cajón de cimentación.

## 6.5.2 ASENTAMIENTOS DIFERIDOS

Se estimaron los asentamientos a largo plazo que sufrirá la cimentación considerando que transmitirá un incremento de presión neta a los materiales del subsuelo de 1.25 ton/m<sup>2</sup>, actuando a partir del nivel de desplante de la cimentación y obtenido de restar a la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad media, incluyendo el peso propio de la cimentación, la descarga por la excavación necesaria para alojar el cajón de cimentación.

Los asentamientos se calcularon empleando un programa de computadora, el cual determina la distribución de esfuerzos en el subsuelo debidos al incremento de esfuerzos considerando la presión neta, según la teoría de Boussinesq y en base a éstos, los asentamientos tomando en cuenta las presiones efectivas actuales del subsuelo y las curvas de compresibilidad de los estratos arcillosos afectados por la sobrecarga aplicada.

Se obtuvieron los asentamientos para varios puntos considerando la estructura flexible, cuyos resultados se presentan en el listado de computadora del anexo I, y en la figura 61, observándose que resultan admisibles los movimientos verticales tanto los totales como los diferenciales.

A los asentamientos antes mencionados deberán de sumarse los asentamientos por recuperación elástica de los materiales del subsuelo por efecto de la descarga producida por la excavación para alojar el cajón de cimentación.

Los análisis efectuados corresponden a estructuras de cinco niveles, con elementos estructurales convencionales, con cimentación constituida por cajón de cimentación con área ampliada respecto a la cubierta por los edificios, (ver figura 60) desplantado a 2 m de profundidad, respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno, que en esas condiciones aplican una presión neta de  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , para los que se satisface el estado límite de falla y el estado límite de servicio.

Si las estructuras corresponden a edificios de cinco niveles construidos con elementos estructurales aligerados, su cimentación podrá realizarse mediante cajones de cimentación con área ampliada respecto a la cubierta por los edificios, desplantados a 1.70 m de profundidad, respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno, que en esas condiciones aplicarán una presión neta de  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , para los que se satisface el estado límite de falla y el estado límite de servicio.

Para estructuras constituidas por edificios de cuatro niveles con elementos estructurales convencionales, su cimentación podrá realizarse mediante cajones de cimentación con área ampliada respecto a la cubierta por los edificios, desplantados a 1.60 m de profundidad, respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno, que en esas condiciones aplicarán una presión neta de  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , para los que se satisface el estado límite de falla y el estado límite de servicio como se observa en la figura 45.

Si las estructuras corresponden a edificios de cuatro niveles con elementos estructurales aligerados, podrán cimentarse mediante cajones de cimentación con área en planta ampliada respecto a la cubierta por los edificios (ver figura 60), desplantados a 1.40 m de profundidad, respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno, que en esas condiciones aplicarán una presión neta de  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , para los que se satisface el estado límite de falla y el estado límite de servicio.

Para estructuras de cuatro niveles construidas con elementos estructurales convencionales o aligerados, una cimentación mediante losas de cimentación con las características antes descritas, aplicarían una presión neta de  $3.1$  y  $2.7 \text{ ton/m}^2$ , respectivamente, en esas condiciones se satisface el estado límite de falla, pero no satisfacen el estado límite de servicio, debido a que provocarán deformaciones por

consolidación de los depósitos arcillosos del subsuelo, que darán lugar a asentamientos totales y diferenciales mayores a los admisibles.

Para estructuras de cinco niveles construidas con elementos estructurales aligerados, una cimentación mediante losas de cimentación con las características antes descritas, aplicaría una presión neta de  $3.25 \text{ ton/m}^2$ , en esas condiciones se satisface el estado límite de falla, pero no satisfacen el estado límite de servicio, debido a que provocarán deformaciones por consolidación de los depósitos arcillosos del subsuelo, que darán lugar a asentamientos totales y diferenciales mayores a los admisibles.

## 6.6 EMPUJES SOBRE LOS MUROS PERIMETRALES DEL CAJON DE CIMENTACION.

Tomando en cuenta las características estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo, así como las del proyecto, la determinación de los empujes a largo plazo sobre los muros perimetrales del cajón de cimentación se realizó siguiendo las recomendaciones establecidas en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, bajo la condición de empuje de suelo en reposo y considerando los siguientes efectos:

- La presión que ejerce la masa de suelo en condiciones de reposo, obtenida como el producto acumulado del peso volumétrico total para profundidades sobre el nivel freático y bajo este, el peso volumétrico sumergido, por los espesores en los que se considera el mismo valor, afectados por el coeficiente de presión de tierras en reposo.
- La acción de una sobrecarga uniformemente repartida, actuando en un área contigua al muro, obteniéndose los esfuerzos inducidos bajo un punto en la parte media lateral del área, afectada por el coeficiente de presión de tierras en reposo.
- Para tomar en cuenta las solicitaciones sísmicas, se determinó una componente horizontal expresada como el producto del peso de la masa de suelo potencialmente deslizante por un coeficiente sísmico de 0.32 (Zona de Transición).

Una vez calculados los valores de los tres efectos, se superpusieron obteniéndose la envolvente de empujes horizontales totales que deberán ser considerados en el diseño o revisión de los muros. En la figura G2 se muestran los valores obtenidos en forma gráfica, los que deberán ser considerados en el diseño o revisión de los muros perimetrales.

## 6.7 FALLA DE FONDO

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

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

Donde:

$P_v$ : Presión vertical total actuando en el suelo a la profundidad de excavación, en  $\text{ton/m}^2$ .

$F_c$ : Factor de carga adimensional e igual a 1.4

$q$ : Sobrecarga superficial, igual a  $2.0 \text{ ton/m}^2$ .

$F'_c$ : Factor de carga, adimensional e igual a 1.0

$c$ : Cohesión del material que subyace a la excavación.

$N_c$ : Coeficiente de capacidad de carga.

$F_R$ : Factor de resistencia, igual a 0.7

Para una excavación a 2 m de profundidad, resulta lo siguiente:

$$6.62 \text{ ton/m}^2 < 11.45 \text{ ton/m}^2$$

Debido a que se satisface la desigualdad no se presentará la falla de fondo de la excavación.

## 6.8 ESTABILIDAD DE TALUDES

Para verificar que las paredes de la excavación sean estables, se hizo mediante el cumplimiento de la desigualdad<sup>1</sup>.

$$F_c \gamma H + q < U_q N_o c F_R$$

Donde:

$F_c$ : Factor de carga, igual a 1.4

$\gamma$ : Peso volumétrico del material

H: Altura máxima de la excavación

q: Sobrecarga igual a  $2.0 \text{ ton/m}^2$ .

$U_q$ : Factor de reducción debido a la sobrecarga que depende de la relación  $q/\gamma H$ , igual a 0.775

$N_o$ : Número de estabilidad que depende del ángulo del talud, igual a 3.83

c: Cohesión más baja en la altura de la excavación, igual a  $4 \text{ ton/m}^2$ .

