



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.**

**CAMPUS ARAGÓN**

**INGENIERÍA CIVIL**

**“ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA UN  
CENTRO DE ACOPIO EN TEPOTZOTLAN  
EDO. DE MEX.”.**

298699

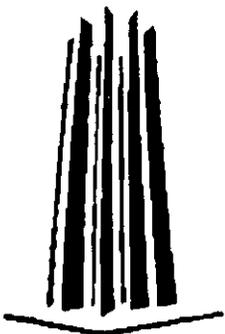
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
FLAVIO LUVIANO JUÁREZ**

**ASESOR :  
ING. GABRIEL ALVAREZ BAUTISTA**

**MÉXICO**

**2001**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD, agradezco a mi  
Alma mater toda la sabiduría que en sus aulas  
Recibi, por que gracias a ella seré un individuo  
Util a la sociedad y a mi patria, MEXICO.,  
Por su nobleza y su gratuidad, le debo lo que  
Hoy soy, Muchas Gracias a nuestra M.I.F.M.  
CASA DE ESTUDIOS.

A mi padre por guiarme y enseñarme  
Los valores necesarios para ser un hombre  
De provecho ,y, por obsequiarme la herencia  
Mas grande EDUCACION.

A mi madre por apoyarme y escucharme  
En los momentos más difíciles, por todo el  
Apoyo incondicional que me brinde en  
Todos los aspectos de mi vida.  
Muchas Gracias M.M.M.

A mi hermano por ser mi mejor amigo  
Y por darme ánimos a lo largo de mi  
Vida estudiantil.

# INDICE

## INTRODUCCION

1.-ANTECEDENTES.....	1
2.-MUESTREO Y EXPLORACION DEL SUBSUELO.....	1
3.-PRUEBAS DE LABORATORIO.....	2
4.-CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS Y FISICAS DEL SUBSUELO.....	4
5.-ANALISIS DE CIMENTACION.....	22
6.-MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	28
7.-DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	30
8.-ESTUDIOS DE PERMEABILIDAD.....	37
9.-DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y ESTRATIGRAFICAS DEL SUBSUELO.....	45
10.-CALCULO DE PERMEABILIDADES.....	57
11.-GASTOS DE ABSORCION.....	59

12.-PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....60

13.-CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES.....61

ANEXOS

## INTRODUCCION:

El campo de la Mecánica de Suelos en el mundo, ha despertado gran interés e importancia a lo largo del tiempo, es motivo por el cual el siguiente trabajo de tesis esta encaminado a mostrar los estudios y conceptos básicos de un determinado tipo de proyecto ingenieril de Mecánica de Suelos , el trabajo descrito en este volumen muestra la problemática a resolver y las alternativas de solución geotécnica para el mismo; así como la reflexión que como ingenieros estamos obligados a considerar en relación al desarrollo de la mecánica de suelos.

A continuación me permito hacer un bosquejo acerca del principal tópico de estudio en este trabajo de tesis "El Suelo".

Los suelos son los más primitivos materiales de construcción y .Su variedad es enorme y por consiguiente sus propiedades, variables en el tiempo y en el espacio, son difíciles de entender y de medir, a pesar de esto, antes del siglo XX no se hizo un esfuerzo serio para atacar científicamente el estudio de la mecánica de suelos.

La llamada precisamente "Mecánica de Suelos " es un fruto característico de la ingeniería de nuestro tiempo: fue a principios de este siglo 1913, en los Estados Unidos y en Suecia, donde se intentó por primera vez, en forma sistemática y organizada, realizar estudios que corrigieran vicios seculares en el tratamiento de los suelos.

Poco después un hombre extraordinario de nuestro tiempo, un hombre de autentico genio, hizo investigaciones en un laboratorio muy modesto con el auxilio de sus cajas de puros, en una Universidad en el cercano oriente. Allí nació verdaderamente la Mecánica de suelos.

Este hombre es el profesor Karl Terzaghi, que actualmente, a los 80 años de edad sigue profesionalmente activo. Terzaghi publico en 1925 *Erdbaumechanik* (Mecánica de suelos) en Viena. Entonces nació el termino ahora mundialmente usado.

De ese tiempo a la fecha se ha tenido una evolución muy grande y también momentos de gran incertidumbre y desconcierto. Científicos y técnicos han tratado a la mecánica de suelos a veces con desdén "No es una rama científica esta llena de oscuridades y dificultades de imágenes puramente empíricas" dicen sin embargo, pese a las hostilidades y a las incomprensiones, la mecánica de suelos ha adquirido relevancia y, para usar un termino propio de ella, se ha consolidado en universidades y en centros de estudio e investigación.

El profesor Terzaghi hizo el comentario que durante siglos, desde que empezó la ingeniería en la India hasta fines del siglo XIX, se pudieron construir con éxito presas de tierra a lo sumo de 20 m de altura. Las que se hicieron con una altura mayor fracasaron tantas veces que a principios de este siglo se llegó a la conclusión de que no era aconsejable construir cortinas de tierra de más de 20 m de altura. La realidad es que, posteriormente, y con las técnicas aprendidas en la Mecánica de Suelos, con el conocimiento de los fenómenos de las redes de flujo, de las presiones internas de poro y el mejor entendimiento sobre la resistencia al corte de los suelos, se ha logrado en años recientes construir cortinas muy elevadas. Este es un hecho. Se puede hablar de muchas otras aplicaciones importantes de la mecánica de suelos. Estructuras tales como: Túneles, edificios de gran altura, Autopistas modernas, etc, que sin los conocimientos actuales hubieran sido imposibles de construir. La importancia práctica del tema no es discutible.

La mecánica de suelos es una disciplina que tiene un lugar dentro de la ciencia moderna. Es noble y digno que los jóvenes se entreguen a su estudio con el mayor empeño, con la confianza y la seguridad de que, si así lo hacen, habrán de obtener beneficios indudables en su formación. En efecto la Mecánica de Suelos tiene, dentro de su enorme amplitud, lugar y espacio para muy diferentes temperamentos. Quienes tienen una inclinación para los asuntos analíticos pueden encontrar un reto fascinante en los diversos problemas de la Mecánica de Suelos.

A quienes no tienen particularmente inclinación analítica y en cambio sienten pasión por la observación y curiosidad de explorar personalmente con experimentos directos las intimidades de la naturaleza, la mecánica de suelos ofrece la mejores perspectivas.

El estudio de los suelos enseña humildad intelectual. El constante contacto con la realidad, que no existe en otras ramas de la ingeniería, hace que se desarrolle autocrítica, que se revisen todo el tiempo las hipótesis y que se cure el vicio del dogmatismo que suelen padecer muchos técnicos. Una vez que han resuelto con ayuda de tablas o con ayuda de fórmulas, algún problema se olvidan de él, tranquilizan su conciencia y no dudan que la estructura está sana. El que trabaja con suelos no puede tener esta filosofía conformista. Cada nuevo caso es un problema de investigación. Esto es uno de sus grandes retos. No es un campo dogmático de la profesión de ingeniería, sino que es un reto intelectual sistemático, es un ejercicio de la imaginación y de la inteligencia, de la prudencia y del sentido de observación que da frutos útiles para muchas otras aplicaciones.

El profesor Terzaghi comentó que la ciudad de México es el paraíso de la Mecánica de Suelos. La naturaleza del subsuelo en nuestra capital ha sido causa de dolores de cabeza de los ingenieros y constructores de todos los tiempos; esto ha contribuido al desarrollo de la materia ya que se ha ganado experiencia. Desde los aztecas hubo fracasos debido a la baja resistencia del subsuelo mexicano; y los españoles tuvieron grandes dificultades para construir los monumentos coloniales que nos legaron. Pero si los ingenieros de los pueblos más adelantados del mundo no se ocuparon científicamente de los suelos hasta hace 50 años, los mexicanos no lo hicieron hasta hace 25.

Para definir mecánica de suelos, recurrimos a la definición que el doctor Terzaghi ofrece " La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de la ingeniería que tratan con los sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas independientemente de que tengan o no contenido de materia orgánica":

Una vez explicada a grandes rasgos la importancia de la Mecánica de Suelos en nuestro tiempo, prosigo a explicar el proyecto que se describe en el presente volumen cuyo título es " Estudio de Mecánica de Suelos para un Centro de acopio que se proyecta construir en Tepotzotlan Estado de México".

Todo proyecto ingenieril debe considerar los aspectos económicos para determinar su realización o su no rentabilidad; por lo cual a continuación se citan las razones por las cuales se justifica desde el punto de vista económico "el presente proyecto"

Debido al gran desarrollo de la ciudad de México y a la poca cantidad de espacios que esto genera, las industrias buscan alternativas, estableciéndose en la periferia de la ciudad buscando que las vías de comunicación y las condiciones naturales (Clima, topografía, vegetación, etc) favorezcan el desarrollo de su actividad productiva; lo que da origen a un crecimiento de la ciudad hacia los estados vecinos principalmente Querétaro, Puebla, Estado de México e Hidalgo, provocando un mayor desarrollo económico de estos estados, lo cual esta ligado a un aumento en las fuentes de trabajo y ha detenido la migración de los trabajadores de dichos estados a la ciudad de México, lo que sin lugar a dudas beneficia a nuestra nación.

El proyecto de tesis que se expone refleja esa tendencia, al ser una industria que se establece en Tepotzotlan (Estado de México), dicha ente económica tiene

como actividad ser un centro de acopio de productos básicos, por lo tanto el lugar donde se establece dicha ente debe reunir las características más adecuadas para El proyecto de tesis que se expone refleja esa tendencia, al ser una industria que se establece en Tepetzotlan (Estado de México), dicha ente económica tiene como actividad ser un centro de acopio de productos básicos, por lo tanto el lugar donde se establece dicha ente debe reunir las características más adecuadas para su óptimo funcionamiento y desarrollo; tales como un clima adecuado que evite que los productos almacenados sufran algún deterioro en sus propiedades originales .Y así disminuir costos en cuanto a la conservación de los productos.

En cuanto al cuidado del impacto ambiental se propició la no alteración del ambiente natural, quedando así de manifiesto la tendencia de propiciar una comunión entre el cuidado del ambiente y el progreso.

Con esto se reafirma que Tepetzotlan reúne todas las características de viabilidad económica; así pues es justificable la construcción de dicho centro.

Como siguiente punto se hace mención de los estudios geotécnicos que requerirá la construcción del "centro de acopio"; ya que como principal tema de estudio en esta tesis es describir y desarrollar los procedimientos de Mecánica de suelos en la elaboración de un proyecto.

Por principio de cuentas se debe advertir que nuestro proyecto es una Nave de tipo industrial y el objetivo de los estudios geotécnicos es llevar dicho centro a un funcionamiento seguro, adecuado y eficiente desde el punto de vista ingenieril; y que además su vida económica garantice la inversión del proyecto. En el cual como primer punto se contempla la exploración y muestreo, con lo que pueden identificar algunas propiedades del suelo, la obtención de muestras alteradas e inalteradas nos llevaran a conocer propiedades del suelo de interés, principalmente de las inalteradas de las cuales obtendremos las propiedades y parámetros de estudio de la Mecánica de suelos, como siguiente punto se llevó a cabo un análisis de cimentación y la determinación de la capacidad de carga, se describió el movimiento de tierras, fue necesario la construcción de vialidades dentro del centro con lo cual se llevó un estudio de pavimentos ,por último se construyeron pozos de absorción para la utilización de las aguas pluviales para la recarga del subsuelo, por lo cual el proyecto expone un estudio de permeabilidad del suelo.

Por todo lo anterior la tesis que se expone en este volumen abarca una gran cantidad de estudios y procedimientos geotécnicos, los cuales cobran importancia día con día, realizar un proyecto de tesis basado en "Mecánica de Suelos " con el objeto de reconocer la importancia de dicha rama de la Ingeniería Civil.

## **1.- ANTECEDENTES:**

Se proyecta la construcción de un centro de Acopio, ubicado en la carretera México - Querétaro y el Río Cuautitlán en Tepetzotlán, Estado de México. En la figura 1 se presenta la localización del predio.

El proyecto arquitectónico contempla tres naves que alojarán bodegas, dos crujiás con locales comerciales y estacionamiento en azotea con acceso mediante rampas circulares alojadas en un cuerpo anexo, un área de bodegas, vialidades y patios de estacionamiento para carga y descarga de trailers y para automóviles. Los edificios se estructurarán con columnas y travesaños de concreto, las lozas y muros serán precolados de spancret, las naves tendrán altura máxima de 8m y claros entre columnas de 6.0m. En la figura 2 se presenta la distribución en planta de las naves, crujiás, así como las bodegas, vialidades y áreas de estacionamiento.

Con objeto de determinar el tipo de cimentación más adecuada para las edificaciones que integran el centro de Acopio y la estructura del tipo de pavimento de tipo flexible para las vialidades y estacionamientos, se llevó a cabo un estudio de mecánica de suelos consistente en muestreo y exploración del subsuelo, pruebas de laboratorio y análisis de resultados.

En este trabajo de tesis se describen los trabajos realizados, se reportan los resultados obtenidos y se consignan las recomendaciones para el diseño y construcción de las alternativas de cimentación que se juzgan más adecuadas así como diseño y especificaciones de construcción y control de calidad de pavimentos.

## **2.- MUESTREO Y EXPLORACION DEL SUBSUELO.**

Para conocer las características estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo en el sitio de interés se realizaron 4 sondeos de tipo mixto, denominados SM-1 a SM-4, con profundidad de 20m los sondeos SM-1 y SM-2 y de 15m los sondeos SM-3 y SM-4, cuatro sondeos de tipo exploratorio denominados SE-1 a SE-4 con profundidad de 15m, los sondeos SE-3 y SE-4, y nueve pozos a cielo abierto a 3m de profundidad denominados PCA-1 a PCA-9.

Los sondeos mixtos se efectuaron combinando el muestreo inalterado con muestreador Shelby, con el muestreo alterado mediante la realización de la prueba de penetración estándar. El muestreo inalterado se llevó a cabo con tubos de acero de pared delgada de 10cm de diámetro y 1m de longitud con el extremo inferior afilado y unido al superior a un cabezal con una válvula que permite el alivio de la presión durante el hincado.

Las muestras representativas alteradas, se obtuvieron mediante la prueba de penetración estándar, que consiste en determinar el índice de resistencia a la penetración estándar de los materiales atravesados, correspondiente al número de golpes necesarios para hincar 30 cm de penetrómetro estándar, mediante el impacto de un martinete de 63.5 kg que cae libremente desde 76 cm.

Los sondeos exploratorios se realizaron aplicando la prueba de penetración estándar, obteniendo muestras representativa alteradas.

Las características estratigráficas de los depósitos superficiales del subsuelo se determinaron mediante la excavación de nueve pozos a cielo abierto a 3m de profundidad, en los que se obtuvieron muestras inalteradas de los materiales representativos y se registro la estratigrafía de las paredes de los pozos mediante técnicas de clasificación de campo.

En la figura 3 se presenta la ubicación de los sondeos realizados y los pozos a cielo abierto excavados.

### **3.- PRUEBAS DE LABORATORIO**

En las muestras representativas alteradas obtenidas mediante la prueba de penetración estándar, se hicieron las siguientes pruebas de laboratorio:

- Clasificación visual y al tacto, en húmedo y en seco
- Contenido de agua
- Límites de consistencia y / o granulometría
- Densidad de sólidos

En las muestras inalteradas obtenidas mediante muestreo con tubo Shelby y el labrado de muestras cúbicas de los pozos a cielo abierto, además de las anteriores pruebas, se hicieron:

- Compresión axial no confinada
- Peso volumétrico natural
- Compresión triaxial no consolidada -no drenada
- Consolidación unidimensional

En las muestras cúbicas inalteradas labradas de la subrasante en los pozos a cielo abierto excavados, se hicieron las siguientes pruebas de laboratorio:

- Clasificación visual y al tacto, en húmedo y en seco
- Contenido de agua
- Límites de consistencia
- Saturación bajo carga
- Contracción lineal
- Próctor estándar
- Valor relativo de soporte (CBR), en estado inalterado
- Valor relativo de soporte en muestra recompactada al 90% incorporando al material 4 % de cal.
- Valor relativo de soporte, en muestra recompactada al 90 %, incorporando al material 2 % de cal.

Las pruebas de laboratorio se realizaron siguiendo las especificaciones establecidas en el manual de laboratorio de la S.A.R.H.

En las figuras 4 al 11 se presentan en forma gráfica, los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas en las muestras obtenidas de los sondeos efectuados incluyendo el índice de resistencia a la penetración a los materiales atrevasados.

En las figuras 12 al 20 se muestra el perfil estratigráfico y los resultados de las pruebas de laboratorio ejecutadas en las muestras obtenidas de los pozos a cielo abierto.

Las curvas granulométricas de algunos materiales arenosos ensayados en una batería de mallas se han dibujado en las figuras 21 al 37.

La ley de resistencia definida por la envolvente de los círculos de Mohr correspondientes a los estados de esfuerzo máximo, obtenidos en los ensayos de compresión triaxial se presentan en las figuras 38 a 67

Las curvas de compresibilidad resultado de las pruebas de consolidación unidimensional se muestran en las figuras 68 a 74

Las gráficas resultado de las pruebas de saturación bajo carga se muestran en las figuras 75 a 80

#### **4.- CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS Y FISICAS DEL SUBSUELO.**

El predio de interés se localiza en la zona norponiente del valle de México en la proximidad de la sierra de Tepotzotlán, los depósitos del subsuelo son de origen aluvial intercalados en estratos de arcilla de origen lacustre.

En la figura 81 se presenta la ubicación del sitio dentro de la zonificación geológica de la zona norponiente de la cuenca del valle de México.

De acuerdo a los resultados de los sondeos de exploración realizados las características estratigráficas del subsuelo en el sitio en general son las siguientes entre la superficie y 5m de profundidad se encuentran capas interestratificadas de arena arcillosa, arcilla arenosa y arena poco limosa, de depósito aluvio - lacustre , De consistencia media a firme los materiales de carácter cohesivo y de compacidad media los materiales de carácter friccionante ; a continuación se tiene un depósito de arcillas lacustres de consistencia firme con espesor variable entre 4 y 6 m intercalado por estratos delgados de arena; finalmente a partir del orden de una profundidad de 10m se tienen depósitos aluvio - lacustre predominando los aluviales, de arena arcillosa, arcilla arenosa y arena limosa muy compactos. Las características estratigráficas corresponden a la que se ha denominado como zona de transición entre depósitos petróeos, característicos de las riberas de lagos en la proximidad de sierras o lomerios. El sitio de interés se ubica en lo que eran las riberas de la laguna de Zumpango que en una época formaba un solo lago junto con el lago de Texcoco como se muestra en la figura 82.

Las características estratigráficas y físicas del subsuelo determinadas en cada uno de los sondeos realizados son los siguientes :

### SONDEO MIXTO -1

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 - 0.60	Arcilla limo arenosa, café claro, contenido de agua de 16% de consistencia dura índice de la resistencia a la penetración estándar de 15 golpes.
0.60 - 2.00	Arena poco arcillosa, café claro; de compacidad media; contenido natural de agua de 11%, límite plástico de 13 %, límite líquido de 29 %, índice plástico de 16 %, cohesión de 7.8 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 9° y peso volumétrico de 1.82 ton/m <sup>3</sup> determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU; granulometría compuesta por arena 66% y finos 34 % índice de la resistencia a la penetración estándar de 17 golpes y clasificación de acuerdo al SUCS; "CL"
2.00 - 5.00	Arcilla arenosa, café claro, con consistencia muy dura; contenido natural de agua promedio de 18 %; límite plástico de 17 % ; límite líquido de 27 % , índice plástico de 10 %; cohesión de 4.5 ton / m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 16° y peso volumétrico promedio de 1.91 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU índice de la resistencia a la penetración estándar promedio de 20 golpes.
5.00 - 5.60	Arcilla gris obscuro, con raíces fósiles, de consistencia muy dura, contenido natural de agua de 35 %, límite plástico de 28 %, límite líquido de 82 % e índice plástico de 54 %, índice de la resistencia a la penetración estándar promedio de 20 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CH"
5.60 - 6.00	Arena arcillosa gris ; contenido natural de agua de 13 % índice de la resistencia a la penetración estándar promedio 19 golpes.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
6.00 - 6.60	Arcilla gris obscuro, con poca arena fina, contenido natural de agua de 25%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 16 golpes ; densidad de sólidos de 2.48; granulometría compuesta por arena 19% y finos 81 %
6.60 - 8.00	Arcilla gris obscuro, de consistencia muy dura; contenido natural de agua promedio de 42 %, límite plástico de 47%, límite líquido de 127.2% e índice plástico , de 132.5% ; cohesión de 6.7 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 5° y peso volumétrico de 1.46 ton/m <sup>3</sup> , determinadas en prueba de compresión triaxial rápida UU; clasificación de acuerdo al SUCS: "CH".
8.00 - 8.60	Arcilla gris obscuro, con poca arena fina, de consistencia muy dura; contenido natural de agua de 33 % índice de la resistencia a la penetración estándar de 24 golpes.
8.60 - 9.20	Arcilla gris obscuro; de consistencia muy dura; contenido natural de agua de 28 % índice de la resistencia a la penetración estándar de 29 golpes.
9.20 - 10.60	Arcilla arenosa fina gris verdoso, de consistencia muy dura; contenido natural de agua promedio de 28.5 %, límite plástico de 17 % límite líquido de 31 % e índice plástico de 14 % cohesión de 6 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.92 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión simple. Clasificación de acuerdo al SUCS "CL"
10.60 - 13.50	Arcilla arenosa fina, gris verdosa, de consistencia muy dura; contenido natural de agua promedio de 39 %; cohesión de 2.2 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.67 ton/m <sup>3</sup> , determinadas en pruebas de compresión simple; índice de resistencia a la penetración estándar variable de 40 a 50 golpes; granulometría compuesta por arena 15 % y finos 85 %.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
13.50 - 16.00	Arena fina gris verdoso, poco arcillosa; de compacidad muy densa; contenido natural de agua de 26 %; cohesión de 2.2 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.942 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión simple; índice a la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
16.00 - 16.50	Arcilla limo arenosa fina, gris, con grumos duros, contenido natural de agua de 40 % índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
16.50 - 17.20	Limo arenoso fino, gris verdoso, grumoso; contenido natural de agua 41 %; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
17.20 - 18.10	Arena fina limosa, con poca arcilla en la parte inferior del estrato, contenido natural de agua de 27 %; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
18.10 - 18.90	Limo arenoso gris verdoso, contenido natural de agua 33%; índice a la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
18.90 - 20.00	Arena fina limosa, gris verdoso, contenido natural de agua de 28 %; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.

#### SONDEO MIXTO - 2

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
0.00 - 0.70	Arena arcillosa, café claro contenido natural de agua de 11 %; cohesión de 1.9 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.85 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión simple.

PROFUNDIDAD(m)	DESCRIPCION
0.70 - 2.00	Arcilla arenosa fina, café clero y gris, contenido natural de agua de 23 %, granulometría compuesta por arena 11 % y finos de 89 %; índice de la resistencia a la penetración estándar de 23 golpes.
2.00 - 5.20	Arcilla gris obscuro, de consistencia muy dura; contenido natural de agua promedio de 30 % cohesión de 16.3 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 5°, peso volumétrico de 1.8 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba triaxial rápida UU; clasificación según el SUCS; "CH"
5.20 - 7.20	Arcilla gris obscuro , de consistencia dura; contenido natural de agua promedio de 63.5% ; limite plástico de 36 %, limite líquido de 91.9 % e índice plástico de 55.9 % ; cohesión de 9.50 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 12° y peso volumétrico de 1.5 ton / m <sup>2</sup> , determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU ; densidad de sólidos de 2.36 %;índice de la resistencia a la penetración estándar promedio de 30 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS: "CH"
7.20 - 8.40	Arcilla arenosa fina gris verdoso, de consistencia muy dura; Contenido natural de agua promedio de 26.5 %; limite plástico de 23 %; limite líquido de 42 % e índice plástico de 19 %; índice de la resistencia a la penetración estándar de 36 golpes; granulometría compuesta por arena 48% y finos 52%; clasificación de acuerdo al SUCS; "CL"
8.40 - 10.50	Arcilla limosa, gris verdoso, poco grumosa y quebadriza; contenido natural de agua promedio de 35%, de consistencia dura; índice de la resistencia a la penetración estándar promedio de 46 golpes.
10.50 - 13.40	Arcilla limo, gris verdoso, grumosa y quebadriza, de consistencia muy dura ; contenido natural de agua de 31 %, límite plástico de 22%, límite líquido de 40% e índice plástico de 18 %; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS: "CL"

---

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
13.40 - 14.50	Arena fina limosa , gris verdoso, de compacidad muy densa, contenido natural de agua promedio de 31%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; granulometría compuesta por 65% de arena y 35% de finos.
14.50 - 15.50	Limo volcánico, de compacidad densa, contenido natural de agua promedio de 35%; cohesión de 8.5 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.70 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión simple.
15.50 - 15.80	Arcilla gris verdoso, de consistencia muy dura, contenido natural de agua 47%, índice de la resistencia a la penetración estándar de 43 golpes.
15.80 - 17.00	Limo arcilloso, gris claro y verdoso, de compacidad densa, contenido natural de agua promedio de 35%; cohesión de 3 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.66 ton/m <sup>3</sup> determinados en prueba de compresión simple .
17.00 - 17.80	Arena fina limosa, café y verdoso, de compacidad densa; contenido natural de agua 44%, límite plástico de 26%, límite líquido de 47% e índice de plasticidad de 21%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 39 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CL-ML."
17.80 - 18.65	Arcilla limosa gris, de consistencia dura; contenido natural de agua promedio de 51%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 42 golpes.
18.65 - 19.50	Arena de fina a bien graduada, gris verdoso de compacidad densa, contenido natural de agua de 23%; índice de resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; granulometría compuesta por 2% de grava, 88% de arena y 10% de finos.

---

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
19.50 - 20.10	Arcilla arenosa gris verdoso, de consistencia muy dura, contenido natural de agua de 24%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.

### SONDEO MIXTO- 3

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
0.00- 1.20	Arena arcillosa gris verdoso, con raíces de compacidad media; contenido natural de agua promedio de 19%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 23 golpes; granulometría compuesta por 58% de arena y 42% de fino.
1.20 - 2.00	Arcilla, con poca arena fina, café claro con raíces; de consistencia media, contenido natural de agua promedio de 26%; límite plástico de 18%, Límite líquido de 82% e índice plástico de 54%; cohesión de 11.8 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 12° y peso volumétrico de 1.9 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU; clasificación de acuerdo al SUCS "CH"
2.00-2.60	Arcilla gris obscuro , de consistencia dura; contenido natural de agua de 30%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 25 golpes.
2.60 - 3.20	Arcilla gris obscuro, con poca arena fina; consistencia dura; contenido natural de agua de 21% índice de la resistencia a la penetración estándar de 38 golpes.
3.20 - 3.80	Arena fina arcillosa, café claro, con raíces, contenido natural de agua promedio de 18%; límite plástico de 22%; límite líquido de 53.8% e índice plástico de 31.8%; cohesión de 9ton/m <sup>2</sup> ángulo de fricción interna de 6° y peso volumétrico de 1.9 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU; densidad de sólidos de 2.5; granulometría compuesta por 8% de arena y 92 % de finos; clasificación de acuerdo al SUCS "CH".

---

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
3.80 - 5.50	Arcilla ,gris oscuro, con poca arena fina; con raíces, de consistencia media , contenido natural de agua promedio de 17.3%, índice de la resistencia a la penetración estándar de 25 golpes.
5.50 - 6.00	Arcilla gris oscuro, con poca arena fina; contenido natural de agua de 26%, límite plástico de 24%, límite líquido de 69% e índice plástico de 45%; cohesión de 16.2 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 11° y peso volumétrico de 1.83 ton/m <sup>3</sup> obtenidos en prueba de prueba de compresión triaxial rápida UU; clasificación de acuerdo al SUCS "CH".
6.00 - 9.20	Arcilla gris oscuro, de consistencia media , contenido natural de agua promedio de 49%, límite plástico de 46%, límite líquido de 107% e índice de plasticidad de 61%; cohesión de 11.2 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 10° y peso volumétrico natural de 1.60 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU; clasificación de acuerdo al SUCS: "CH-MH".
9.20 - 9.60	Arcilla arenosa gris verdosa; contenido natural de agua 19%; límite plástico de 16%, límite líquido de 34% e índice de plasticidad de 18%; cohesión de 5.5 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico promedio de 1.94 ton/m <sup>3</sup> ; determinados en prueba de compresión simple; clasificación de acuerdo al SUCS; "CL".
9.60 - 10.00	Arena arcillosa, gris verdoso, contenido natural de agua de 15%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 32 golpes.
10.00 - 10.60	Arcilla arenosa, gris verdoso, contenido natural de agua 38%, de consistencia dura; índice de la resistencia a la penetración estándar de 29 golpes.
10.60 - 11.20	Arena limo arcillosa, gris verdoso, contenido natural de agua de 19%; de compacidad densa; índice de la resistencia de la penetración estándar de 29 golpes; granulometría compuesta por 56% de arena y 44% de finos.

PROFUNDIDAD(m)

DESCRIPCION

- 11.20 - 13.80 Arcilla gris verdoso, con poca arena fina, de consistencia muy dura; contenido natural de agua de 35%; límite plástico de 26%, límite líquido de 44% e índice plástico de 18%; cohesión de 10.7 ton/m<sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.77 ton/m<sup>3</sup>, determinados en prueba de compresión simple; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
- 13.80 - 15.05 Arcilla arenosa , gris verdoso, grumosa y quebradiza, de consistencia muy dura; contenido natural de agua promedio de 28%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.

#### SONDEO MIXTO - 4

PROFUNDIDAD (m)

DESCRIPCION

- 0.00 - 3.20 Arcilla gris y gris oscuro, con poca arena fina entre 1.70 y 2.00m, con raíces, contenido natural de agua promedio de 22.6%, con límite plástico de 17% y límite líquido de 48%, índice plástico de 31%; con cohesión de 10 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 13°, peso volumétrico de 1.82 ton/m<sup>3</sup> determinados en prueba de compresión triaxial rápida (UU); índice de la resistencia a la penetración promedio de 27 golpes; clasificación "CL" de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).
- 3.20 - 3.50 Arena gris, poco arcillosa; contenido natural de agua de 19%; índice de resistencia a la penetración estándar de 29 golpes; granulometría de grava (G)= 0%, Arena (A)=55% y finos (F)= 45%
- 3.50 - 4.60 Arcilla, gris oscuro, contenido natural de agua promedio de 36%; límite plástico de 26%, límite líquido de 68.1% e índice plástico de 42.1%; cohesión de 5.8 ton/m<sup>2</sup>, ángulo de fricción interna de 26° y peso volumétrico promedio de 1.89 ton/m<sup>3</sup>, determinados en prueba triaxial rápida (UU); índice de la resistencia a la penetración estándar de 27 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS: "CH".

---

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
4.60 - 6.00	Arcilla gris oscuro, contenido natural de agua promedio de 51%; límite plástico de 46%, límite líquido de 111% e índice plástico de 65%; cohesión de 6 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 13% y peso volumétrico promedio de 1.6 ton/m <sup>3</sup> determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU; índice de la resistencia a la penetración estándar de 26 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CH", densidad de sólidos de 2.28
6.00 - 7.20	Arcilla gris oscuro, con poca arena fina en la parte alta del estrato y con más arena fina en la parte restante, contenido natural de agua promedio de 40.5%; índice de la resistencia a la penetración estándar medio de 35 golpes.
7.20 - 8.00	Arcilla gris oscuro, contenido natural de agua promedio de 65.5 %; límite plástico de 25%, límite líquido de 121% e índice plástico de 95%; densidad de sólidos de 2.36; clasificación de acuerdo al SUCS: "CH".
8.00 - 9.20	Arcilla arenosa, fina en la parte inferior del estrato, gris; contenido natural de agua promedio de 22%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 35 golpes.
9.20 - 10.80	Arcilla limosa gris, de consistencia dura; contenido natural de agua promedio de 33%; cohesión de 18.5 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.51 ton/m <sup>3</sup> , determinadas en prueba de compresión simple; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
10.80 - 12.75	Arcilla limosa gris verdoso; contenido natural de agua promedio de 39%; cohesión de 4.3 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.70 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión simple; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
12.75 - 13.70	Arcilla limo arenosa, gris de consistencia dura; contenido natural de agua promedio de 31%; cohesión de 11.3 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.70 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión simple. índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; granulometría de gravas = 0%, Arenas = 8% y finos = 92%

---

PROFUNDIDAD(m)	DESCRIPCION
13.70 - 15.00	Arcilla limosa gris verdoso de consistencia dura; contenido natural de agua promedio de 27% índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.