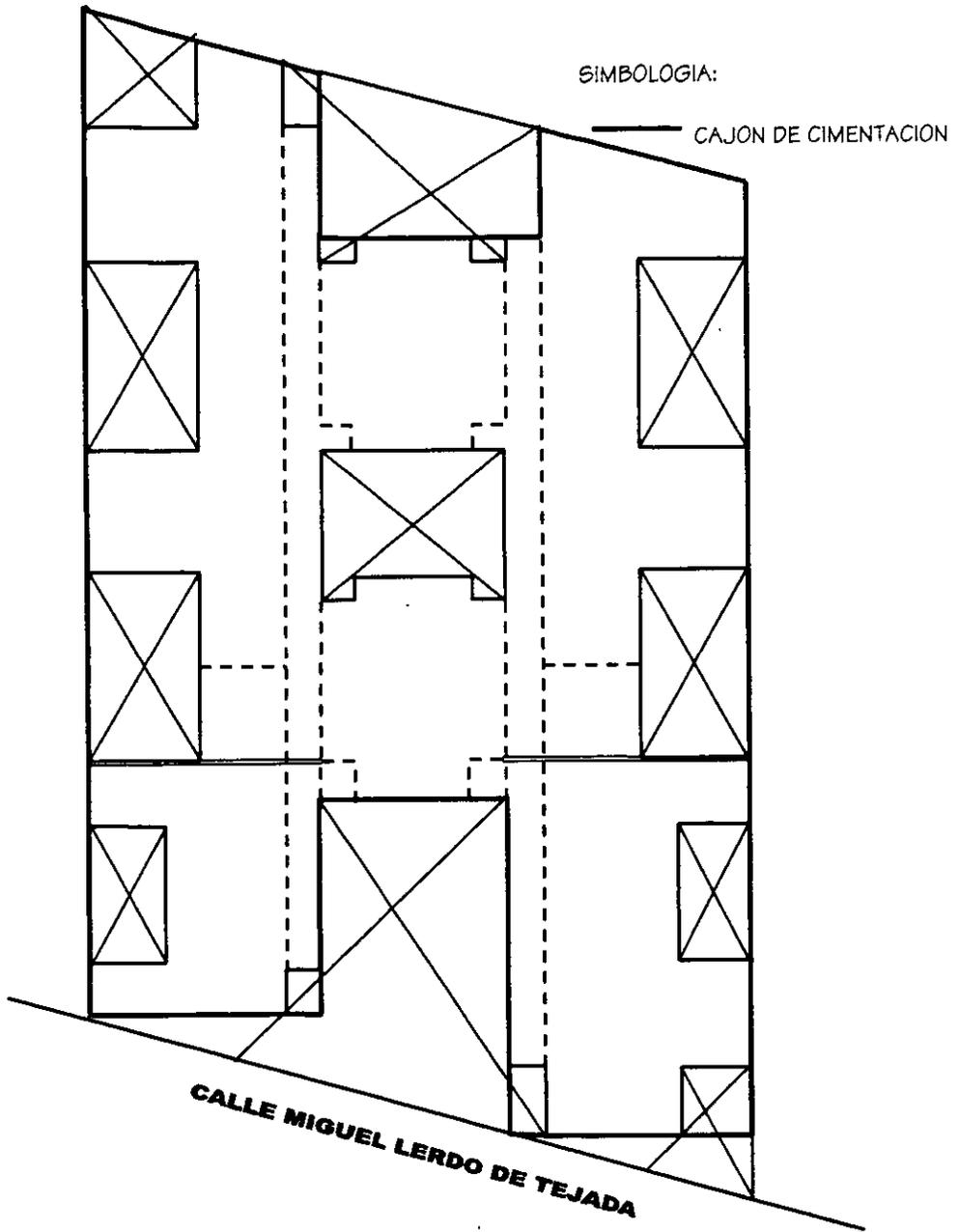
$F_R$ : Factor de reducción de resistencia, igual a 0.8

Considerando taludes verticales se tiene:

$$6.62 \text{ ton/m}^2 < 7.43 \text{ ton/m}^2$$

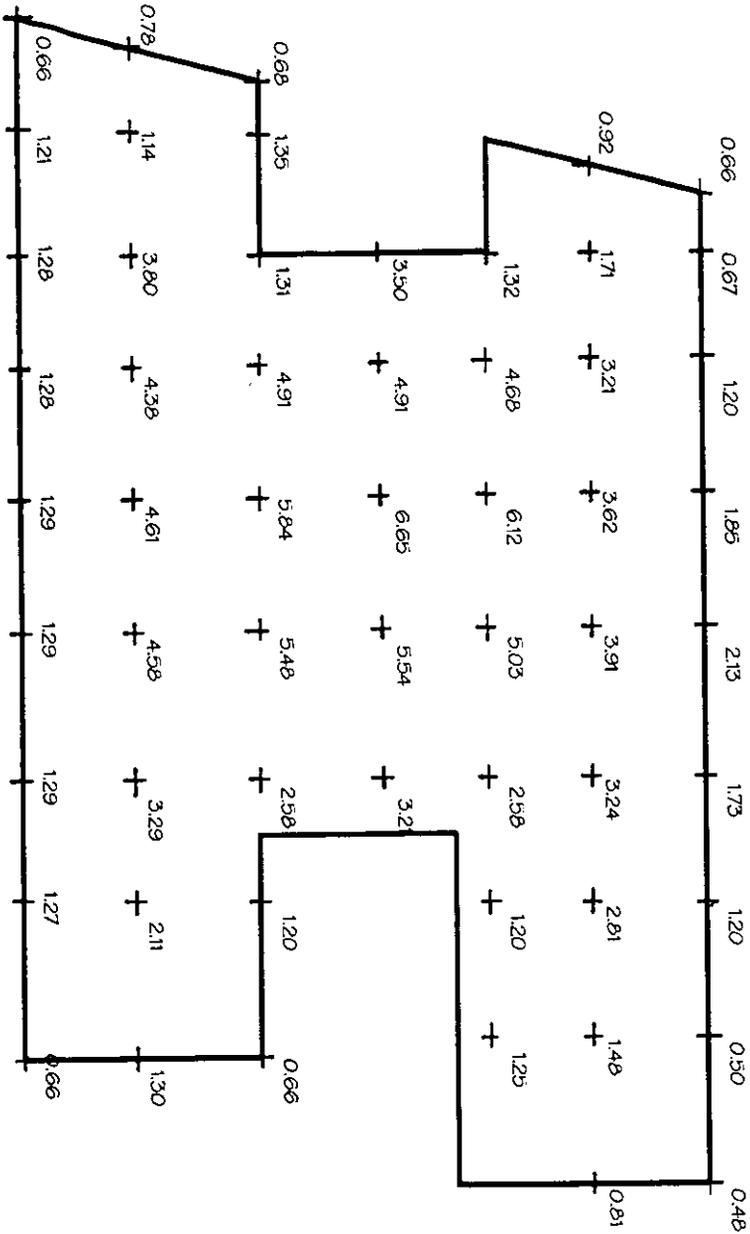
Por lo tanto la excavación que alojará el cajón de cimentación se podrá efectuar dejando taludes verticales.