### SONDEO EXPLORATORIO SE-1

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
0.00 - 2.40	Arcilla arenosa, café, con raíces; contenido natural de agua promedio de 19.5%, límite plástico 17%; límite líquido de 37%, e índice de la resistencia a la penetración estándar variable de 4 a 10 golpes; siendo 7 golpes el promedio; clasificación de acuerdo al SUCS "CL".
2.40 - 3.80	Arcilla gris obscuro; contenido natural de agua promedio de 30 % ; límite plástico de 17%, límite líquido de 48% e índice de plasticidad de 31%; índice de la resistencia a la penetración estándar medio de 13 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CL"
3.80 - 4.20	Arcilla arenosa, gris obscuro, contenido natural de agua de 28%; granulometría compuesta por 40% de arena y 60% de finos; índice de la resistencia a la penetración estándar de 17 golpes.
4.20 - 5.00	Arcilla gris obscuro, de consistencia media, contenido natural de agua de 25%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 14 golpes.
5.00 - 5.40	Arcilla arenosa gris obscura, de consistencia media, contenido natural de agua de 24%, índice de la resistencia a la penetración estándar de 11 golpes.
5.40 - 8.00	Arcilla gris obscuro, de consistencia blanda a media; contenido natural de agua promedio de 65%; límite de plasticidad de 46%, límite líquido de 104% e índice de plasticidad de 58%; índice de la resistencia a la penetración estándar variable entre 8 y 23 golpes; granulometría compuesta por 2% de arena y 98% de finos, densidad de sólidos de 2.45

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
8.00 - 9.00	Arcilla gris verdoso, con poca arena fina, de consistencia media, contenido natural de agua de 25%; límite plástico de 15%, límite líquido de 30% e índice de plasticidad 15%; índice de la resistencia a la penetración estándar medio de 32 golpes.
9.00 - 9.80	Arcilla arenosa fina, gris verdosa, de consistencia media, contenido natural de agua de 28%; índice de la resistencia a la penetración estándar medio de 35 golpes.
9.80 - 10.20	Limo arcilloso, gris verdoso, grumoso y quebradizo, contenido natural de 43 %; índice de la resistencia a la penetración estándar de 30 golpes.
10.20 - 12.00	Limo arcilloso, gris verdoso, de consistencia dura, grumoso y quebradizo; contenido natural de agua promedio de 28 %; límite plástico de 27%, límite líquido de 51.8%, e índice de plasticidad de 24.8%, densidad de sólidos de 2.52; granulometría compuesta por 16% de arena y 84% de finos; índice de la resistencia a la penetración estándar variable de 22 a 39 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CH-MH".
12.00 - 13.20	Arcillosa limosa gris verdoso, grumosa y quebradiza, contenido natural de agua promedio de 41%; índice de la resistencia a la penetración estándar variable entre 34 y 49 golpes.
13.20 - 16.50	Arena fina limosa, gris verdosa, compacidad muy densa; contenido natural de agua promedio de 18.8%; densidad de sólidos de 2.52%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; granulometría compuesta por 41% de arena y 59% de finos.
16.50 - 17.00	Limo arenoso fino gris verdoso; compacidad muy densa; contenido natural de agua de 35%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
17.00 - 17.55	Arena fina limosa, gris verdoso, de compacidad muy densa; contenido natural de agua promedio de 27%, índice de la resistencia mayor de 50 golpes.

---

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
17.55 - 18.90	Arcilla limo arenosa fina gris verdosa, contenido natural de agua promedio de 36%, índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
18.90 - 19.30	Arena fina limosa gris verdosa, contenido natural de agua de 22% e índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
19.30 - 20.00	Limo arcilloso con arena, gris verdoso, contenido natural de agua de 20%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.

#### SONDEO EXPLORATORIO SE-2

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
0.00 - 1.20	Arena fina arcillosa, café claro, con raíces; contenido natural de agua de 16% e índice de resistencia a la penetración estándar de 4 golpes.
1.20 - 2.40	Arena fina, café claro, muy poco grumosa, contenido natural de agua promedio de 6%, compacidad media, índice de la resistencia a la penetración estándar variable de 8 a 12 golpes.
2.40 - 3.00	Arcilla gris obscuro, con pequeñas vetas de arena, consistencia blanda; contenido natural de agua de 27%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 7 golpes
3.00 - 4.50	Arcilla gris obscuro, de consistencia variable entre blanda y media; contenido natural de agua de 33%, límite plástico de 26%, límite líquido de 73%, e índice de plasticidad de 47%; densidad de sólidos de 2.37; índice de la resistencia a la penetración estándar variable entre 8 y 12 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CH".

---

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
4.50 - 9.00	Arcilla gris oscuro, de consistencia blanda o media; contenido natural de agua promedio de 52% límite plástico de 23 %, límite líquido de 74% e índice de plasticidad de 51 %; índice de la resistencia a la penetración estándar medio de 23 golpes, clasificación de acuerdo al SUCS "CH".
9.00 - 10.20	Limo gris claro, de compacidad media; contenido natural de agua 44%; límite plástico de 26%, límite líquido de 44%, e índice de plasticidad de 18%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 18 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CL- ML"
10.20 - 11.60	Limo arenoso fino, de compacidad densa; contenido natural de agua promedio de 35%; granulometría compuesta por 35% de arena y 65% de finos; índice de la resistencia a la penetración estándar de 40 golpes.
11.60 - 12.00	Arena fina poco limosa; contenido natural de agua de 22%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 45 golpes.
12.00 - 14.50	Arcilla poco limosa gris , de compacidad muy dura; contenido natural de agua promedio de 29%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
14.50 - 16.20	Limo arcilloso arenoso fino, café claro, de compacidad media; contenido natural de agua promedio de 32%; límite plástico de 16%, límite líquido de 32% e índice de plasticidad de 32%, índice de la resistencia a la penetración estándar promedio de 22 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CL"
16.20 - 16.80	Limo gris claro, de compacidad media; contenido natural de agua de 32%; granulometría compuesta por 43% de arenas y 57%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 25 golpes; densidad de sólidos de 2.18.

---

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
16.80 - 19.00	Arena de fina a media, con muy poco limo y arcilla, gris claro y café, contenido natural de agua promedio de 20%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
19.00 - 20.00	Arena pumítica y riolítica de fina a media, color gris y café; de compacidad muy densa; contenido natural de agua promedio de 21%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.

### SONDEO EXPLORATORIO SE-3

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
0.00 - 0.60	Arena arcillosa gris verdoso; contenido natural de agua de 16%; e índice de la resistencia a la penetración estándar de 14 golpes.
0.60 - 1.20	Arena fina muy poco limosa, café claro, contenido natural de agua de 13% e índice de la resistencia a la penetración estándar de 21 golpes.
1.20 - 1.80	Arcilla arenosa gris verdoso, contenido natural de agua de 22%; límite plástico de 15%, límite líquido de 41% e índice de plasticidad de 26%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 24 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CL".
1.80 - 2.40	Arena arcillosa gris con raíces, de compacidad media; contenido natural de agua de 20%; e índice de la resistencia a la penetración estándar de 30 golpes; densidad de sólidos de 2.64
2.40 - 3.00	Arena poca limosa gris verdosa de compacidad media; contenido natural de agua de 15%; granulometría compuesta por 56% de arena y 34% de finos; índice de la resistencia a la penetración estándar de 28 golpes.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
3.00 - 4.20	Arcilla gris oscuro, con poca arena fina; de consistencia blanda a media, contenido natural de agua de 24%, límite plástico de 17%, límite líquido de 42% e índice de plasticidad de 25%; índice de la resistencia a la penetración estándar variable de 14 a 26 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS: "CL".
4.20 - 4.80	Arena arcillosa gris oscuro; de compacidad de media a densa; contenido natural de agua de 24 % índice de la resistencia a la penetración estándar de 42 golpes.
4.80 - 6.60	Arcilla gris oscuro, con poca arena fina entre 5.40 y 6.00m, de consistencia media, contenido natural de agua promedio de 39 %; límite plástico de 33%; límite líquido de 68% e índice de la resistencia a la penetración estándar variable entre 35 y 39 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS: "MH".
6.60 - 9.00	Arcilla gris oscura, con poco limo entre 6.50 y 7.20m; de consistencia blanda; contenido natural de agua de 53%; límite plástico de 43%; límite líquido de 102%, e índice de plasticidad de 59%; índice de la resistencia a la penetración estándar variable de 24 a 32 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CH-MH".
9.00 - 11.00	Arcilla arenosa fina gris verdoso, de consistencia muy dura; contenido natural de agua promedio de 27%; límite plástico de 22%, límite líquido de 37% e índice de plasticidad de 15%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; granulometría compuesta por 50% de arena y 50% de finos; clasificación de acuerdo al SUCS: "CL".
11.00 - 12.70	Limo arenoso fino, gris verdoso, contenido natural de agua promedio de 33%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; densidad de sólidos de 2.50.
12.70 - 15.00	Arcilla limosa, gris verdosa; contenido natural de agua promedio de 30%, límite plástico de 27%, límite líquido de 62%; índice de plasticidad de 35%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS: "CH"

## SONDEO EXPLORATORIO SE-4

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
0.00 - 0.60	Arcilla limo arenosa fina, café claro con raíces; contenido natural de agua de 27%; índice de la resistencia a la penetración estándar medio de 22 golpes.
0.60 - 1.80	Arcilla arenosa fina, gris verdoso, contenido natural de agua promedio de 17%; índice de la resistencia de la penetración estándar medio de 16 golpes, densidad de sólidos de 2.55
1.80 - 2.40	Arcilla gris verdoso, con poca arena fina; contenido natural de agua promedio de 25%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 24 golpes.
2.40 - 3.60	Arcilla gris obscuro, contenido natural de agua promedio de 33.5 %; límite plástico de 25%, límite líquido de 72% e índice de la resistencia a la penetración estándar de 29 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS: "CH"
3.60 - 4.20	Arcilla gris obscuro, con arena fina; contenido natural de agua promedio 28%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 21 golpes; granulometría compuesta por 20% de arena y 80% de finos.
4.20 - 4.80	Arcilla gris obscuro; contenido natural de agua de 39%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 26 golpes.
4.80 - 5.40	Arcilla gris obscuro, con poca arena fina, contenido natural de agua de 38%; límite plástico de 22%, límite líquido de 56% e índice de plasticidad de 34%; índice de la resistencia a la penetración estándar de 30 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS: "CH".

---

PROFUNDIDAD(m)	DESCRIPCION
5.40 - 6.20	Arena arcillosa gris verdosa; de compacidad muy densa; contenido natural de agua promedio de 19%; granulometría compuesta por 47% de arena y 13% de finos; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
6.20 - 7.20	Arcilla arenosa fina gris verdoso; contenido natural de agua de 34% índice de la resistencia a la penetración estándar de 38 golpes.
7.20 - 8.40	Arcilla gris obscuro, contenido natural de agua promedio de 40%; límite plástico de 28%; límite líquido de 63% e índice de plasticidad de 35%, índice de la resistencia a la penetración estándar de 40 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS "CH" .
8.40 - 10.95	Arena poco limo gris verdosa y gris; de compacidad muy densa; contenido natural de agua promedio de 24.0%; granulometría compuesta por 2% de grava, 73% de arena y 25% de finos; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes.
10.95 - 14.00	Arcilla gris verdoso, con poca arena fina; de consistencia muy dura; contenido natural de agua promedio de 31%; límite líquido de 54% e índice plástico de 23%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; clasificación de acuerdo al SUCS: "CH-MH"
14.00 - 15.00	Arena fina limosa gris verdoso, contenido natural de agua promedio de 32%; índice de la resistencia a la penetración estándar mayor de 50 golpes; granulometría compuesta por 56% de arena y 44% de finos.

El nivel freático se detecto en promedio a 7.0m de profundidad, respecto al nivel del terreno actual en la fecha en que se realizó la exploración se consideró que hasta la máxima profundidad explorada no se presentó abatimientos piezométricos.

El estado actual de los esfuerzos en el subsuelo se presentan en la figura 83(a) mediante la gráfica de variación de la presión vertical efectiva (estimada como la diferencia entre la presión total debida a los materiales de preconsolidación definidos en las pruebas de consolidación.

Del análisis de la figura 83(a) se concluye que en general los depósitos arcillosos son preconsolidados presentándose una presión de preconsolidación del orden de 15 ton/m<sup>2</sup> mayor que la presión efectiva de los materiales del subsuelo.

En la figura 83(b) se presenta una planta del predio en donde se han hecho cortes estratigráficos representativos del subsuelo, mínimos que se presentan en las figuras 84 a 90.

## 5.- ANALISIS DE LA CIMENTACIÓN

Considerando las características arquitectónicas y estructurales de los edificios proyectados, en particular la magnitud y distribución de las cargas que la estructura transmitirá a la cimentación que de acuerdo al estructurista se muestran en la figura 2, considerando una carga viva de 350 kg/cm<sup>2</sup>; y las propiedades estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo en particular que entre 1.2 y 9.0m de profundidad se tienen materiales arcillo arenosos de resistencia media y baja compresibilidad, subyacidos por un depósito de arcilla lacustre muy preconsolidada; en base a lo anterior se juzga que la alternativa de cimentación más adecuada será mediante zapatas corridas, desplantadas a 1.2m de profundidad, respecto al nivel actual de la superficie del terreno, en la figura 91 se muestra la distribución de zapatas consideradas en los análisis .

Considerando los resultados de los trabajos de exploración del subsuelo y de las pruebas de laboratorio, se encontró que la resistencia del esfuerzo cortante de los depósitos superficiales del subsuelo aumenta al alejarse del Río Cuautitlán ,en base a ello se definieron tres zonas con limites que se muestran en la figura 83(b); en la zona I correspondiente a la más alejada al río se consideraron como condiciones medias de los materiales de apoyo de las zapatas un índice de resistencia a la penetración estándar de 24 golpes, una cohesión de 4.5 ton/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna de 12° obtenidos en las pruebas de compresión triaxial no consolidada - no drenada realizadas en la zona II correspondiente a la parte intermedia se tiene un índice de resistencia a la penetración estándar de 18 golpes, una cohesión de 3.5 ton/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna de 10° y en la zona III, la más próxima al río, se tiene un índice de resistencia a la penetración estándar de 10 golpes, una cohesión de 2.5 ton/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna de 8°.

A continuación se presentan los resultados del análisis de la cimentación elegida.

### 5.1.- DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga de los materiales sobre los que se desplantarán las zapatas se determinó considerando que los materiales afectados por la superficie potencial de falla con suelos cohesivos - friccionantes, y aplicando la siguiente expresión <sup>1</sup>

$$Ca = \left[ CNc + Pv(Nq - 1) + \frac{1}{2} \gamma B N\gamma \right] F_r + Pv$$

en donde :

Ca= capacidad de carga admisible del suelo de apoyo a las zapatas, en ton/m<sup>2</sup>.

C: cohesión del material de apoyo, en ton/m<sup>2</sup>.

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

$$Nc = 5.14 (1 + 0.25 df/B + 0.25B/L)$$

En la cual:

Df= Profundidad de desplante de la cimentación, en m.

B= Ancho del cimiento, en m

L= Largo del cimiento, en m

Pv: Presión vertical efectiva a la profundidad de desplante, en ton/m<sup>2</sup>

Nq: Coeficiente de capacidad de carga, adimensional y dado por :

$$Nq = e^{\pi \tan \beta} \tan^2 (45^\circ + \Phi / 2)$$

<sup>1</sup> (1) Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones, Gaceta oficial del Departamento del DF; Quinta Epoca No 40 México DF 12 de Noviembre de 1987

Siendo:

$\Phi$  = Angulo de fricción interna de suelo de apoyo en grados.

$N'q$  = Se multiplica por  $(1+\tan \Phi)$  en el caso de zapatas cuadradas, y por  $[1+(B/L)\tan \Phi]$ , para el caso de cimientos rectangulares.

$\gamma$  = Peso volumétrico del suelo, abajo del nivel de desplante, en ton/m<sup>3</sup>.

$N_\gamma$  = Coeficiente de capacidad de carga, adimensional y dado por :

$$N_\gamma = (Nq+1)\tan \Phi$$

$N_\gamma$  = Se multiplica por 0.6 en el caso de zapatas cuadradas y por  $[1-0.4(B/L)]$ , para el caso de cimientos rectangulares.

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

$P_v$  = Presión vertical total a la profundidad de desplante de la cimentación, en ton/m<sup>3</sup>

Considerando los valores ya establecidos para la cohesión y el ángulo de fricción interna por los materiales de apoyo de las zapatas en cada una de las definidas, se obtuvieron capacidades de carga admisibles de 22, 16 y 12 ton/m<sup>2</sup>, para las zonas I, II y III, respectivamente.

## 5.2.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS ZAPATAS.

Para el dimensionamiento de las zapatas se deberá considerar que el Reglamento de Construcciones indica tomar la carga que resulte mayor de las siguientes condiciones:

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

En el caso de la combinación de cargas (en particular los que incluyan solicitaciones sísmicas) que den lugar a excentricidades actuando a una distancia "e" del eje centroidal del cimiento, el ancho efectivo de éste deberá considerarse igual a:

$$B' = B - 2e$$

Donde:

B' : ancho reducido, en m

B: ancho de la zapata, en m

e= excentricidades con respecto al centroide de área de cimentación.

De acuerdo a las características estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo en el sitio de interés, el coeficiente sísmico que deberá considerarse en el análisis dinámico será de 0.32

### 5.3.- ESTADO LIMITE DE FALLA EN CONDICIONES ESTATICAS.

Considerando la combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad máxima, más el peso de la cimentación, afectadas por un factor de 1.4, deberá verificarse que la desigualdad siguiente se satisfaga:

$$\frac{\sum QF_c}{A} < RF_R$$

Donde:

$\Sigma Q$ : Suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada en, ton.

Fc= Factor de carga, adimensional e igual a 1.4

A= Area de apoyo de la zapata de cimentación, en, m<sup>2</sup>

R= Capacidad de carga de los materiales que subyacen a la zapata de cimentación.

$F_R$ = Factor de resistencia igual a 0.7

#### 5.4- ESTADO LIMITE DE FALLA EN CONDICIONES DINAMICAS

Considerando la combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad instantánea y acción accidental más crítica (sismo), más el peso de la cimentación, afectadas por un factor de carga de 1.1, deberá comprobarse que la desigualdad siguiente se satisfaga:

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

Donde:

$F_c$ = Factor de carga, que para este caso es igual a 1.1

$R$ = Capacidad de carga de los materiales que subyacen a la zapata de cimentación.

$F_R$ = Factor de resistencia igual a 0.7

#### 5.5.-ESTADO LIMITE DE SERVICIO

Para estimar los asentamientos que sufrirán las estructuras a largo plazo por efecto de las deformaciones elásticas y viscoplásticas, que provocarán los materiales del subsuelo las sobrecargas impuestas por el proyecto se consideró la distribución de zapatas mostradas en la figura 91, las que aplicaron una presión de contacto de 7 ton/m<sup>2</sup>, además considerando que para sobreelevar el nivel de piso al nivel del andén se empleará un terraplen, como se indica en la figura 92 y 93, se consideró el área cubierta por las estructuras una sobrecarga uniformemente distribuida de 1.8 ton/m<sup>2</sup>, y finalmente el incremento de carga debido al almacenamiento en los locales comerciales se consideró el arreglo en la figura 93, con algunos locales con la carga máxima de estiba de 2 ton/m<sup>2</sup>, otros con una carga media de 1 ton/m<sup>2</sup> y otros sin carga.

En el análisis se empleó un programa de computadora que determina la distribución del incremento de esfuerzos en el subsuelo por efectos de las cargas aplicadas de acuerdo a la teoría de Boussinesq y en base a estos los asentamientos tomando en cuenta las presiones efectivas actuales del subsuelo y

las características de estratificación y compresibilidad de los depósitos arcillosos afectados por las sobrecargas aplicadas, considerando la variación de estos últimos en el área cubierta por el proyecto. Se obtuvieron los asentamientos que se muestran en la figura 94, considerando la cimentación flexible, es decir sin modificar los movimientos por efecto de la rigidez de la estructura, resultando valores admisibles tanto en cuanto a los valores de los asentamientos totales como los hundimientos diferenciales, aun considerando que algunos locales mantuvieron condiciones de estiba máxima junto a otros vacíos por periodos importantes. En base a lo anterior el peralte de las contratrabes de las zapatas considerado de 2m, de acuerdo al croquis de la figura 94, se considera suficiente y dará lugar a que prácticamente se reduzcan a valores mínimos los hundimientos diferenciales.

## 5.6.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

A continuación se indica el procedimiento constructivo para la excavación que alojará a las zapatas de cimentación:

- a) Las excavaciones necesarias para alojar a las zapatas de cimentación se podrán hacer empleando maquinaria hasta 0.2m arriba del nivel de desplante, en la última capa se excavará a mano para evitar el remoldeo del material de apoyo.
- b) Deberá verificarse que al nivel de desplante recomendado no se tengan rellenos en cuyo caso deberán eliminarse y sustituirse con tepetate compactado al 95% en capas de 15cm de espesor.
- c) Una vez alcanzado el nivel de desplante recomendado, se deberá verificar que no existan materiales de relleno a la profundidad de desplante recomendada.
- d) Se colocará a la brevedad posible una plantilla de concreto pobre que proteja al material de remoldeo y fisuramiento por pérdida de humedad.
- e) Se procederá a colocar el armado y colocar las zapatas.

## 6.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

El nivel de piso de andenes se eligió para compensar cortes y terracerías, considerando que los materiales que se excaven para alojar los pavimentos se emplearon en la construcción de terraplenes sobre los que se apoyará la loza de piso al nivel de andén.

Para efectos del presente análisis que el nivel de piso terminado de andén será de 0.85m, respecto al nivel medio de la superficie o actual del terreno, como se indica en la figura 95. La elección definitiva del nivel de piso de andén deberá hacerse mediante un análisis más detallado del movimiento de tierra que considere la topografía actual de la superficie del terreno y los volúmenes de excavación y de terracerías es la siguiente:

1.- Se despalmara la superficie completa, dentro del área en que se efectuará el movimiento de tierras a una profundidad de 15cm. El material producto del despalme que contenga materia orgánica se retirará del área al lugar indicado por la dirección de obra, el material restante se acamellonará en los linderos del área para ser usado en la construcción de los terraplenes en los que se apoyará la loza de piso del nivel de andén.

2.- En las áreas en las que se vaya a colocar el terraplén, antes de su construcción se deberán escarificar la superficie del terreno natural hasta una profundidad de 15cm, compactándolo al 90% proctor estándar.

3.- Todas las referencias topográficas existentes en el lugar se respetarán durante la construcción, tales como; alineamientos, niveles, señalamientos, etc, reponiéndose en que caso de que se dañen o alteren.

4.- A fin de poder emplear en la construcción de los terraplenes los materiales arcillosos producto de las excavaciones que alojarán los pavimentos y dado que éstos son plásticos se les adicionará cal hidratada en un porcentaje de 4% en peso, aproximadamente.

5.- En caso de requerirse material importado para la construcción del terraplén podrán ser utilizadas mezclas de gravas, arenas y material fino (tepetate) que satisfagan las siguientes especificaciones:

Límite líquido	40% máximo
Índice Plástico	20% máximo
Contracción lineal	5% máximo
Valor relativo de soporte (CBR)	10% mínimo

---

Contenido de agua óptimo	30% máximo
Peso volumétrico seco máximo	1.3 ton/m <sup>3</sup> mínimo

6.- Los materiales con los que se construirán las plataformas se disgregarán hasta el grado de no presentar grumos o terrones y se mezclarán en forma mecánica hasta obtener una revoltura homogénea en su constitución y granulometría, incorporando cal hidratada en un porcentaje de 4% en peso.

7.- Los materiales que constituirán los terraplenes ya mezclados y con el contenido de agua óptimo, previamente determinado en el laboratorio, se colocarán en capas de 20 cm de espesor, como máximo, compactadas al 90 % de su peso volumétrico seco máximo según la prueba proctor estándar, hasta alcanzar el nivel del lecho inferior de la loza de piso del nivel de andén empleando rodillo pata de cabra.

8.- Se deberán efectuar pruebas de compactación en las capas compactadas para verificar el porcentaje de compactación alcanzado en la construcción. Se recomienda hacer una prueba de consistencia en una cala volumétrica, por cada 50 m<sup>3</sup> de material compactado

9.- Para el control de compactación, se recomienda que desde las primeras capas tendidas se desarrolle un terraplén de prueba, para definir el número de pasadas óptimo con el equipo elegido.

El proceso de compactación será controlado por el laboratorio de mecánica de suelos, usando la expresión:

$$\% \text{ de compactación} = \frac{\gamma_d \text{ sitio}}{\gamma_d \text{ óptimo}} \times 100$$

Requiriéndose como mínimo el 90%

10.- Una vez alcanzado el nivel del lecho inferior del piso de andén se efectuarán las excavaciones que alojarán las zapatas y contratrabes. Deberá preverse la existencia de un muro perimetral que confine los terraplenes; como se muestra en la figura 96.

## 7.- DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.

El pavimento flexible que se construirá en las distintas zonas de circulación de vehículos dentro del centro de Acopio se diseño aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM<sup>2</sup>, Para un período de vida útil de veinte años, considerando que la superficie del terreno natural es sensiblemente horizontal, que los depósitos superficiales del subsuelo son materiales cohesivos y homogéneos en toda el área y que están constituidos por arcilla poco arenosa, café, con distintas tonalidades, cuyo contenido de agua medio es de 22%, valor relativo de soporte en estado natural promedio de 2.9% y en especímenes recompactados al 90% de su peso volumétrico seco máximo PVSM obtenido en la prueba próctor estándar de 5.1% y recompactadas al 95% de su PVM de 8.6%.

De acuerdo a la cantidad de bóvedas y cajones de estacionamiento que contempla el proyecto, se estima que arriba al centro 1000 vehículos diarios, de los cuales el 40% serán de carga y el 60% automóviles y camionetas ligeras, las cuales circularán por diferentes carriles y zonas, dando lugar a que existan áreas con diferente flujo vehicular, lo que dará que como resultado el pavimento tenga área de distintos espesores.

Para el diseño de la sección estructural de pavimentos se consideraron los siguientes parámetros de resistencia de los elementos que la formarán.

CBR suelo de cimentación	2.9%	
CBR Capa Subrasante	15%	Compactada al 90%
CBR Capa sub-base	50%	Compactada al 95%
CBR Capa base	80%	Compactada al 98%

El valor relativo de soporte crítico,  $CBR_c$  se obtuvo mediante la siguiente expresión:

$$CBR_c = CBR (1-CV)$$

En la cual:

CBR: valor relativo de soporte

C: factor que depende del nivel de confianza, considerando de 80%

<sup>2</sup> Corro Santiago, Magallanes Roberto y Prado Guillermo. "Instructivo para diseño estructural de pavimentos flexibles para carreteras" (Elaborado para la secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas). Instituto de Ingeniería, UNAM, N° 444, Noviembre 1981.

V: coeficiente de variación de los valores de prueba, considerada de 15% para el suelo natural y 5% para los otros materiales.

Se obtuvieron los siguientes valores del valor relativo de soporte crítico:

CBRc suelo natural	2.6%
CBRc capa subrasante	14.4%
CBRc capa sub-base	48%
CBRc capa base	76.8%

Se estimo que el tránsito diario anual inicial, TPDA, será de 1000 vehículos. La siguiente tabla describe el tipo de vehículos estimados, que transitarán.

Tipo de vehículo	TPDAi	Composición	Proporción	
			Cargados	Vacios
T3-S2 Tractor de 3 ejes con Semiremolque de dos ejes	60	0.06	1	0
T2-S2 Tractor de 2 ejes con Semiremolque de 2 ejes	20	0.02	1	0
C-3 Camión de 3 ejes	160	0.16	1	0
C-2 Camión de 2 ejes	80	0.08	0.5	0.5
A'-2 Camión ligero con Capacidad hasta de 3ton	80	0.08	0.1	0.9
A2 Automóvil	600/E1000	0.60/E1.0	0	1

El tránsito equivalente o número de cargas estándar, de 8.2 ton por eje, acumulado al final del período de análisis,  $\Sigma L$ , requiere de la determinación de los coeficientes de daño por eje y por vehículo, el que se calculo mediante el empleo de la siguiente expresión:

$$\Sigma L = (TDPA)(C_D)(C_T) \sum_{i=1}^P C_i (w_i \Sigma dm + (1 - w_i) \Sigma dv)$$

Donde:

$C_i$  = proporción de cada tipo de vehículo (i) en la corriente de tránsito (composición).

$CD$  = proporción del número de vehículos en el carril de proyecto (distribución direccional)

$CT$  = coeficiente de acumulación del tránsito al cabo de veinte años de operación, con una tasa de crecimiento anual de 3%, obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$C_T = 365 \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{R} \right]$$

En la cual:

$n$  = número de años de servicio

$r$  = tasa de crecimiento anual

$dm$  = coeficiente de daño del vehículo tipo i cargado

$dv$  = coeficiente de daño del vehículo tipo i vacío

$TDPA$  = volumen de tránsito diario promedio anual en el año inicial de operación.

$W_i$  = proporción de vehículos cargados por cada tipo de vehículo, i

$\Sigma L$  : número de aplicaciones de carga estándar producidas por p tipo de vehículos durante n años.

Los coeficientes de daño varían con la profundidad y el tipo de vehículo, se considero las condiciones correspondientes a un camino tipo "B", se tendrán los siguientes coeficientes:

Tipo de vehículo		Coeficiente de daño bajo carga máxima (dm)				Coeficiente de daño vacío de (dv)			
		Z=0	Z=15	Z=30	Z=60	Z=0	Z=15	Z=30	Z=60
T3-S2	1*	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.079	0.019	0.010
	2*	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.017	0.017	0.001
	3**	<u>2.000</u>	<u>1.615</u>	<u>1.072</u>	<u>1.089</u>	<u>2.000</u>	<u>0.017</u>	<u>0.017</u>	<u>0.001</u>
	Σ=	5.000	3.491	2.250	2.249	5.000	0.113	0.053	0.012
T2-S2	1*	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.071	0.016	0.009
	2*	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.071	0.016	0.009
	3***	<u>2.000</u>	<u>1.615</u>	<u>1.072</u>	<u>1.089</u>	<u>2.000</u>	<u>0.012</u>	<u>0.001</u>	<u>0.001</u>
	Σ=	4.000	3.110	2.661	2.790	4.000	0.154	0.033	0.019
C-3	1*	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.106	0.028	0.016
	2**	<u>2.000</u>	<u>1.615</u>	<u>1.072</u>	<u>1.089</u>	<u>2.000</u>	<u>0.021</u>	<u>0.002</u>	<u>0.001</u>
	Σ=	3.000	1.876	1.178	1.160	3.000	0.127	0.030	0.017

Tipo de vehículo		Coeficiente de daño bajo carga máxima (dm)				Coeficiente de daño vacío de (dv)			
		Z=0	Z=15	Z=30	Z=60	Z=0	Z=15	Z=30	Z=60
C-2	1*	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.044	0.009	0.004
	2*	<u>1.000</u>	<u>1.234</u>	<u>1.483</u>	<u>1.630</u>	<u>1.000</u>	<u>0.044</u>	<u>0.009</u>	<u>0.004</u>
	Σ=	2.000	1.495	1.589	1.701	2.000	0.088	0.018	0.008
A'2	1*	0.268	0.003	0.000	0.000	0.268	0.001	0.000	0.000
	2*	<u>0.268</u>	<u>0.061</u>	<u>0.023</u>	<u>0.015</u>	<u>0.268</u>	<u>0.001</u>	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>
	Σ=	0.536	0.064	0.023	0.015	0.536	0.002	0.000	0.000

\*Eje sencillo  
\*\*Eje tandem

La carpeta se diseño como una capa superficial empleando profundidad de daño Z=0 cm, la base para una profundidad de daño Z=15cm, la sub-base para una profundidad de daño de Z=30cm y para la capa subrasante la profundidad de daño empleada Z=60cm y el número de cargas estándar acumulado al final del análisis Σ L, o tránsito equivalente obtenido en el siguiente:

Area Capa	Camino de Acceso	Calles Laterales	Andenes de circulación y estacionamiento
	$\Sigma L$	$\Sigma L$	$\Sigma L$
Carpeta	$5.2 \times 10^6$	$2.6 \times 10^6$	$1.3 \times 10^6$
Base	$3.1 \times 10^6$	$1.6 \times 10^6$	$0.8 \times 10^6$
Sub-base	$2.2 \times 10^6$	$1.1 \times 10^6$	$0.6 \times 10^6$
Terracerías	$2.2 \times 10^6$	$1.1 \times 10^6$	$0.6 \times 10^6$

Como se estima un buen control de construcción y conservación adecuada se eligió un nivel de confianza  $Q_u=0.7$

Para establecer los espesores equivalentes,  $Z_i$ , mínimos requeridos sobre una capa, se utilizó el nomograma de diseño indicado en el instructivo de Diseño de Pavimentos, correspondiente al nivel de confianza,  $Q_u=7$  y los argumentos de entrada  $\Sigma L$  y  $CBR_c$ , que se muestra en la figura 96

El espesor real de una capa cualquiera se obtiene dividiendo el espesor equivalente de dicha capa por su coeficiente de resistencia estructural, así, que es igual a 2 para carpetas de concreto asfáltico y de 1 para las otras capas. En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos:

Material de $CBR_c$ capa	Espesor equivalente para $Z=0$ cm	Espesor equivalente para $Z=15$ cm	Espesor equivalente para $Z=30$ cm	Espesor equivalente para $Z=60$ cm
Carpeta -----	$Z_1=17$ cm			
Base 76.8		$Z_2=23$ cm		
Sub-base 48.0			$Z_3=28$ cm	
Subrasante 14.4				$Z_4=75$ cm
Suelo de cimentación 2.6				

Espesor de carpeta (espesor).	$Z_1 = 17$ cm (espesor equivalente), $Z_1 a_1 = 8.5$ cm
Espesor de base	$Z_2 - Z_1 = 23 - 17 = 6$ cm*
Espesor de sub-base	$Z_3 - Z_2 = 28 - 23 = 5$ cm*
Espesor de subrasante	$Z_4 - Z_3 = 75 - 28 = 47$ cm

Considerando razones constructivas y de durabilidad, el espesor del pavimento será :

Capa	Espesor
Carpeta	10cm
Base	15cm
Sub-base	15cm
Terracería	25cm**

Material de CBR <sub>c</sub> capa	Espesor equivalente para Z=0 cm	Espesor equivalente para Z=15cm	Espesor equivalente para Z=30cm	Espesor equivalente para Z=60cm
Carpeta -----	Z <sub>1</sub> =14cm			
Base 76.8		Z <sub>2</sub> =20cm		
Sub-base 48.0			Z <sub>3</sub> =25cm	
Subrasante 14.4				Z <sub>4</sub> =70cm
Suelo de cimentación 2.6				

Espesor de carpeta (espesor).	Z <sub>1</sub> = 14cm (espesor equivalente), Z <sub>1</sub> a <sub>1</sub> = 7 cm
Espesor de base	Z <sub>2</sub> -Z <sub>1</sub> = 20-14= 6cm*
Espesor de sub-base	Z <sub>3</sub> -Z <sub>2</sub> = 25-20= 5cm*
Espesor de subrasante	Z <sub>4</sub> -Z <sub>3</sub> = 70-25=45cm

Considerando razones constructivas y de durabilidad, el espesor del pavimento será :

Capa	Espesor
Carpeta	10cm
Base	15cm
Sub-base	15cm
Terracería	20cm**

\*Por especificación el espesor mínimo es de 15cm

\*\* Al aumentar el espesor de la base por especificaciones; se admite reducir el espesor del terraplén.