<sup>1</sup> Jambu, N. "Stability Analysis of Slopes With Dimensionless Parameters" Prentice Hall, Harvard University Cambridge, Mass. Harvard series No. 46 (1959).



CONFIGURACION DE CAJON DE CIMENTACION

FIGURA No. 60

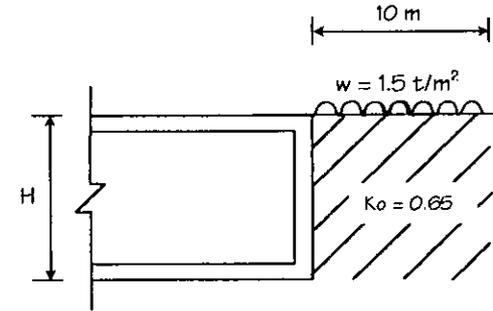
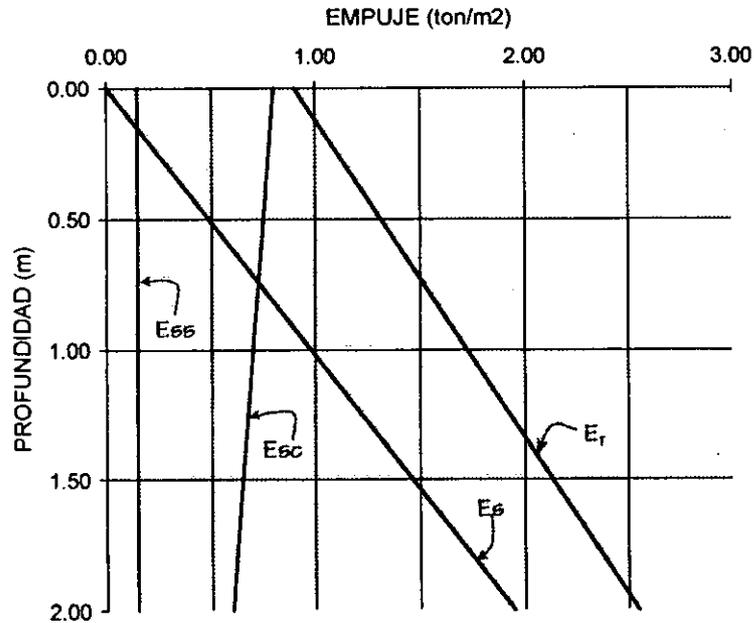


NOTA:  
COTAS EN CENTIMETROS

ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION

FIGURA No 61

**EMPUJE SOBRE MUROS PERIMETRALES DEL CAJON DE CIMENTACION**



**CONDICION ANALIZADA**

- $E_s$ : EMPUJE DEBIDO AL SUELO
- $E_{s_s}$ : EMPUJE DEBIDO AL SISMO
- $E_{s_c}$ : EMPUJE DEBIDO A SOBRECARGA
- $E_t$ : EMPUJE TOTAL

FIGURA No. 62

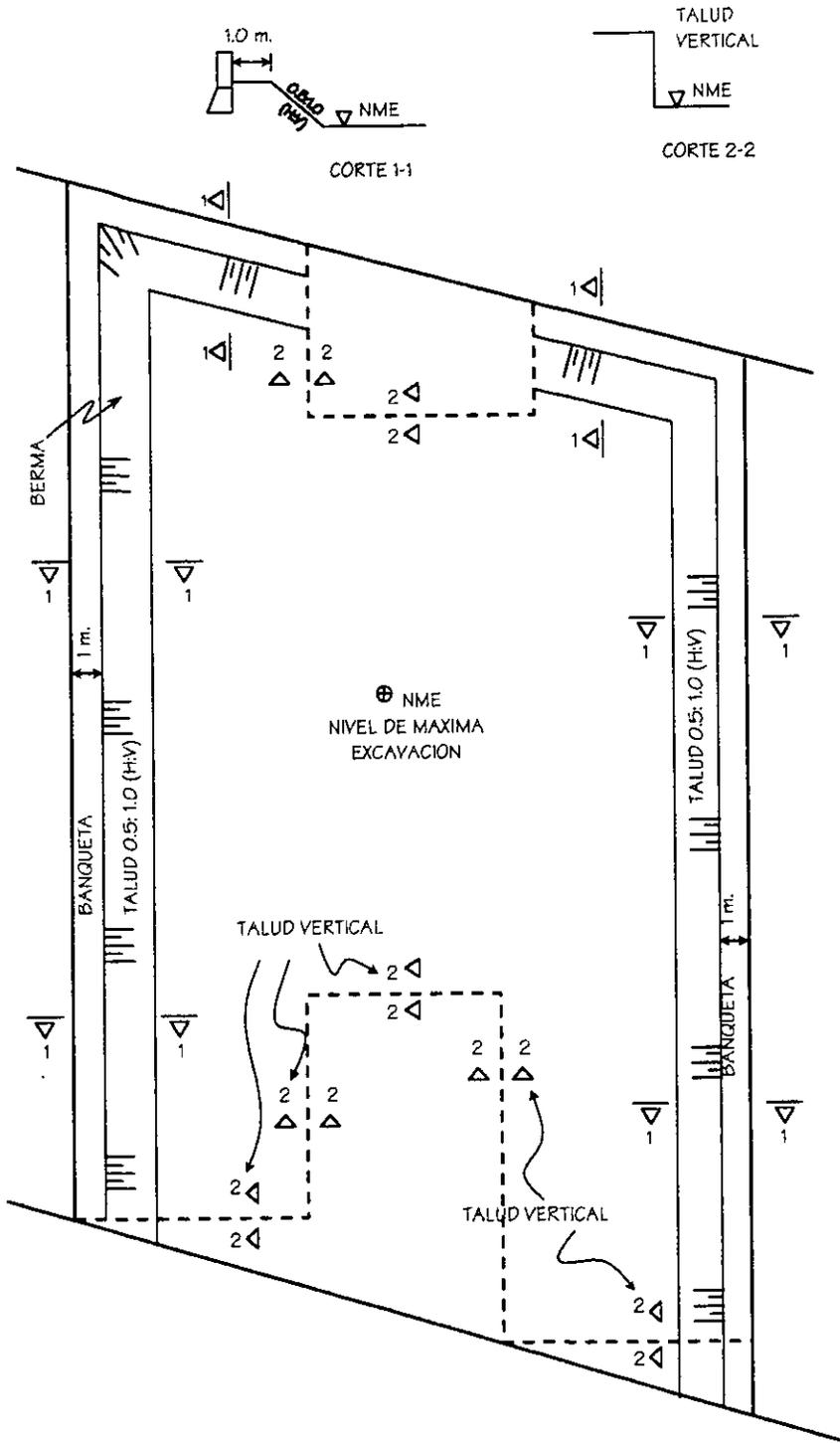
# PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