**ANDEN DE CIRCULACION Y ESTACIONAMIENTO**

Material de CBR <sub>c</sub> capa	Espesor equivalente para Z=0 cm	Espesor equivalente para Z=15cm	Espesor equivalente para Z=30cm	Espesor equivalente para Z=60cm
Carpeta -----	Z <sub>1</sub> =11cm			
Base 76.8		Z <sub>2</sub> =18cm		
Sub-base 48.0			Z <sub>3</sub> =23cm	
Subrasante 14.4				Z <sub>4</sub> =65cm
Suelo de cimentación 2.6				

Espesor de carpeta (espesor).	Z <sub>1</sub> = 11cm (espesor equivalente), Z <sub>1</sub> a <sub>1</sub> = 5.5 cm
Espesor de base	Z <sub>2</sub> -Z <sub>1</sub> = 18-11= 7cm*
Espesor de sub-base	Z <sub>3</sub> -Z <sub>2</sub> = 23-18= 5cm*
Espesor de subrasante	Z <sub>4</sub> -Z <sub>3</sub> = 65-23=42cm

Considerando razones constructivas y de durabilidad, el espesor del pavimento será :

Capa	Espesor
Carpeta	7.5cm
Base	15cm
Sub-base	15cm
Terracería	20cm**

En las figuras 97 a 99 se muestran las secciones estructurales del pavimento en las distintas zonas, la que se muestra en la figura 100.

En el anexo I se presentan, las especificaciones necesarias para la construcción de los pavimentos.

# ANEXO

## ESPECIFICACIONES PARA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

---

## ANEXO I

### ESPECIFICACIONES PARA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

#### 1.- NIVELES

Se harán excavaciones o se construirán rellenos que la subrasante tenga los niveles indicados en el proyecto.

Para eliminar la capa de suelo que contiene materia orgánica, deberá hacerse un despalme mínimo de 15cm, a partir del nivel del terreno natural. El material producto del despalme será desechado.

Todas las referencias topográficas existentes en el lugar se respetarán durante la construcción, tales como: alineamiento, niveles, señalamientos, etc, reponiéndose en caso de que se dañen o alteren.

#### 2.- MATERIALES

Para construir los pavimentos se requerirán materiales para terracerías, sub-base, base y carpeta asfáltica

Las características que deberán tener los materiales son las siguientes:

##### 2.1 Para terracerías

Para la construcción de los terraplenes podrán ser utilizados mezclas de gravas, arenas y material fino que satisfagan las siguientes especificaciones :

Límite líquido	35% máx
Índice plástico	15% máx
Contracción lineal	5% máx
Valor relativo de soporte (CBR)	15% mín
Contenido de agua óptimo	25% máx
Peso volumétrico seco máximo	1300 kg/m <sup>3</sup> mín

## 2.2 Para sub-base

### a) De granulometría

La curva granulométrica deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 ( ver figura 101), adoptando una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas y no tener cambios bruscos de pendiente. La relación del porcentaje en peso que pasa la malla No 200 al que pasa la malla No 40, no deberá ser superior a 0.65

### b) De contracción lineal, valor cementante, valor relativo de soporte (CBR), tamaño máximo y peso volumétrico.

#### Zonas granulométricas del material

	1	2	3
Contracción lineal %	4.5 máx	3.5 máx	2.5 máx
Valor cementante, Kg/cm <sup>2</sup>	3.5 mín	2.5 mín	2.5 mín
Valor relativo de soporte, %	50 mín	50 mín	50 mín
Tamaño máximo del Agregado	3/8" máx	1" máx	2" máx
Peso volumétrico seco máximo, Kg/m <sup>3</sup>	1700	1700	1700

## 2.3 Para base

### a) De granulometría

La curva granulométrica deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 2 ( ver figura 102, adoptando una forma semejante la de las curvas que limitan las zonas, y no tener cambios bruscos de pendientes.

La relación de porcentaje en peso que pasa la malla No 40, no deberá ser superior a 0.65.

- b) De contracción lineal, valor cementante, valor relativo de soporte (CBR), tamaño máximo y peso volumétrico seco máximo, las siguientes:

	Zonas granulométricas del material	
	1	2
Contracción lineal %	3.5 máx	2.0 máx
Valor cementante, Kg/cm <sup>2</sup>	4.5 mín	3.5 mín
Valor relativo de soporte, %	80 mín	80 mín
Tamaño máximo del Agregado	2" máx	1" máx
Peso volumétrico seco máximo, Kg/m <sup>3</sup>	1800 mín	1800 mín

## 2.5 Para carpeta asfáltica

El contratista deberá proponer la planta de asfalto que suministre la mezcla, la cual deberá ser calificada por el director de la obra, de acuerdo con las normas marcadas a continuación:

Para construir la carpeta deberá utilizarse concreto asfáltico mezclado en caliente, con las siguientes características en prueba Marshall:

Relación de vacíos	3-5 %
Estabilidad	700 kg/min
Flujo	2 a 4.5
Contenido asfáltico	El óptimo $\pm$ 0.2% obtenido en la prueba Marshall.

En la mezcla deberá emplearse cemento asfáltico No 6 con las siguientes características :

Penetración	80 - 100 grados
Punto de inflamación	232 ° C mín
Ductibilidad	100 cm- mín
Solubilidad	99.5% mín
Viscosidad	85 mín

La curva granulométrica del agregado pétreo deberá quedar comprendida entre los límites marcados en la figura 103 sin presentar cambios bruscos de pendiente.

Las características físicas del agregado pétreo deberán satisfacer los siguientes valores :

Tamaño máximo	3/4"
Contracción lineal	2.0 %
Desgaste "Los Angeles"	40 % máx
Forma de partículas alargadas	35 % máx
Equivalente de arena	55 % mín
Afinidad con el asfalto	
Desprendimiento por fricción	25 % máx
Pérdida por estabilidad de inmersión de agua	25 % máx

### 3.- GRADOS DE COMPACTACIÓN

Los grados de compactación deberán alcanzarse en las diferentes capas que forman el pavimento serán los siguientes :

Subrasante (en terracerías):	95% con respecto a la prueba Próctor estándar.
Terracerías:	90% con respecto a la prueba Próctor estándar.
Sub-base:	98% con respecto a la prueba Pórtter estándar.
Base:	95% con respecto a la prueba Pórtter estándar.
Carpeta asfáltica	95% con respecto a la prueba Marshall.

Para el control de compactación, se recomienda que desde las primeras capas tendidas de cada tipo de material se desarrolle un terraplén de prueba, para definir el número de pasadas óptimo, con el equipo elegido, que sean necesarias para alcanzar el grado de compactación recomendado.

### 4- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

4.1 Se despalmará el terreno natural, eliminando la capa de suelo orgánico.  
El material producto del despalme será desechado.

- 4.2 En las zonas de corte las áreas que ocuparán los pavimentos se excavarán las cajas que los alojarán, debiendo quedar éstas debidamente afinadas y perfiladas.
- 4.3 Una vez abiertas las cajas se tenderá el material de terracerías, cuando este este mezclado con el contenido de agua óptimo, se tenderán por capas no mayores de 20cm en estado suelto y se compactará hasta alcanzar el grado de compactación especificado.
- 4.4 A continuación se colocará la sub-base. Para compactar se deberá humedecer y homogenizar el material hasta alcanzar un valor cercano a la humedad óptima ( $\pm 2\%$ ).
- 4.5 A continuación se hará una especificación a 5cm de profundidad de la sub-base y se colocará la base. Para compactar se deberá humedecer y homogenizar el material hasta alcanzar un valor cercano a la humedad óptima ( $\pm 2\%$ ).
- 4.6 Terminada la base se dejará orear por un período mínimo de 24 hrs a continuación se barrerá la superficie y se aplicará un riego de impregnación con asfalto rebajado tipo FM-0 o similar a razón de  $1.4 \text{ ton/m}^2$ , conservándose éste por un mínimo de 24 hrs, hasta comprobar mediante pruebas de campo la penetración de asfalto a la base
- 4.7 A continuación se aplicará un riego de liga con asfalto rebajado tipo FR-3 a razón de  $0.6 \text{ lts/m}^2$ , de 2 a 4 horas antes del tendido de la carpeta asfáltica.
- 4.8 Previamente al tendido de la mezcla asfáltica deberá aplicarse encima del riego de liga unas paladas de mezcla, para evitar que el tránsito necesario de construcción levante dicho riego. Posteriormente y para evitar la segregación, se tenderá la mezcla con una máquina terminadora (Finisher) en un espesor tal que una vez compactado se obtenga el de proyecto. La velocidad de la máquina terminadora al colocar la mezcla deberá estar comprendida entre 2 y 4 Km / hora.

Para obtener los espesores del material compacto de proyecto deberán controlarse los espesores que va dejando la terminadora según la siguiente relación:

$$\text{Espesor de proyecto} \times 1.3 \text{ (abundamiento)} = \text{Espesor tendido por Terminadora .}$$

La temperatura recomendable para el tendido debe estar comprendida entre  $100^\circ \text{ C}$  y  $130^\circ \text{ C}$ , debiendo evitarse éste , cuando la temperatura ambiente sea menor a los  $10^\circ \text{ C}$

4.9 La mezcla asfáltica deberá compactarse a una temperatura comprendida entre 90° y 110° C, siendo la óptima 100°C. La compactación se hará longitudinalmente traslapando a toda rueda, iniciando de la parte baja hacia la parte alta, avanzando la guarnición al centro del arroyo, el equipo recomendado es el siguiente:

- a) Para la compactación inicial deberá emplearse una compactadora de Rodillos lisos tipo Tander de 6 a 8 tons con una velocidad que no debe exceder de 5 Km / hora para evitar el levantamiento de la mezcla caliente, se traslapará entre pasadas y pasadas media rueda, con el objeto de darle al acomodo inicial al material.
- b) Una vez que la compactadora Tandem deja huellas apenas perceptibles se procederá a compactar la capa con una compactadora de tres rodillos lisos y un peso de 12 tons hasta que las huellas de ésta sean muy leves.
- c) La compactación final de la mezcla se dará con una compactadora neumática que borre las huellas que deja la máquina de 12 tons, hasta dejar una superficie afinada y adecuada al tránsito de vehículos.

4.10 Se impermeabilizará la carpeta asfáltica aplicando un sello con cemento como se indica a continuación :

- a) Una vez compactada y recibida la carpeta asfáltica y que esta haya adquirido la temperatura ambiente y antes de proceder al sello con cemento, deberá barrerse perfectamente la superficie dejándose libre de polvo e impureza.
- b) Posteriormente se distribuirá el cemento Portland en seco sobre la Superficie de la carpeta a razón de 3/4 kg por m<sup>2</sup>, tallándose enérgicamente con cepillos de fibra contra la superficie a fin de que penetre en la porosidad de la carpeta asfáltica.
- c) Después se adicionará el agua necesaria ( 1 a 1.5 lts/m<sup>2</sup> aproximadamente) para formar una lechada de consistencia media, la cual se distribuirá enérgicamente con los mismos cepillos, hasta lograr una superficie uniforme. En vías en dónde las pendientes sean mayores del 3% deberán tomarse las precauciones necesarias al adicionar el agua para evitar escurrimientos y deslaves.
- d) Se dejará reposar este sello cuando menos seis horas para evitar que el tránsito lo levante.

## 5.- CONTROL DE CALIDAD

### 5.1 Materiales de subrasante, base y sub-base

- a) Deberán verificarse las características de los materiales a emplearse en el pavimento, de acuerdo con lo especificado en el inciso 2.
- b) Para verificar los grados de compactación alcanzados, se llevará a cabo pruebas en cada capa. Se recomienda hacer una prueba por cada 50m<sup>3</sup> de material compactado.
- c) Para conocer las variaciones del peso volumétrico seco máximo de los materiales se recomienda hacer una prueba próctor o pórtor, según se requiera, por cada 500m<sup>3</sup> de material compactado o cuando cambie el tipo de material.
- d) El material deberá estar exento de materia orgánica y partículas extrañas.

### 5.2 Carpeta asfáltica

- a) Se deberán efectuar las pruebas indicadas en el inciso 2 a los materiales Empleados.
- b) Deberán verificarse las características del concreto asfáltico cada día de tendido mediante pastillas Marshall.
- c) Se controlará la temperatura de la mezcla asfáltica, de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

Al salir de la planta	120 a 150°C
Al tender	100°C
Al compactar	90°C

En general la compactación deberá terminarse a 70°C mínimo.

- d) Posteriormente deberán efectuarse pruebas de compactación y permeabilidad en la carpeta terminada.

ANEXO  
DE  
FIGURAS  
ILUSTRATIVAS

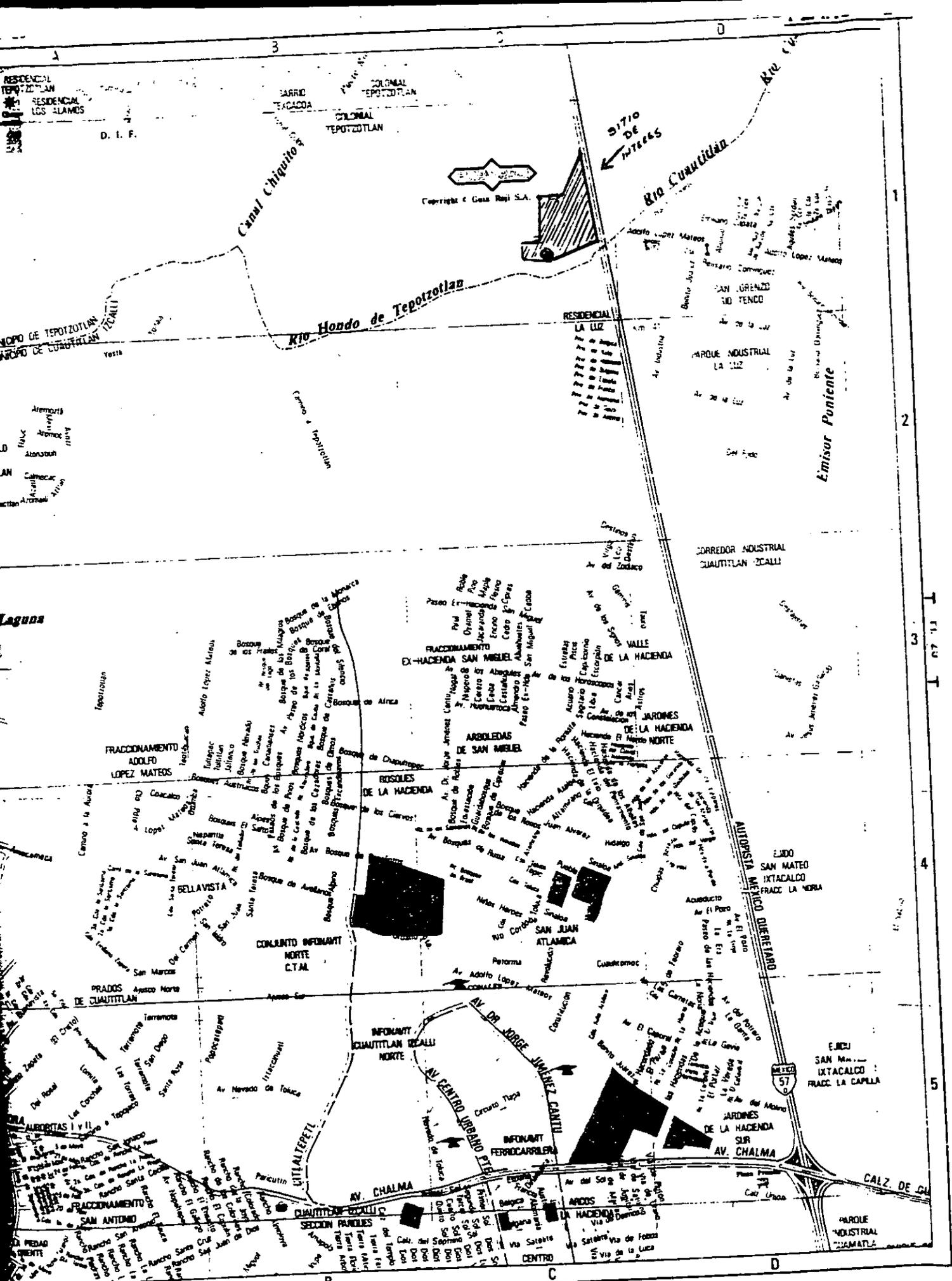
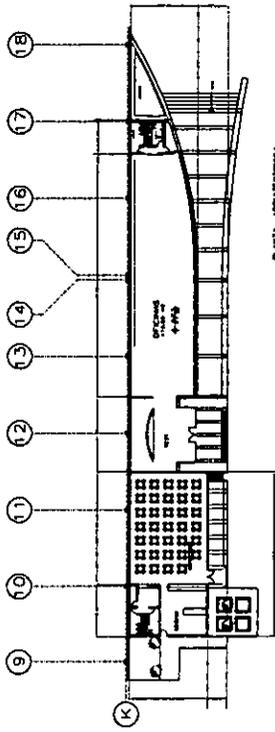


FIGURA 1

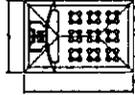
Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

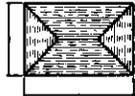
Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos  
Autor: Flavio Luviano Juárez



PLANTA ARQUITECTÓNICA

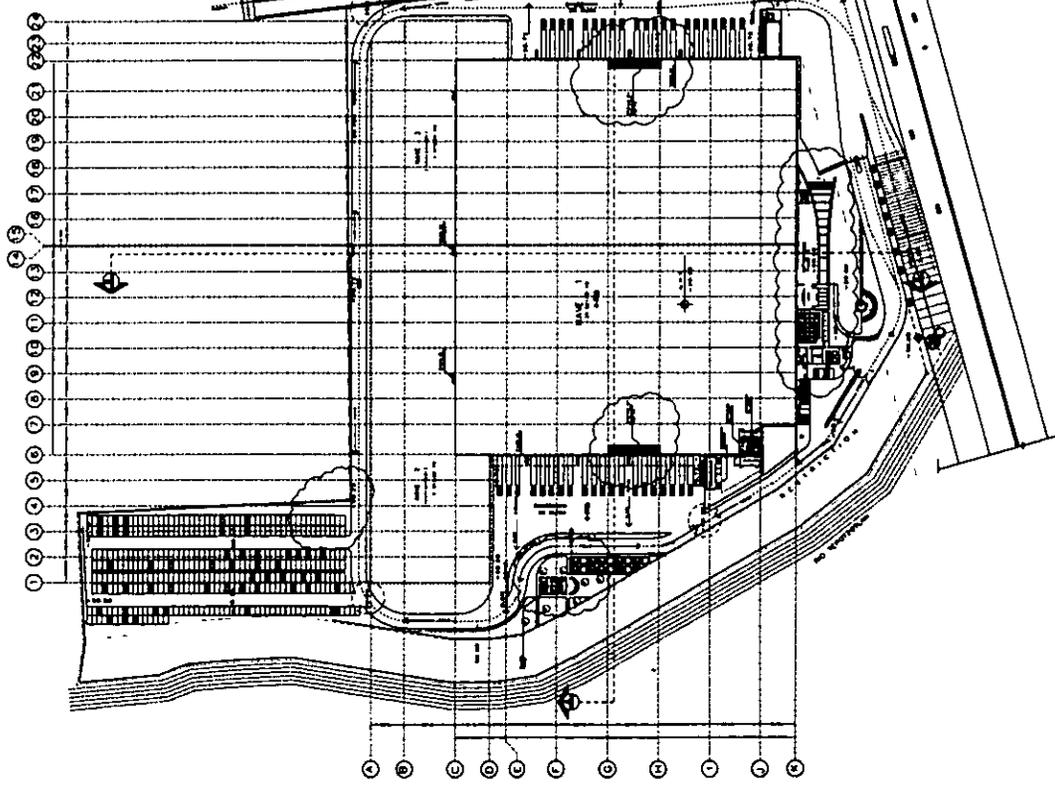
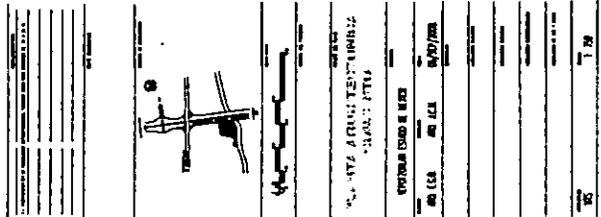


PLANTA ARQUITECTÓNICA



PLANTA ARQUITECTÓNICA

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
1	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	100	m <sup>2</sup>	1000	100000
2	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	200	m <sup>2</sup>	2000	400000
3	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	300	m <sup>2</sup>	3000	900000
4	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	400	m <sup>2</sup>	4000	1600000
5	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	500	m <sup>2</sup>	5000	2500000
6	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	600	m <sup>2</sup>	6000	3600000
7	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	700	m <sup>2</sup>	7000	4900000
8	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	800	m <sup>2</sup>	8000	6400000
9	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	900	m <sup>2</sup>	9000	8100000
10	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1000	m <sup>2</sup>	10000	10000000
11	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1100	m <sup>2</sup>	11000	12100000
12	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1200	m <sup>2</sup>	12000	14400000
13	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1300	m <sup>2</sup>	13000	16900000
14	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1400	m <sup>2</sup>	14000	19600000
15	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1500	m <sup>2</sup>	15000	22500000
16	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1600	m <sup>2</sup>	16000	25600000
17	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1700	m <sup>2</sup>	17000	28900000
18	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1800	m <sup>2</sup>	18000	32400000
19	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	1900	m <sup>2</sup>	19000	36100000
20	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	2000	m <sup>2</sup>	20000	40000000



PLANTA ARQUITECTÓNICA

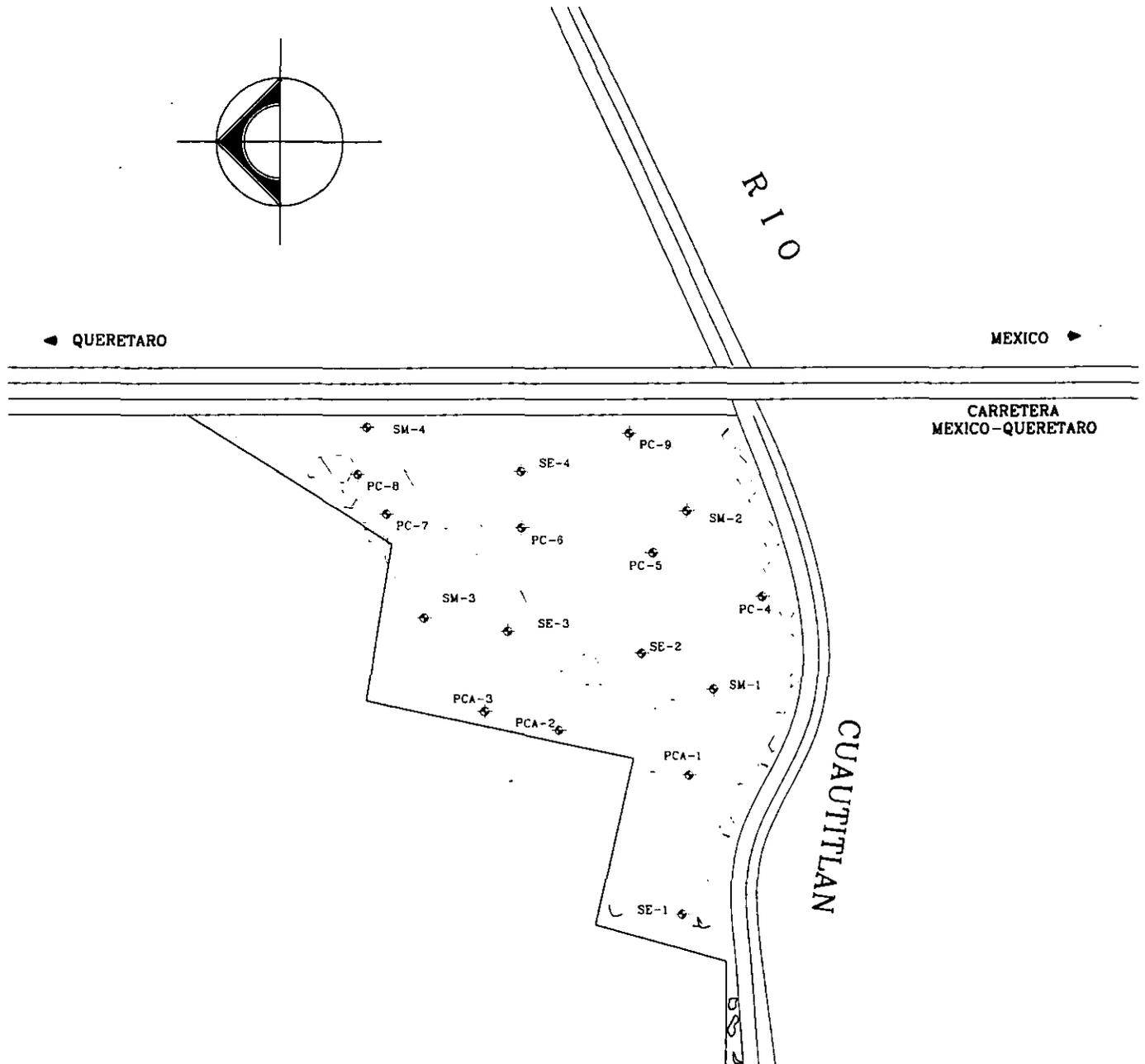


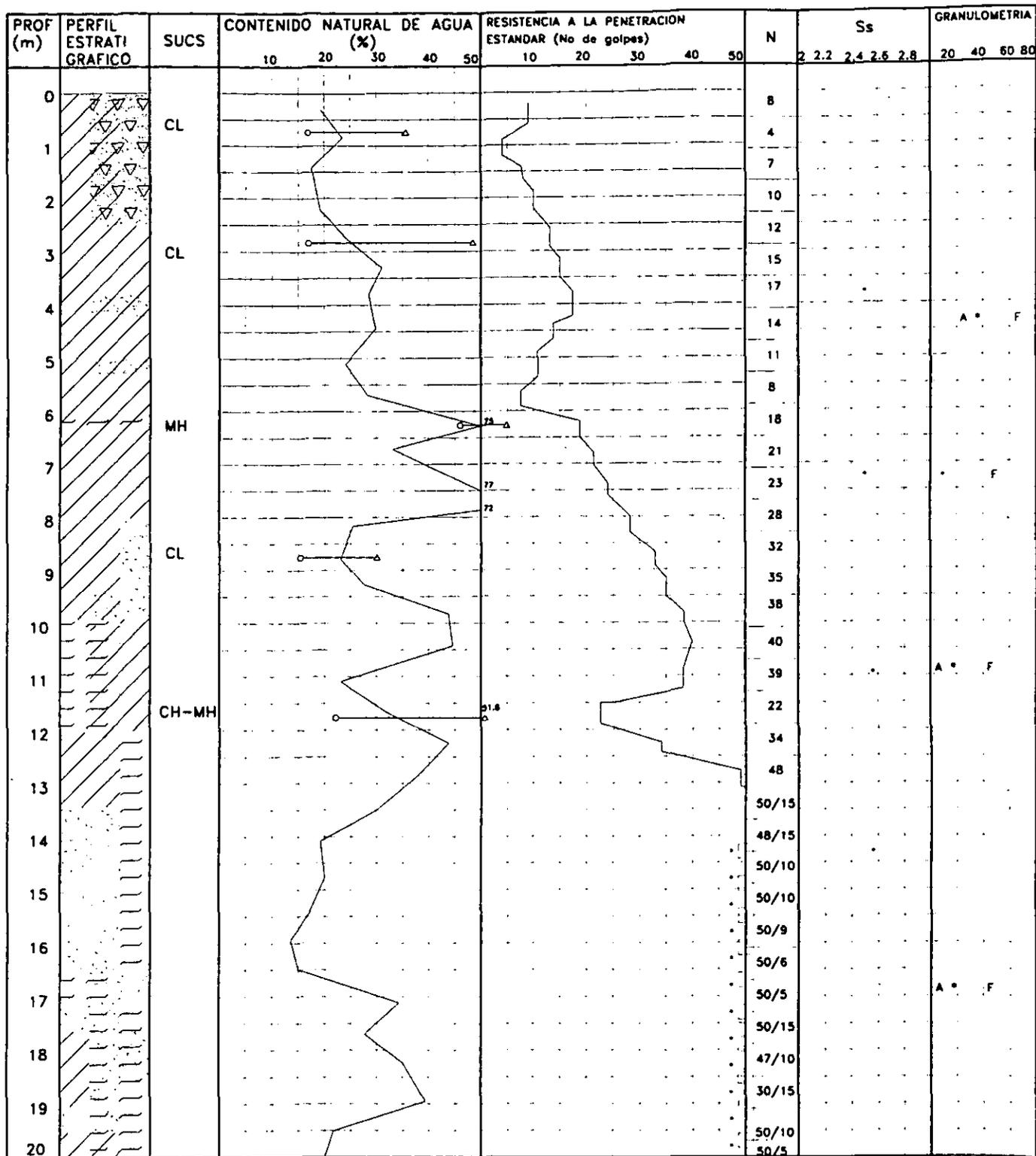
FIGURA 3



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

OBRA No LOCALIZACION CENTRO DE ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
TIPO DE SONDEO: EXPLORATORIO SE-1  
COTA NAF



## SIMBOLOGÍA

\* Avance con brazo tricnico Tr > de 50 golpes

LP ○ ——— Δ LL

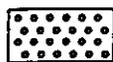
N = Número de golpes para 30 cm. No. de golpes / penetración en cm.

S<sub>s</sub> = densidad de sólidos

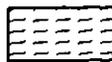
G = grava

A = arena

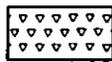
P = finos



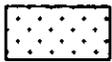
CONCHILLAS



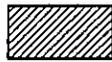
LIMO



MAT. ORGANICA



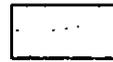
RELLENO



ARCILLA



GRAVA



ARENA

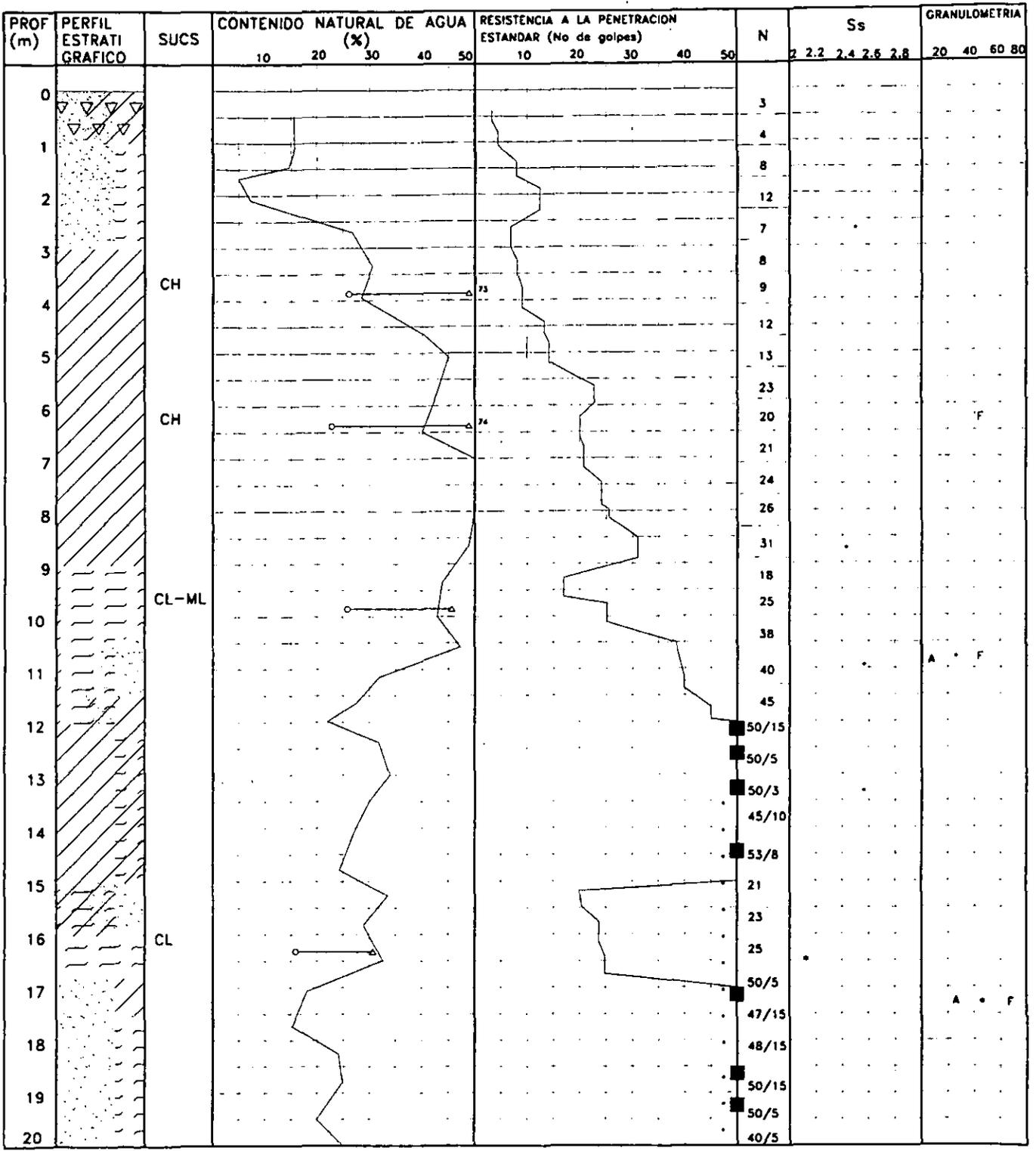
FIGURA No 4



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

OBRA No LOCALIZACION CENTRO DE ACOPIO TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
TIPO DE SONDEO: EXPLORATORIO SE-2  
COTA NAF



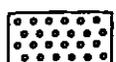
### SIMBOLOGÍA

• Avance con broca triconica Tr > de 50 golpes

LP ○ ———— △ LL

N = Número de golpes para 30 cm.  
No. de golpes / penetración en cm.