## 7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

---

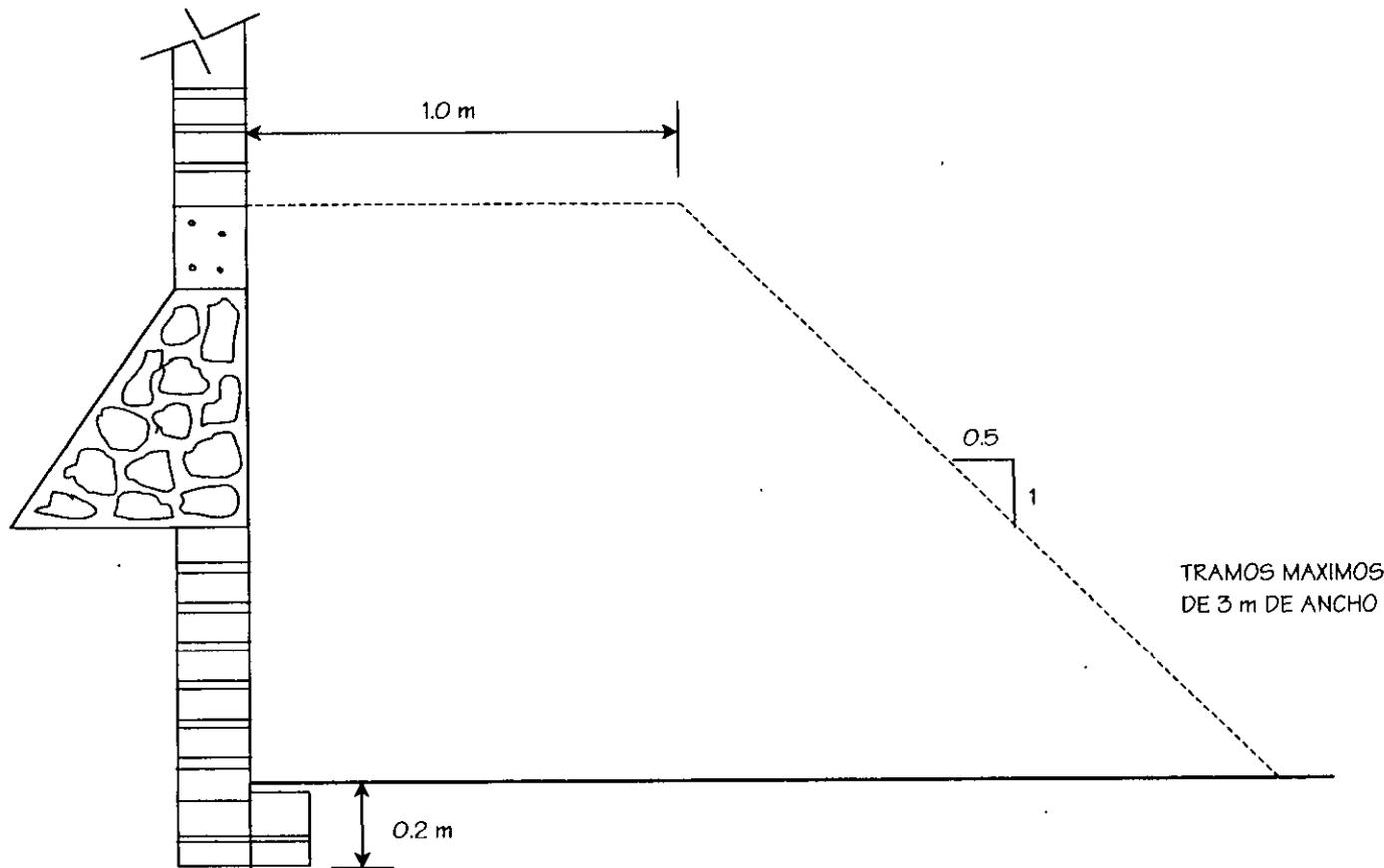
A continuación se indica el procedimiento constructivo de la excavación necesaria para alojar los cajones de cimentación.

- a) La excavación se podrá realizar en una sola etapa en toda el área cubierta por el cajón de cimentación de los edificios, hasta la profundidad de desplante, de 2.0 m respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno.
- b) La excavación se realizará dejando una berma con una banqueteta de 1.0 m de ancho y taludes de 0.5 : 1 (horizontal : vertical), en la colindancia con las estructuras vecinas, como se indica en la figura G3, en los lados de la excavación que no colindarán con estructuras se excavará a talud vertical, protegiendo los materiales expuestos mediante un repellado de mortero de cemento, aplicado sobre una malla tipo gallinero anclada al talud mediante varillas de 3/8" y 30 cm de longitud.
- c) La excavación se podrá efectuar con retroexcavadora, operando desde una plataforma inicialmente excavada a 0.6 m de profundidad, debiendo llevarse como máximo a 2.0 m arriba del nivel de máxima excavación, este último tramo se excavará con herramienta manual, pico y pala, para evitar el remoldeo del material de apoyo de la cimentación.
- d) La excavación no deberá permanecer abierta más de una semana sin que inicie la construcción de la cimentación, por lo que deberá preverse tener todo lo necesario para el inicio de la construcción de inmediato al termino de la excavación.
- e) En el lado colindante con estructuras vecinas se retirará el talud en tramos alternados de 3 m de ancho, recibiendo la cimentación de la estructura vecina, con un murete de 0.2 m de espesor, como se indica en la figura G4, una vez construido el murete que recibe la cimentación se procede de la misma manera con los tramos restantes. A continuación se debe iniciar de inmediato la construcción de la losa de cimentación y los muros perimetrales del cajón de cimentación. Se recomienda que previo a la recimentación se le de un tratamiento a la cimentación de la colindancia que puede ser un junteo con concreto entre la mampostera existente, ya que actualmente se encuentra deteriorada por intemperismo.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE EXCAVACION

FIGURA No. 63



RECIMENTACION DE LAS COLINDANCIAS

FIGURA No. 64

**CONCLUSIONES**  
**Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

Para determinar el tipo de cimentación más adecuado para los edificios que constituirán el Conjunto Habitacional que se proyecta construir en el predio ubicado en la calle Miguel Lerdo de Tejada No. 187 y 195, Colonia Ampliación Petrolera Barrio Santo Domingo, Delegación Azcapotzalco, D.F., se realizó un estudio de mecánica de suelos, consistente en:

- exploración y muestreo de los materiales del subsuelo, a través de cuatro pozos a cielo abierto y un sondeo mixto realizado a 17 m de profundidad, el cual se constituyó por muestras alteradas (muestreador shelby) y muestras inalteradas (penetrómetro estándar).
- pruebas de laboratorio para conocer las características físicas y mecánicas del subsuelo, como son: clasificación visual y al tacto de acuerdo al SUCS, contenido natural de agua, límites de consistencia, granulometría, densidad de sólidos, pruebas de compresión axial no confinada y compresión triaxial no consolidada-no drenada (pruebas UU) y pruebas de consolidación estándar.
- un análisis detallado de los resultados obtenidos en laboratorio, con lo cual, una vez que ya se conocían los datos de la superestructura se procedió a calcular el tipo de cimentación más conveniente para los edificios del conjunto habitacional, llegando a las siguientes conclusiones.