Ss = densidad de sólidos  
C = grava  
A = arena  
F = finos



CONCHILLAS

LIMO

MAT. ORGANICA

RELLENO

ARCILLA

GRAVA

ARENA

FIGURA No 5







Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

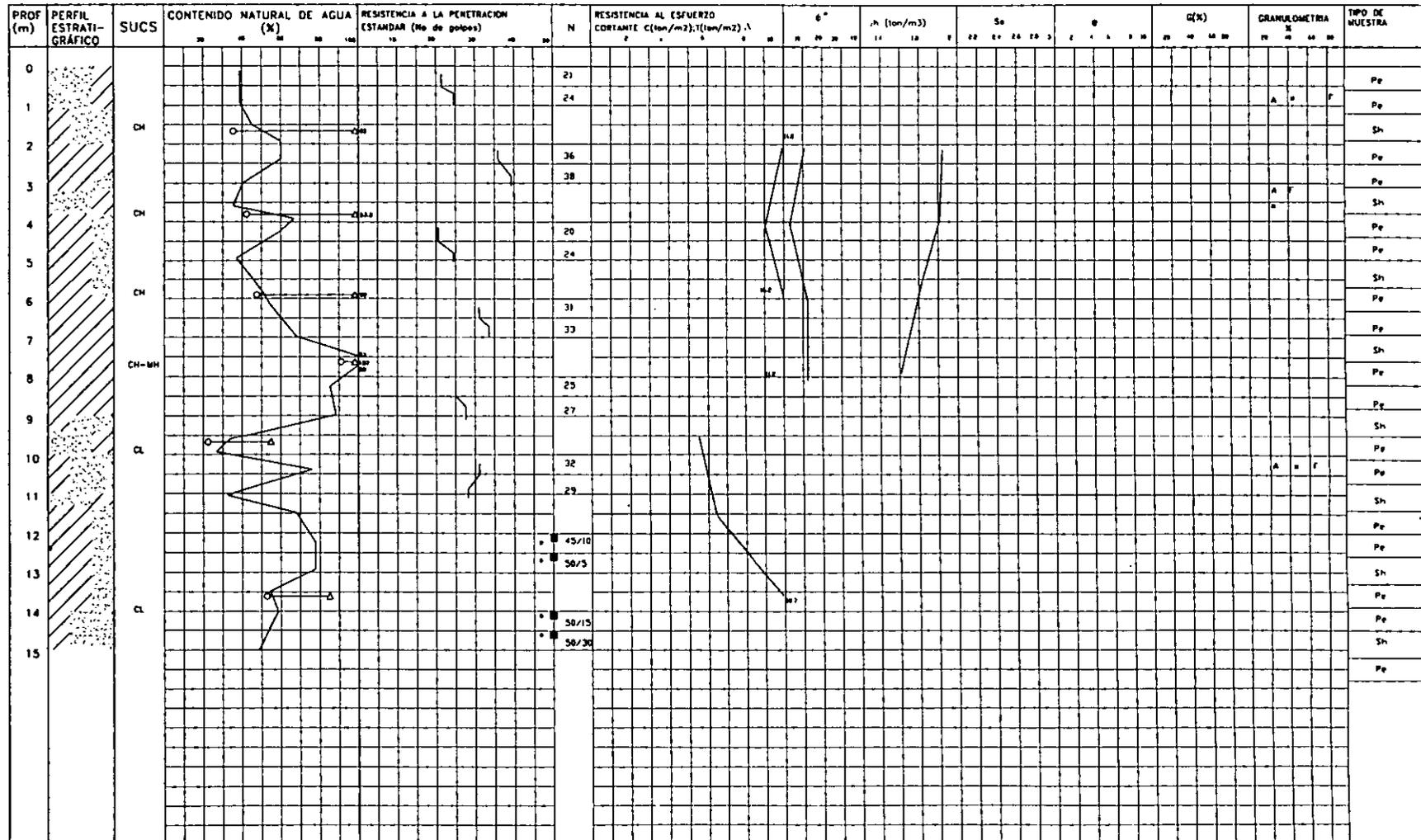
Autor: Flavio Luviano Juárez

OBRA No \_\_\_\_\_

LOCALIZACION \_\_\_\_\_

TIPO DE SONDEO SM-1

COTA \_\_\_\_\_ m N. A. F. \_\_\_\_\_ m



- SIMBOLOGÍA**
- CONCHILLAS
  - LIMO
  - MAT ORGÁNICA
  - RELLENO
  - ARCILLA
  - GRAVA
  - ARENA
- LP ———— LL      N = Número de golpes para 30 cm.  
 No. de golpes / penetración en cm
- Avance con broca trícónica      C = cohesión  
 > de 50 golpes      T = tercometro
- N = número de golpes      φ = ángulo de fricción interna  
 No. de golpes por penetración en cm      ρ<sub>s</sub> = peso volumétrico húmedo
- Se = densidad de sólidos      C = grava      Pe = penetración standar  
 e = relación de vacíos      A = arena      Sh = muestreo con tubo shelby  
 Gr = grado de saturación      F = finos      D = muestreo con tubo Denison  
 + = cohesión en triaxial UU      \* Triaxial CD      + Triaxial CU

FIGURA No 8



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

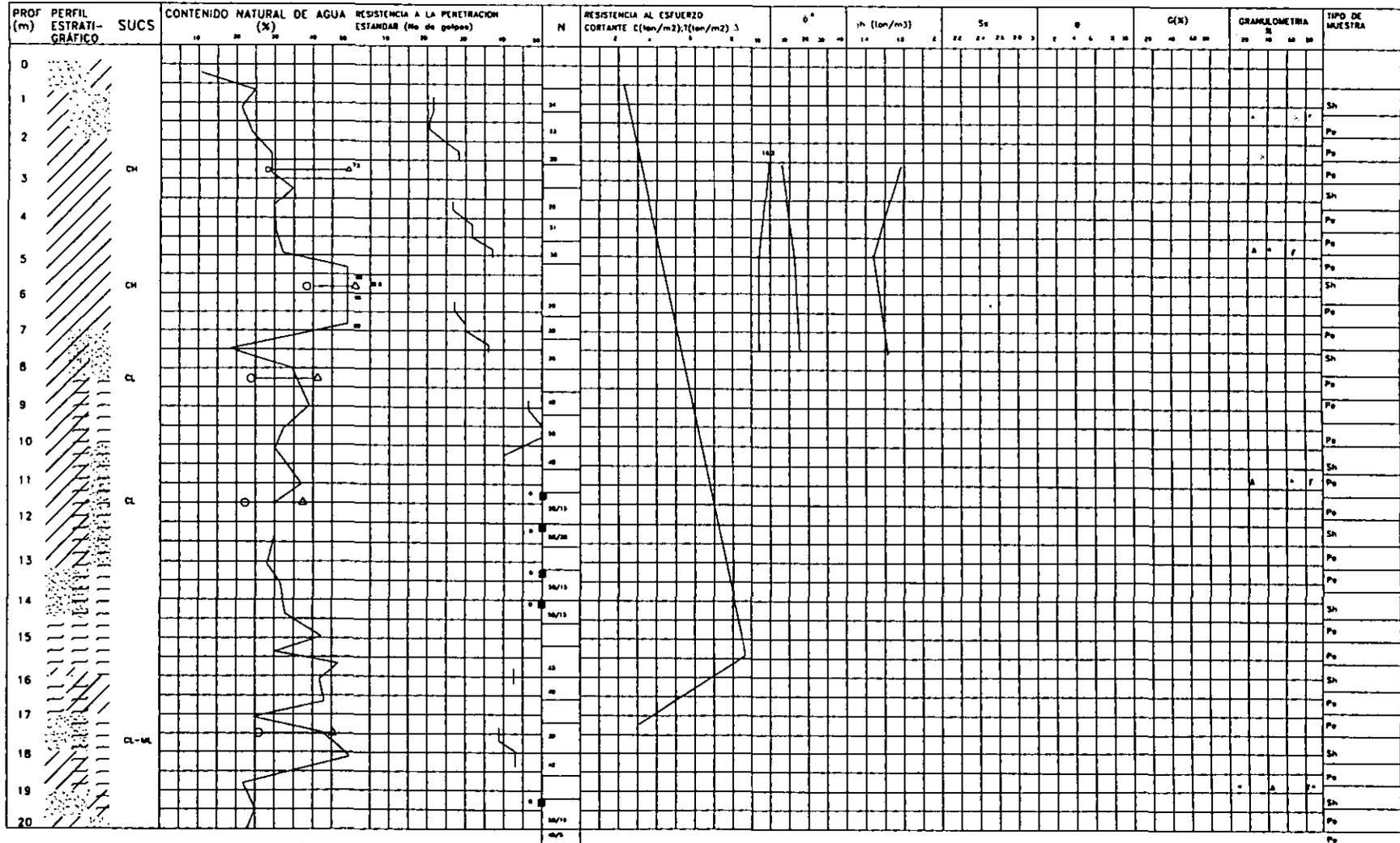
Autor: Flavio Luviano Juárez

OBRA No 91107-1

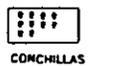
LOCALIZACION TEPOTZOTLAN EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO sm-2

COTA \_\_\_\_\_ m N. A. F. \_\_\_\_\_ m



SIMBOLOGIA



CONCHILLAS



LI MO



MAT. ORGANICA



RELLENO



ARCILLA



GRAVA



ARENA

LP ○ — △ LL

N = Número de golpes para 30 cm.  
No. de golpes / penetración en cm.

Avance con broca tricónica  
> de 50 golpes

N = número de golpes  
No de golpes por penetración en cm

C = cohesión  
T = torcometro

φ = ángulo de fricción interna  
sh = peso volumétrico húmedo

Se = densidad de sólidos  
e = relación de vacíos

Cr = grado de saturación  
+ = cohesión en triaxial UU

C = grava  
A = arena

F = limos  
\* Triaxial CD

Pe = penetración standar  
Sh = muestras con tubo shelly

D = muestras con tubo Dentson  
+ Triaxial CU

FIGURA No 9



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

OBRA No \_\_\_\_\_

LOCALIZACION TEPOTZOTLAN EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO sm-3

COTA \_\_\_\_\_ m N. A. F \_\_\_\_\_ m

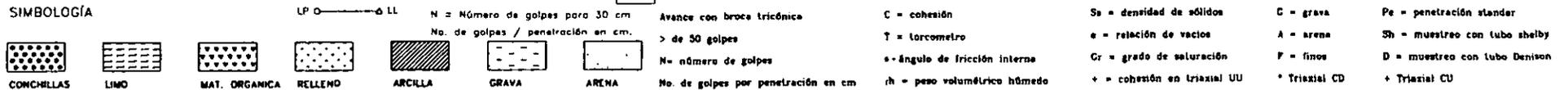
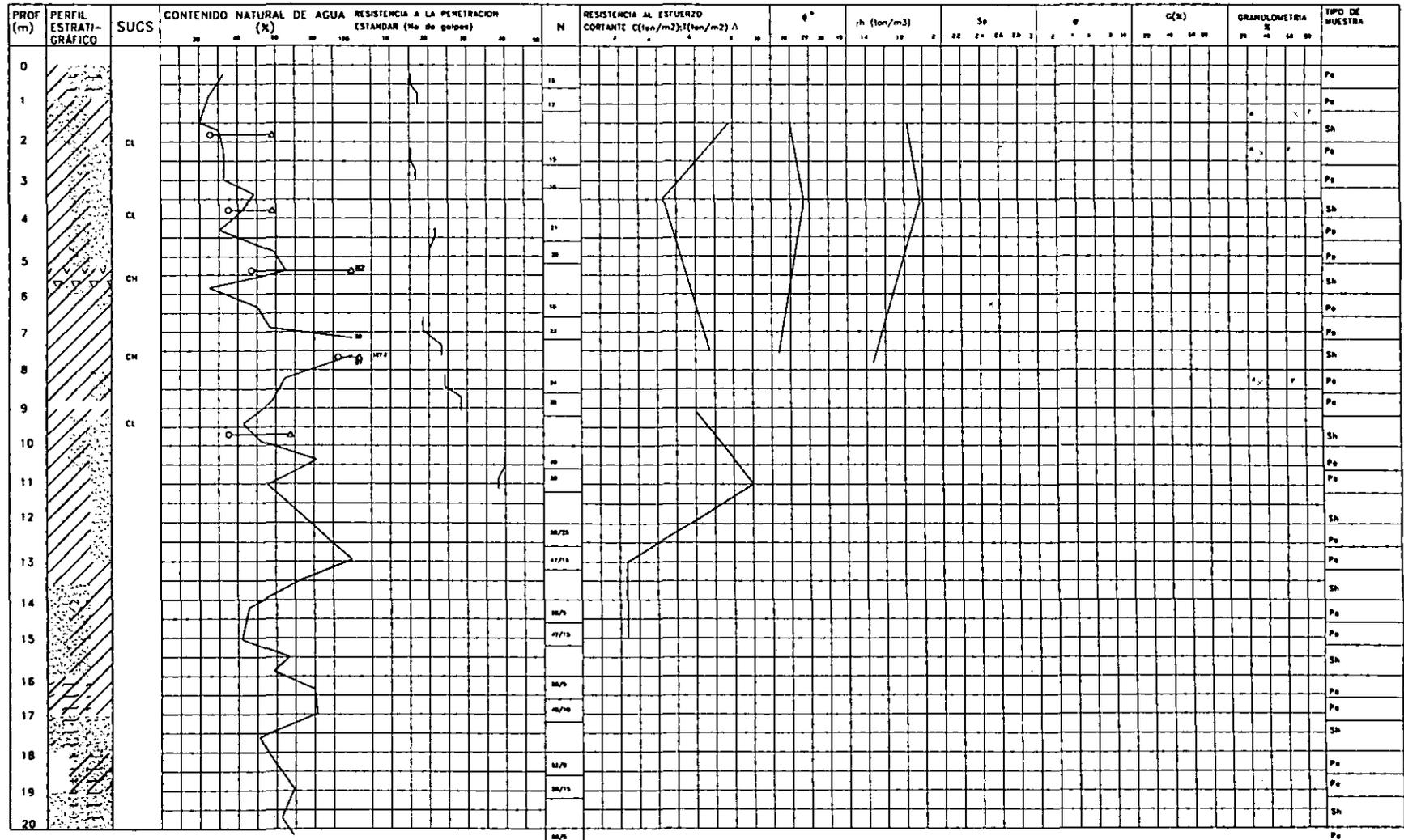


FIGURA No 10

# Proyecto de Tesis. Mecánica de Suelos

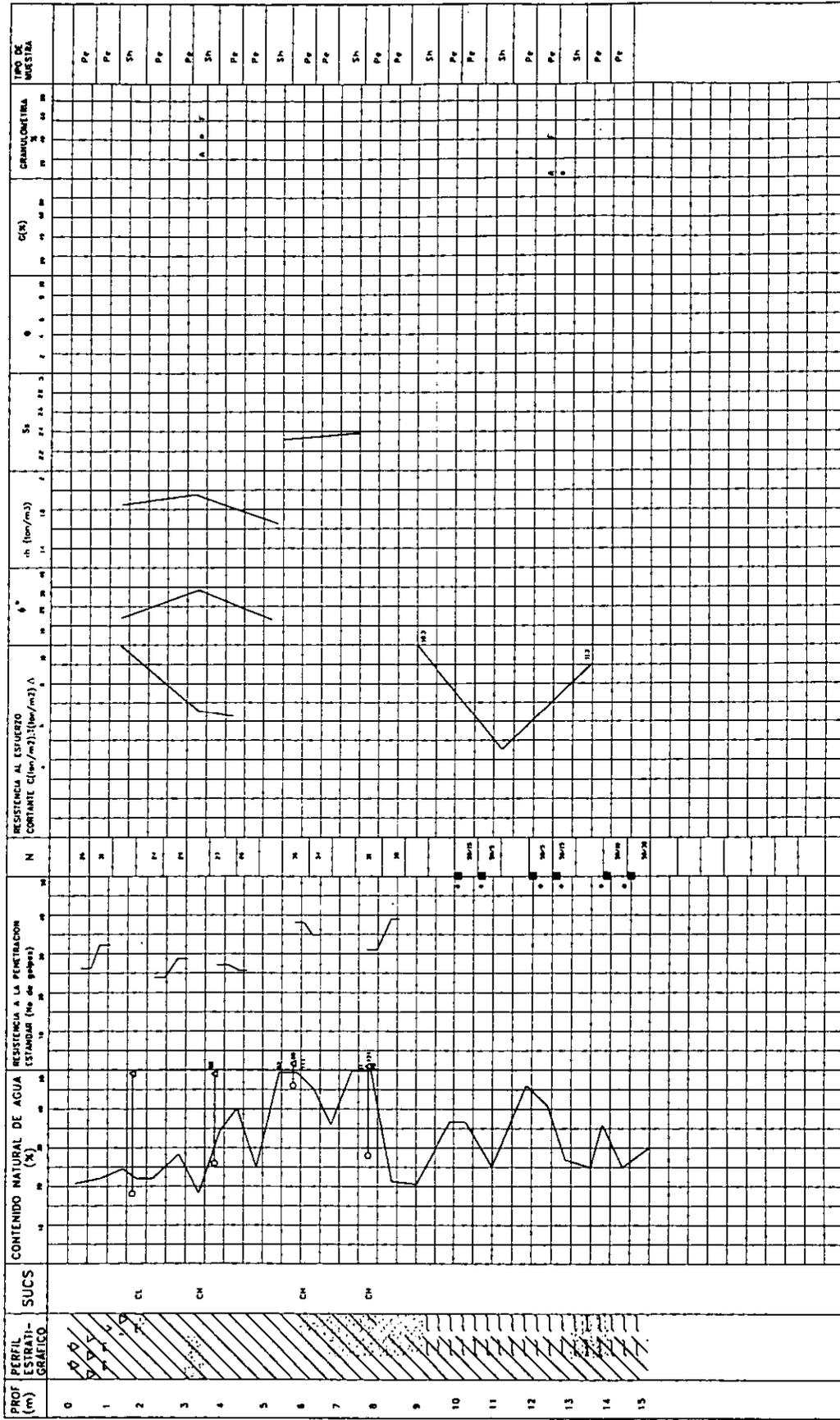
Autor: Flavio Luviano Juárez

OBRA No \_\_\_\_\_

LOCALIZACIÓN \_\_\_\_\_

TIPO DE SONDEO SM-4

COTA \_\_\_\_\_ m N. A. F. \_\_\_\_\_ m



**SIMBOLOGIA**

- LP ○ LL
- N = Número de golpes por 30 cm
- No. de golpes / penetración en cm.
- ARRENO
- GRAVA
- ARCILLA
- RELLENO
- MAT. ORGANICA
- LIMO
- CONCHILLAS
- C = cohesión
- T = torcómetro
- φ = ángulo de fricción interna
- rh = peso volumétrico húmedo
- S<sub>h</sub> = densidad de sólidos
- γ = relación de vacíos
- Cr = grado de saturación
- + = cohesión en triaxial UU
- Avance con broca triclónica
- > de 50 golpes
- X = número de golpes
- No. de golpes por penetración en cm
- C = grava
- A = arena
- F = finos
- Triaxial CD
- Pe = penetración standar
- Sh = muestreo con tubo Shelby
- D = muestreo con tubo Denison
- Triaxial CU