El predio de interés se localiza en la parte noroeste de la Ciudad de México, dentro de la denominada zona de Transición Alta, caracterizada entre la superficie y 5.5 m de profundidad por la presencia de un depósito arcilloso, el cual se encuentra preconsolidado por desecación con un esfuerzo de preconsolidación mayor a 8 ton/m<sup>2</sup> en su parte inferior; y entre 5.5 y 10 m de profundidad por un depósito de arcilla lacustre subyacente por depósitos resistentes característicos de la Formación Tarango, en donde se tiene una diferencia entre los esfuerzos efectivos actuales de la estructura de los depósitos arcillosos y el esfuerzo de preconsolidación, variable entre 2 y 1 ton/m<sup>2</sup>, decreciéndose con la profundidad. El nivel freático se encontró a 2.80 m de profundidad con respecto al nivel actual de la superficie del terreno.

Considerando las características arquitectónicas y estructurales de los edificios proyectados y las características estratigráficas y físicas del subsuelo, en particular la existencia de depósitos arcillosos de alta compresibilidad y baja resistencia con espesor del orden de 10 m, que presenta un esfuerzo de preconsolidación variable entre 2.0 ton/m<sup>2</sup> mayor al esfuerzo efectivo actual del subsuelo entre 5.5 y 7.0 m de profundidad y de 1 ton/m<sup>2</sup> mayor al esfuerzo efectivo actual del subsuelo entre 7.0 y 8.5 m de profundidad, se estableció que el tipo de cimentación más adecuado para los edificios

proyectados será un cajón de concreto armado con un área ampliada, respecto a la cubierta por los edificios, desplantado a 2.0 m de profundidad, con respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno.

La determinación de la profundidad de desplante de la cimentación se hizo satisfaciendo que la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad media más el peso propio de la cimentación diera lugar a una presión neta aplicada por la losa de fondo del cajón de cimentación, que transmita al subsuelo esfuerzos tales que para cualquier profundidad la suma del esfuerzo efectivo más el incremento de esfuerzo sea menor al esfuerzo de preconsolidación del depósito arcilloso, a la profundidad correspondiente, verificando que en esas condiciones se produzcan asentamientos admisibles tanto totales como diferenciales

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, más el peso de la cimentación afectadas por un factor de carga de 1.4

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 para el Distrito Federal del Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción del Comité de Reconstrucción de Área Metropolitana de la Ciudad de México, 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

Los movimientos verticales que sufra la estructura respecto al terreno circundante se deberán a las recuperaciones de las expansiones elásticas producidas durante la construcción de la cimentación y los hundimientos debidos a la consolidación de los depósitos arcillosos, producidos por el incremento de presión neta transmitida al subsuelo, por ser una cimentación parcialmente compensada.

Para la evaluación de las expansiones elásticas máximas que ocurrirán al efectuar la excavación necesaria para alojar al cajón de cimentación, se empleó el criterio de Steinbrenner y los módulos de elasticidad obtenidos de correlacionar las propiedades índice de los materiales de interés con las de otros semejantes en los que se han determinado los módulos elásticos por métodos geosísmicos.

Se estimaron los asentamientos a largo plazo que sufrirá la cimentación considerando que transmitirá un incremento de presión neta a los materiales del subsuelo de  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , actuando a partir del nivel de desplante de la cimentación y obtenido de restar a la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con

intensidad media, incluyendo el peso propio de la cimentación, la descarga por la excavación necesaria para alojar el cajón de cimentación. A estos asentamientos deberán de sumarse los asentamientos por recuperación elástica de los materiales del subsuelo por efecto de la descarga producida por la excavación para alojar el cajón de cimentación.

Los análisis efectuados corresponden a estructuras de cinco niveles, con elementos estructurales convencionales, con cimentación constituida por cajón de cimentación con área ampliada respecto a la cubierta por los edificios, desplantado a 2.0 m de profundidad, respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno, que en esas condiciones aplicarán una presión neta de  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , para los que se satisface el estado límite de falla y el estado límite de servicio.

Si las estructuras corresponden a edificios de cinco niveles construidos con elementos estructurales aligerados, su cimentación podrá realizarse mediante cajones de cimentación con área ampliada respecto a la cubierta por los edificios, desplantados a 1.70 m de profundidad, respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno, que en esas condiciones aplicarán una presión neta de  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , para los que se satisface el estado límite de falla y el estado límite de servicio.

Para estructuras constituidas por edificios de cuatro niveles con elementos estructurales convencionales, su cimentación podrá realizarse mediante cajones de cimentación con área ampliada respecto a la cubierta por los edificios, desplantados a 1.60 m de profundidad, respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno, que en esas condiciones aplicarán una presión neta de  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , para los que se satisface el estado límite de falla y el estado límite de servicio.

Si las estructuras corresponden a edificios de cuatro niveles con elementos estructurales aligerados, podrán cimentarse mediante cajón de cimentación, con área en planta ampliada respecto a la cubierta por los edificios, desplantados a 1.40 m de profundidad, respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno, que en esas condiciones aplicarán una presión neta de  $1.25 \text{ ton/m}^2$ , para los que se satisface el estado límite de falla y el estado límite de servicio.

Para estructuras de cuatro niveles construidas con elementos estructurales convencionales o aligerados, una cimentación mediante losas de cimentación con las características antes descritas, aplicaría una presión neta de 3.1 y  $2.7 \text{ ton/m}^2$ , respectivamente, en esas condiciones se satisface el estado límite de falla, pero no satisfacen el estado límite de servicio, debido a que provocarán deformaciones por consolidación de los depósitos arcillosos del subsuelo, que darán lugar a asentamientos totales y diferenciales mayores a los admisibles.

Para estructuras de cinco niveles construidas con elementos estructurales aligerados, una cimentación mediante losas de cimentación con las características antes

descritas, aplicarían una presión neta de  $3.25 \text{ ton/m}^2$ , en esas condiciones se satisface el estado límite de falla, pero no satisfacen el estado límite de servicio, debido a que provocarán deformaciones por consolidación de los depósitos arcillosos del subsuelo, que darán lugar a asentamientos totales y diferenciales mayores a los admisibles.

El procedimiento constructivo para la cimentación recomendada consiste en realizar la excavación en una sola etapa en toda el área cubierta por el cajón de cimentación de los edificios, hasta la profundidad de desplante. Dicha excavación se realizará dejando una berma con una banqueteta de 1.0 m de ancho y taludes de 0.5 : 1 en la colindancia con las estructuras vecinas, en los lados de la excavación que no colindarán con estructuras se excavará a talud vertical. Debido a que el nivel freático se encontró a 2.80 m de profundidad, no se tendrá ningún problema para realizar la excavación en condiciones favorables ya que el nivel de desplante del cajón de cimentación es de 2.00 m de profundidad con respecto al nivel medio de la superficie actual del terreno; en los casos en que el nivel de aguas freáticas se encuentra a una profundidad menor que la profundidad de desplante de la cimentación, se deberá utilizar un sistema de bombeo. La excavación no deberá permanecer abierta más de una semana sin que inicie la construcción de la cimentación, finalmente se deberá realizar la recimentación de las estructuras colindantes como se indicó de forma mas detallada en el capítulo 7 de este trabajo.

Para conocer el comportamiento de la estructura, el Reglamento de Construcción especifica que deberán instalarse referencias de nivelación para conocer los movimientos verticales que se produzcan desde el inicio de la obra. Se correrán nivelaciones semanales durante la construcción de la cimentación y terminada ésta, las referencias se fijarán en columnas o muros y las nivelaciones se realizarán mensualmente hasta terminar la construcción de la superestructura. Finalmente estas nivelaciones se continuarán en forma semestral por un periodo mínimo de cinco años.

Las nivelaciones deberán referirse a un banco de nivel superficial instalado fuera de la influencia de las áreas cargadas y deberán ser interpretadas por un especialista.

# ANEXO I

LIST

```

5   CLS
10  SCREEN 1
15  PRINT "-----"
20  PRINT TAB (5) "M E C A N I C A   D E   S U E L O S":FOR I=1 TO 5 : PRINT: NEXT I
25  PRINT TAB (13) "PROGRAMA SUELOS I":FOR I=1 TO 5 : PRINT: NEXT I
30  PRINT "DISTRIBUCION DE ESFUERZOS Y CALCULO DE "
35  PRINT "ASENTAMIENTOS EN AREAS RECTANGULARES "
40  PRINT "      CARGADAS UNIFORMEMENTE "
45  FOR I=1 TO 4:PRINT:NEXT I: PRINT "-----"
50  FOR I=1 TO 4000:NEXT I
55  SCREEN 2
60  SCREEN 0
65  CLS
70  PRINT TAB (25) "CAPTURA DE DATOS"
75  PRINT TAB (23) "-----"
80  FOR I=1 TO 5:PRINT :NEXT I
85  PRINT TAB (15) "NUMERO DE ESTRATOS"           NE="":INPUT A
90  IF A>25 THEN GOTO 65
95  FOR I=1 TO 3:PRINT :NEXT I
100 PRINT TAB (15) "NUMERO DE CONDICIONES DE CARGA"       NAC="":INPUT B
105 FOR I=1 TO 3:PRINT :NEXT I
110 PRINT TAB (15) "DESEA IMPRESION DE ESFUERZOS SI (1) NO (2) S/N=":INPUT C
115 DIM EO(A), PO(A), CS(A), CC(A), HF(A), PM(A), D(B)
116 DIM X(80), Y(80), W(20)
117 DIM XP(40), YP(40), LO(45), AN(45), TX(45), TY(45), PX(45),PY(45), JE(45), K(45)
120 FOR I=1 TO 1000: NEXT I
125 CLS
130 FOR J=1 TO A
135 PRINT TAB (15) "CARACTERISTICAS DEL SUBSUELO"
140 PRINT "-----"
145 FOR I=1 TO 4:PRINT:NEXT I
150 PRINT "E S T R A T O":J
155 PRINT:PRINT
160 PRINT TAB (20) "EO=": INPUT EO (J) : PRINT
165 PRINT TAB (20) "PO=": INPUT PO (J) : PRINT
170 PRINT TAB (20) "PC=": INPUT PC (J) : PRINT
175 PRINT TAB (20) "CS=": INPUT CS (J) : PRINT
180 PRINT TAB (20) "CC=": INPUT CC (J) : PRINT
185 PRINT TAB (20) "H=": INPUT HF (J) : PRINT
190 PRINT TAB (20) "PM=": INPUT PM (J) : PRINT
195 FOR I=1 TO 1000: NEXT I
200 CLS:NEXT J
205 CLS
206 Q=0:L=0:O=0
210 FOR K=1 TO B
215 PRINT "CARACTERISTICAS DE LAS CONDICIONES DE CARGA"
220 PRINT "-----"
225 FOR I=1 TO 4:PRINT:NEXT I
230 PRINT "CONDICION DE CARGA":K
235 PRINT:PRINT
240 PRINT TAB (19) "NUMERO DE AREAS NA=":INPUT D(K):PRINT
245 L=L+D(K)*4
250 CLS

```

```

255 NEXT K
275 FOR J=1 TO D(K)
280 PRINT "CONDICION DE CARGA";K;TAB(70) "AREA";J
285 PRINT "-----"
290 PRINT:PRINT:PRINT
295 PRINT TAB(30) "COORDENADAS (X , Y)"
300 FOR I=1 TO 4
305 PRINT
310 PRINT TAB (38) "X=";INPUT X(Q+I): PRINT TAB (38) "V=";INPUT Y(Q+I)
315 NEXT I
320 Q=Q+4
325 PRINT:PRINT TAB(50) "CARGA W=";INPUT W(Q+J)
330 CLS
335 NEXT J
340 Q=Q+D(K)
345 CLS
350 NEXT K
355 CLS
360 PRINT "COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE INTERES"
365 PRINT "-----"
370 PRINT:PRINT:PRINT
375 PRINT TAB (23) "NUMERO DE PUNTOS DE INTERES NPI=";INPUT R
385 PRINT:PRINT TAB(30) "COORDENADAS (X ,Y)"
390 FOR I=1 TO R
395 PRINT
400 PRINT TAB (38) "X=";INPUT XP(I):PRINT TAB (38) "Y=";INPUT YP(I)
405 NEXT I
410 CLS
415 FOR I=1 TO 10:PRINT:NEXT I
420 PRINT TAB(15) "PROFUNDIDAD DE DESPLANTE DF=";INPUT DF
425 CLS
430 COLOR 31,0,14
435 FOR I=1 TO 12;PRINT:NEXT I:PRINT TAB(15) "RECUERDA QUE TRABAJO CON LOS DATOS
QUE TU ME DAS"
440 REM "----- COMENZAMOS A CALCULAR LOS ESFUERZOS-----"
445 FOR F=1 TO B
450 FOR G=1 TO R:T=5
455 N=D(F)
460 FOR H=1 TO A
461 E=0
465 FOR I=1 TO N
470 LO(I)=ABS(X(E+1)-X(E+2)):AN(I)=ABS(Y(E+2)-Y(E+3))
475 IF X(E+1) >= XP (G) THEN TX (I)=ABS(X(E+2)-XP (G)): GOTO 485
480 TX (I)=ABS(X(E+1)-XP(G))
485 IF Y(E+1) >= YP (G) THEN TY (I)=ABS(Y(E+4)-YP (G)): GOTO 495
490 TY (I)=ABS(Y(E+1)-YP(G))
495 PX (I)=ABS(LO(I)-TX(I)): PY(I)=ABS(AN(I)-TY(I))
500 U=PM(H)-DF
505 V=TX(I): Z=TY(I): M=1: GOSUB 2000
510 V=TP(I): Z=TY(I): M=2: GOSUB 2000
515 V=TX(I): Z=PY(I): M=3: GOSUB 2000
520 V=PX(I): Z=PY(I): M=4: GOSUB 2000

```

```

525 IF TX(I) > LB(I) GOTO 535 ELSE
530 GOTO 545

535 IF TY(I) > AN(I) THEN ES=OA-OB-OC+OE GOTO 555
540 ES=OA-OB+OC-OE GOTO 555
545 IF TY(I) > AN(I) THEN ES=OA+OB-OC-OE GOTO 555
550 ES=OA+OB+OC-OE
555 JE(H)=JE(H)+ES*W(I)
556 E=E+4
560 NEXT I
580 K(H)= ((CS(H)*HF(H))/(1+E0(H)))*(0.434294*LOG((PO(H) + ABS(JE(H)))/PO(H)))
582 IF JE(H) < 0 THEN K(H)*(-1) GOTO 585
585 GOTO 606
590 Q=PO(H)+JE(H)-PC(H)
600 K(H)= ((CS(H)*HF(H))/(1+E0(H)))*(0.434294*LOG((PC(H)/PO(H)))
605 K(H)=K(H)+ ((CC(H)*HF(H))/(1+E0(H)))*(0.434294*LOG((PC(H)+Q)/PC(H)))
606 AZ=AZ+K(H)
610 REM *VAMOS DE SALIDA-----*
615 IF T=5 THEN GOSUB 1000
620 LPRINT TAB(3);H;;LPRINT TAB(13) USING "###.##";PM(H);LPRINT TAB(25) USING "###.##";
E0(H);LPRINT TAB(36) USING "###.##";P0(H);LPRINT TAB (47) USING "###.##";PC(H);
LPRINT TAB(59) USING "#.###";JE(H);LPRINT TAB (70) USING "#.###";K(H)
624 JE(H)=0
625 NEXT H
626 LPRINT TAB (68) "-----"
627 LPRINT TAB (70) USING "#.#####" ;AZ
628 LPRINT TAB (68) "-----"
629 AZ=0
630 LPRINT:LPRINT
635 NEXT G
640
650 FOR I=1 TO 4: LPRINT:NEXT I
660 SCREEN 2
665 SCREEN 0
670 CLS
671 PRINT *DESEAS CAMBIAR LAS CARGAS SI(1) NO(2) 1/2=*;INPUT ZR
672 IF ZR=2 GOTO 677
673 FOR I=1 TO L/4
674 INPUT *W-*;W(I)
675 NEXT I
676 GOTO 425
677 PRINT *DESEAS CAMBIAR LAS AREAS SI(1) NO(2) 1/2=*;INPUT ZX
678 IF ZX=2 GOTO 680
679 GOTO 205
680 END
1000 LPRINT"-----*
1005 LPRINT TAB(10) *RESULTADOS DEL CALCULO DE ASENTAMIENTOS* TAB(59) *PUNTO* ;G
1010 LPRINT"-----*
1015 LPRINT:LPRINT
1020 LPRINT *ESTRATO* TAB(11) *PROFUNDIDAD* TAB(25) * Eo * TAB(36) * Po * TAB(47)
* Pc * TAB(58) *ESFUERZO* TAB(68) *ASENTAMIENTO*
1025 LPRINT TAB(4) *No* TAB (12) * (m) * TAB(25) * (AD) * TAB(35) *(Ton/m2)*
TAB(46) *(Ton/m2)* TAB(58) *(Ton/m2)* TAB(68) * (m) *

```

```
1030 T=0
1035 RETURN
2000 REM *SUBROUTINA PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS*
2001 SB=2*V*Z*U*(V^2+Z^2+U^2)^0.5

2002 SC=SB/(U^2*(V^2+Z^2+U^2)+V^2*Z^2)
2003 SD=SC*((V^2+Z^2+U^2)/(V^2+Z^2+U^2))
2004 SE=SB/(U^2*(V^2+Z^2+U^2)-V^2*Z^2)
2005 SE=ATN(SE)
2006 IF SE>=0 GOTO 2008 ELSE
2007 SE = SE+3.1416
2008 SF = (1/4*3.1416)*(SE+SD)
2009 IF M=1 THEN QA=SF: GOTO 2013
2010 IF M=2 THEN QB=SF: GOTO 2013
2011 IF M=3 THEN QC=SF: GOTO 2013
2012 DE=SF
2013 RETURN
OK
```

## RESULTADOS DEL CALCULO DE ASENTAMIENTOS

### PUNTO 1

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.374	0.00203
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.363	0.00362
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.349	0.00100
						0.00665

### PUNTO 2

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.006	0.00001
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.739	0.00388
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.672	0.00652
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.608	0.00170
						0.01211

### PUNTO 3

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.747	0.00392
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.723	0.00700
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.689	0.00192
						0.01284

### PUNTO 4

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.748	0.00392
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.733	0.00709
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.710	0.00197
						0.01298

## PUNTO 5

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.002	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.747	0.00391
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.716	0.00693
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.674	0.00188
						0.01272

## PUNTO 6

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.320	0.00050
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.068	0.00025
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.420	0.00227
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.382	0.00380
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.361	0.00103
						0.00785

## PUNTO 7

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.012	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.730	0.00383
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.622	0.00606
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.538	0.00151
						0.01142

## PUNTO 8

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.031	0.00006
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.449	0.00715
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.172	0.02816
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.965	0.00263
						0.03800

## PUNTO 9

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.018	0.00003
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.470	0.00724
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.290	0.04071
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.131	0.00683
						0.05481

## PUNTO 10

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.016	0.00003
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.474	0.00725
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.313	0.04314
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.171	0.00807
						0.05849

## PUNTO 11

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.025	0.00005
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.459	0.00719
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.231	0.03442
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.047	0.00422
						0.04588

## PUNTO 12

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.651	0.00088
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.136	0.00049
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.822	0.00428
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.656	0.00638
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.588	0.00157
						0.01360

## PUNTO 13

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.000	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.375	0.00204
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.377	0.00374
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.378	0.00108
						0.00686

## PUNTO 14

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.751	0.00393
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.743	0.00718
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.719	0.00200
						0.01311

## PUNTO 15

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.244	0.00040
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.009	0.00003
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.233	0.00619
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.132	0.02380
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.061	0.00464
						0.03506

## PUNTO 16

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.086	0.00015
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.387	0.00687
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.233	0.03464
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.151	0.00745
						0.04911

## PUNTO 17

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.000	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.750	0.00393
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.752	0.00726
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.749	0.00208
						0.01327

## PUNTO 18

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.476	0.00069
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.017	0.00006
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.988	0.00507
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.924	0.00881
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.918	0.00251
						0.01714

## PUNTO 19

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.011	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.482	0.00729
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.366	0.04866
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.254	0.01061
						0.06658

## PUNTO 20

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.161	0.00027
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.001	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.291	0.00645
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.105	0.02095
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.064	0.00474
						0.03241

## PUNTO 21

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.012	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.769	0.00402
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.865	0.00828
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.919	0.00252
						0.01484

## PUNTO 22

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.010	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.391	0.00212
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.466	0.00460
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.511	0.00144
						0.00818

## PUNTO 23

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.250	0.00040
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.009	0.00003
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.224	0.00615
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.085	0.01877
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.000	0.00273
						0.02808

## PUNTO 24

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.085	0.00015
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.387	0.00688
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.240	0.03542
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.165	0.00789
						0.05034

## PUNTO 25

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.003	0.00001
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.744	0.00390
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.705	0.00683
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.663	0.00185
						0.01259

## PUNTO 26

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.007	0.00001
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.738	0.00387
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.664	0.00646
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.602	0.00169
						0.01203

## PUNTO 27

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.026	0.00005
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.457	0.00718
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.222	0.03348
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.037	0.00390
						0.04461

## PUNTO 28

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.014	0.00003
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.477	0.00727
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.332	0.04512
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.196	0.00884
						0.06126

## PUNTO 29

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.017	0.00003
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.472	0.00725
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.295	0.04118
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.135	0.00694
						0.05540

## PUNTO 30

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.000	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.375	0.00203
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.371	0.00368
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.365	0.00104
						0.00675

## PUNTO 31

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.008	0.00001
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.738	0.00387
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.668	0.00649
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.611	0.00171
						0.01208

## PUNTO 32

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.749	0.00392
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.735	0.00711
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.714	0.00198
						0.01301

## PUNTO 33

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.748	0.00392
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.730	0.00706
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.703	0.00196
						0.01294

## PUNTO 34

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.160	0.00027
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.001	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.292	0.00646
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.109	0.02137
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.068	0.00486
						0.03296

## PUNTO 35

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.374	0.00203
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.363	0.00362
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.349	0.00100
						0.00665

## PUNTO 1

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.312	0.00170
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.303	0.00303
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.291	0.00084
						0.00557

## PUNTO 2

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.005	0.00001
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.616	0.00327
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.560	0.00548
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.507	0.00143
						0.01019

## PUNTO 3

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.623	0.00330
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.603	0.00589
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.574	0.00161
						0.01080

## PUNTO 4

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.624	0.00331
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.611	0.00596
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.592	0.00166
						0.01093

## PUNTO 5

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.002	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.622	0.00330
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.597	0.00583
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.562	0.00158
						0.01071

## PUNTO 6

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.267	0.00043
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.057	0.00021
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.350	0.00190
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.318	0.00318
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.301	0.00086
						0.00658

## PUNTO 7

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.010	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.609	0.00323
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.518	0.00509
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.448	0.00127
						0.00961

## PUNTO 8

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.026	0.00005
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.207	0.00608
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.977	0.00927
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.804	0.00222
						0.01762

## PUNTO 9

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.015	0.00003
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.225	0.00616
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.075	0.01769
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.942	0.00258
						0.02646

## PUNTO 10

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.013	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.228	0.00617
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.094	0.01978
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.976	0.00266
						0.02863

## PUNTO 11

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.020	0.00004
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.216	0.00612
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.026	0.01229
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.873	0.00240
						0.02085

## PUNTO 12

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.543	0.00076
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.114	0.00041
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.685	0.00361
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.547	0.00536
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.465	0.00132
						0.01146

## PUNTO 13

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.000	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.313	0.00171
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.314	0.00314
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.315	0.00090
						0.00575

## PUNTO 14

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.626	0.00332
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.619	0.00604
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.599	0.00168
						0.01104

## PUNTO 15

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.204	0.00034
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.007	0.00003
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.028	0.00525
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.943	0.00898
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.884	0.00243
						0.01703

## PUNTO 16

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.071	0.00013
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.155	0.00584
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.027	0.01248
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.959	0.00262
						0.02107

## PUNTO 17

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.000	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.625	0.00331
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.627	0.00611
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.624	0.00175
						0.01117

## PUNTO 18

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.396	0.00059
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.014	0.00005
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.823	0.00429
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.770	0.00742
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.765	0.00212
						0.01447

## PUNTO 19

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.009	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.235	0.00620
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.138	0.02451
5	9.00	4.20	6.20	7.20	1.045	0.00413
						0.03486

## PUNTO 20

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.134	0.00023
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.001	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.076	0.00548
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.921	0.00878
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.887	0.00243
						0.01692

## PUNTO 21

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.010	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.641	0.00339
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.721	0.00698
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.766	0.00212
						0.01251

## PUNTO 22

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.008	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.326	0.00178
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.388	0.00386
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.426	0.00121
						0.00687

## PUNTO 23

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.208	0.00034
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.007	0.00003
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.020	0.00522
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.904	0.00863
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.834	0.00230
						0.01652

## PUNTO 24

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	$E_o$ (AD)	$P_o$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.071	0.00013
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.156	0.00584
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.033	0.01314
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.971	0.00265
						0.02176

## PUNTO 25

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.003	0.00001
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.620	0.00329
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.587	0.00574
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.552	0.00155
						0.01059

## PUNTO 26

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.006	0.00001
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.615	0.00326
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.554	0.00543
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.502	0.00142
						0.01012

## PUNTO 27

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.022	0.00004
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.215	0.00611
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.018	0.01149
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.864	0.00238
						0.02002

## PUNTO 28

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.011	0.00002
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.231	0.00618
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.110	0.02147
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.996	0.00271
						0.03038

## PUNTO 29

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.014	0.00003
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.227	0.00616
4	7.00	7.20	6.00	7.00	1.079	0.01809
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.945	0.00258
						0.02686

## PUNTO 30

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.000	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.312	0.00170
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.309	0.00309
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.304	0.00087
						0.00566

## PUNTO 31

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.006	0.00001
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.615	0.00326
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.557	0.00546
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.510	0.00144
						0.01017

## PUNTO 32

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.624	0.00331
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.613	0.00598
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.595	0.00167
						0.01096

## PUNTO 33

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.623	0.00330
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.609	0.00594
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.586	0.00164
						0.01088

## PUNTO 34

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.133	0.00023
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.001	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	1.077	0.00548
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.924	0.00881
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.890	0.00244
						0.01696

## PUNTO 35

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD (m)	E <sub>o</sub> (AD)	P <sub>o</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Ton/m <sup>2</sup> )	ASENTAMIENTO (m)
1	0.50	0.24	0.75	13.00	0.001	0.00000
2	2.00	0.72	3.00	13.00	0.000	0.00000
3	4.25	1.44	4.90	10.00	0.312	0.00170
4	7.00	7.20	6.00	7.00	0.303	0.00303
5	9.00	4.20	6.20	7.20	0.291	0.00084
						0.00557

# REFERENCIAS

## REFERENCIAS

- 
- **Comisión Nacional del Agua.- Mecánica de Suelos, Instructivo para Ensayo de Suelos, México 1990**
  - **Raúl J. Marsal y Marcos Mazari.- El Subsuelo en la Ciudad de México, Facultad de Ingeniería.**
  - **Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.- El Subsuelo y la Ingeniería de Cimentaciones en el Area Urbana del Valle de México, Simposio 10 de Marzo de 1978.**
  - **1975 Henri Cambefort.- Geotecnia del Ingeniero, Reconocimiento de Suelos, Editores Técnicos Asociados, Barcelona.**
  - **Ing. Carlos Crespo Villalaz.- Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Editorial Limusa, Cuarta Edición, México 1995.**
  - **Editores Técnicos Asociados.- Cimentaciones Urbanas, Calidad y Moderna Tecnología, España 1975.**
  - **Secretaría General de Obras del Departamento del Distrito Federal.- Manual de Exploración Geotécnica, México, D.F. 1988**
  - **Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones.**
  - **Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal, 12 de noviembre de 1987.**