FIGURA 11



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

OBRA No  
LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN  
TIPO DE SONDEO : PCA - 1  
NAF:

PROP	DESCRIPCION	PERFIL	GRUPO SUCS	w	LL	LP	IP	UU		CU		Ss	qu	e	yh	G	A	F	CBR MAT	CBR 80% rd	rd máx	CL
								$\phi$	c	$\phi$	c											
	PCA-1																					
0.0	Arcilla limo arenosa, con raíces			24																		
	Arcilla limo arenosa, con raíces			14															2.9	5.1*	1.52*	1.415
	Arcilla con poca arena fina calé			7																		
1.0	Arena fina poca arcillosa gris			18																		
	Arcilla con arena fina gris obscuro.			22				2.6	9.0			2.43			1.62	0.0	16	84				
	arcilla gris obscuro		CL	47	42.7	20	22.7						5.53	.0172	1.57							
2.0	Arcilla gris obscuro.		CH	32	81.8	33.4	48.4	5.25	19			2.33			1.67							
3.0																						

\* Valores para compactación aplicando 42 de cal

SIMBOLOGIA

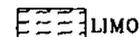
w: CONTENIDO DE AGUA (%)  
LL: LIMITE LIQUIDO  
LP: LIMITE PLASTICO  
IP: INDICE PLASTICO  
Ss: DENSIDAD DE SOLIDOS  
UU: PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA  
CU: PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA  
T: TORCOMETRO MANUAL (TON/M)

e: DEFORMACION UNITARIA  
qu: COHESION NO CONTINADA  
c: COHESION  
 $\phi$ : ANGULO DE FRICCION INTERNA(\*)  
yh: Peso volumétrico húmedo (TON/ )  
G: GRAVAS (%)  
A: ARENAS (%)  
F: FINOS (%)  
CBR: VALOR RELATIVO DE SOPORTE %  
rd: PESO VOLUMETRICCO SECO MAXIMO (TON/M)  
CL: CONTRACCIÓN LINEAL

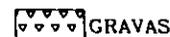
MATERIALES



RELLENO



LIMO



GRAVAS



ARCILLA



ARENA

FIGURA No 12



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

OBRA No  
LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN  
TIPO DE SONDEO : PCA - 2  
NAF:

PROF	DESCRIPCION	PERFIL	GRUPO SUCS	w	LL	LP	IP	UU		CU		S <sub>s</sub>	q <sub>u</sub>	e	γ <sub>h</sub>	C	A	F	CBR MAT	CBR NOE 10	γ <sub>d</sub> máx	CL		
								φ	c	φ	c													
0.0	Arcilla arenosa fina café con raíces			17																				
	Arcilla arenosa café claro, con raíces		CL	7	45.1	17.7	27.4													2.7	1.418	11.3		
	Arena fina poco arcillosa			13																				
	Arcilla con poca arena fina gris verdoso			22																				
1.0	Arcilla con poca arena fina gris obscuro		CH	35	54	18.6	35.4	3.4	8.0			2.51	3.54	.0185	1.57									
	Arcilla gris			49																				
2.0	Arcilla gris obscuro.			30																				
	Arcilla arenosa, gris obscuro		CH	18	84.5	29.9	54.6	2.0	19						1.65									
3.0																								

\* Valores para compactación adicionando 4% de cal

SIMBOLOGIA

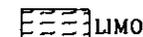
w: CONTENIDO DE AGUA (%)  
 LL: LIMITE LIQUIDO  
 PL: LIMITE PLASTICO  
 IP: INDICE PLASTICO  
 S<sub>s</sub>: DENSIDAD DE SOLIDOS  
 UU: PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA  
 CU: PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA  
 T: TORCOMETRO MANUAL (TON/M<sup>2</sup>)

e: DEFORMACION UNITARIA  
 q<sub>u</sub>: COHESION NO CONFINADA  
 c: COHESION  
 φ: ANGULO DE FRICCION INTERNA(°)  
 γ<sub>h</sub>: Peso volumétrico humedo(TON/ )  
 G: GRAVAS (%)  
 A: ARENAS (%)  
 F: FINOS (%)  
 CBR: VALOR RELATIVO DE SOPORTE %  
 γ<sub>d</sub>: PESO VOLUMETRICCO SECO MAXIMO (TON/M<sup>3</sup>)  
 CL: CONTRACCION LINEAL

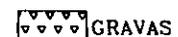
MATERIALES



RELLENO



LIMO



GRAVAS



ARCILLA



ARENA

FIGURA No 13



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

OBRA No  
LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN  
TIPO DE SONDEO : PCA - 3  
NAP:

PROF	DESCRIPCION	PERFIL	GRUPO SUCS	w	LL	LP	IP	UU		CU		S <sub>s</sub>	q <sub>u</sub>	ε	γ <sub>h</sub>	G	A	F	CBR MAT	CBR 90% r <sub>d</sub>	γ <sub>d</sub> máx	CL	
								φ	c	φ	c												
0.0	Arcilla arenosa, café claro			7																			
	Arcilla limo arenosa fina café claro		CL	15	27.4	13.3	14.1												1.0		1.271	3.7	
	Arcilla con poca arena fina, gris verdosa			24																			
	Arcilla arenosa limosa			28																			
1.0	Arcilla gris verdosa, oscuro		CL	25	48.2	19.0	29.2	4.5	12			2.45	2.81	0.0171	1.85								
2.0	Arcilla gris oscuro con poca arena		CL	25	48.4	18.8	29.8	2.4	17						1.85								
3.0																							

\* Valores para compactación adicionando 4% de cal

**SIMBOLOGIA**

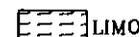
w: CONTENIDO DE AGUA (%)  
 LL: LIMITE LIQUIDO  
 LP: LIMITE PLASTICO  
 IP: INDICE PLASTICO  
 S<sub>s</sub>: DENSIDAD DE SOLIDOS  
 UU: PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA  
 CU: PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA  
 T: TORCOMETRO MANUAL (TON/M<sup>2</sup>)

ε: DEFORMACION UNITARIA  
 q<sub>u</sub>: COHESION NO CONFINADA  
 c: COHESION  
 φ: ANGULO DE FRICCION INTERNA(\*)  
 γ<sub>h</sub>: PESO VOLUMETRICO HUMEDO(TON/ )  
 G: GRAVAS (X)  
 A: ARENAS (X)  
 F: FINOS (X)  
 CBR: VALOR RELATIVO DE SOPORTE %  
 r<sub>d</sub>: PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (TON/M<sup>3</sup>)  
 CL: CONTRACCION LINEAL

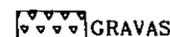
**MATERIALES**



RELLENO



LIMO



GRAVAS



ARCILLA



ARENA

FIGURA No 14



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

OBRA No  
LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN  
TIPO DE SONDEO : PCA - 4  
NAF:

PROF	DESCRIPCION	PERFIL	GRUPO SUCS	w	LL	LP	IP	UU		CU		S <sub>s</sub>	q <sub>u</sub>	ε	γ <sub>h</sub>	G	A	F	CBR MAT	CBR 60% rd	γ <sub>d</sub> máx	CL	
								φ	c	φ	c												
0.0	Arcilla arenosa fina café claro, con raíces			13																			
	Arcilla arenosa fina café claro con raíces		CL	7	35.9	13.6	22.3									0	34	86	19	72*	1.311	1.60*	7.6
1.0	Arena fina, café claro			6																			
	Arena fina arcillosa gris			16																			
	Arcilla arenosa fina gris oscuro y verdoso		CH	25	50.8	17.3	33.5					2.37	2.14	0.0188	1.74								
2.0	Arena poco arcillosa gris			8																			
	Arcilla gris oscuro			43																			
	Arcilla gris oscuro			27																			
3.0	Arcilla arenosa gris oscuro		CH	20	63.1	27.4	35.7	40	26			2.48			1.58	0	28	72					

\* Valores para compactación adicionando 4% de cal

SIMBOLOGIA

- W: CONTENIDO DE AGUA (%)
- LL: LIMITE LIQUIDO
- LP: LIMITE PLASTICO
- IP: INDICE PLASTICO
- S<sub>s</sub>: DENSIDAD DE SOLIDOS
- UU: PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA
- CU: PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA
- T: TORCOMETRO MANUAL (TON/M)

- ε: DEFORMACION UNITARIA
- q<sub>u</sub>: COHESIÓN NO CONFINADA
- c: COHESIÓN
- φ: ANGULO DE FRICCION INTERNA(\*)
- γ<sub>h</sub>: Peso volumétrico humedo(TON/)
- G: GRAVAS (%)
- A: ARENAS (%)
- F: FINOS (%)
- CBR: VALOR RELATIVO DE SOPORTE %
- rd: PESO VOLOMETRICO SECO MAXIMO (TON/M)
- CL: CONTRACCION LINEAL

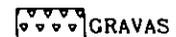
MATERIALES



RELLENO



LIMO



GRAVAS



ARCILLA



ARENA

FIGURA No 15



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

OBRA No  
LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN  
TIPO DE SONDEO : PCA - 5  
NAF:

PROF	DESCRIPCION	PERFIL	GRUPO SUCS	w	LL	LP	IP	UU		CU		Ss	qu	ε	yh	G	A	F	CBR MAT	CBR 90% rd	rd máx	CL		
								φ	c	φ	c													
0.0	Arcilla arenosa fina, gris verdosa			16																				
	Arcilla limo arenosa fina café claro		CL	10	40.2	11.4	28.8												1.0		1.215	9.3		
	Arena fina café claro			5																				
	Arcilla con poca arena fina, gris obscuro			12																				
	Arcilla gris obscuro			42																				
1.0	Arena poco arcillosa gris		CL	19	36.6	16.5	20.1	2.5	8.0						1.72									
	Arcilla gris obscuro			40																				
2.0	Arcilla arenosa fina, gris obscuro			16																				
	Arcilla arenosa gris obscuro con velas de arena fina		CH	15	58.2	18.7	39.5	40	18			2.46			1.85									
3.0																								

\* Valores para compactación adicionando 4% de cal

SIMBOLOGIA

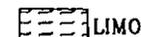
- W: CONTENIDO DE AGUA (%)
- LL: LIMITE LIQUIDO
- LP: LIMITE PLASTICO
- IP: INDICE PLASTICO
- Ss: DENSIDAD DE SOLIDOS
- UU: PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA
- CU: PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA
- T: TORCOMETRO MANUAL (TON/M<sup>2</sup>)

- ε: DEFORMACION UNITARIA
- qu: COHESION NO CONFINADA
- c: COHESION
- φ: ANGULO DE FRICCION INTERNA(°)
- yh: Peso volumétrico humedo(TON/ )
- G: GRAVAS (%)
- A: ARENAS (%)
- F: FINOS (%)
- CBR: VALOR RELATIVO DE SOPORTE X
- rd: PESO VOLUMETRIC SECO
- NAIMO (TON/M<sup>2</sup>)
- CL: CONTRACCION LINEAL

MATERIALES



RELLENO



LIMO



GRAVAS



ARCILLA



ARENA

FIGURA No 16



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

OBRA No  
LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN  
TIPO DE SONDEO : PCA - 6  
NAF:

PROF	DESCRIPCION	PERFIL	GRUPO SUCS	w	LL	LP	IP	UU		CU		S <sub>s</sub>	q <sub>u</sub>	ε	γ <sub>h</sub>	G	A	F	CBR MAT	CBR 90% γ <sub>d</sub>	γ <sub>d</sub> máx	CL
								φ	c	φ	c											
0.0	Arcilla arenosa gris con raíces			16																		
	Arena fina café claro			5																		
1.0	Arcilla arenosa fina, gris verdosa		CL	21	35.0	12.8	22.2												2.5	12*	1.403 1.82*	8.7
	Arcilla gris verdosa con poca arena fina		CH	23	52.4	17.6	34.8	3.7	11			2.51	8.55	0.0171	1.65							
2.0	Arcilla gris oscura			38																		
	Arcilla arenosa fina, gris obscuro		CL	19	47.1	14.8	32.3	5.0	22			2.46			1.86							
3.0																						

\* Valores para compactación adicionando 4% de cal

SIMBOLOGIA

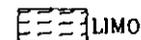
w: CONTENIDO DE AGUA (%)  
LL: LIMITE LIQUIDO  
LL: LIMITE PLASTICO  
IP: INDICE PLASTICO  
S<sub>s</sub>: DENSIDAD DE SOLIDOS  
UU: PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA  
CU: PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA  
T: TORCOMETRO MANUAL (TON/M<sup>2</sup>)

r: DEFORMACION UNITARIA  
q<sub>u</sub>: COHESION NO CONFINADA  
c: COHESION  
φ: ANGULO DE FRICCION INTERNA(\*)  
γ<sub>h</sub>: PESO VOLUMETRICO HUMEDO (TON/)  
G: GRAVAS (%)  
A: ARENAS (%)  
F: FINOS (%)  
CBR: VALOR RELATIVO DE SOPORTE %  
γ<sub>d</sub>: PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (TON/M<sup>3</sup>)  
CL: CONTRACCION LINEAL

MATERIALES



RELLENO



LIMO



GRAVAS



ARCILLA



ARENA

FIGURA No 17



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

OBRA No  
LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN  
TIPO DE SONDEO : PCA - 7  
NAF:

PROF	DESCRIPCION	PERFIL	GRUPO SUCS	w	LL	LP	IP	UU		CU		S <sub>s</sub>	qu	c	γ <sub>h</sub>	G	A	F	CBR MAT	CBR BOX 1d	γ <sub>d</sub> máx	CL		
								φ	c	φ	c													
0.0	Arcilla limo arenosa café claro con raíces			12																				
	Arena fina poco limosa				5																			
	Arcilla café con raíces		CL	12	33.1	13.7	19.4								0	60	40	3.9			1.528	5.2		
1.0	Arena fina arcillosa café				5																			
	Arcilla gris oscura		CH	39	66.1	22.8	43.3	4.3	13				4.35	0.0171	1.58									
	Arcilla gris oscura				19																			
	Arcilla arenosa fina, gris oscura			21																				
2.0	Arcilla gris oscura			CH	31	53.3	21.3	32.0	9.0	16			2.45											
3.0																								

SIMBOLOGIA

- w: CONTENIDO DE AGUA (%)
- LL: LIMITE LIQUIDO
- LI: LIMITE PLASTICO
- IP: INDICE PLASTICO
- S<sub>s</sub>: DENSIDAD DE SOLIDOS
- UU: PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA
- CU: PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA
- T: TORCOMETRO MANUAL (TON/M<sup>2</sup>)

- c: DEFORMACION UNITARIA
- qu: COHESION NO CONFINADA
- c: COHESION
- φ: ANGULO DE FRICCION INTERNA(°)
- γ<sub>h</sub>: Peso volumétrico húmedo(TON/ )
- G: GRAVAS (%)
- A: ARENAS (%)
- F: FINOS (%)
- CBR: VALOR RELATIVO DE SOPORTE %
- 1d: PESO VOLOMETRICO SECO MAXIMO (TON/M<sup>2</sup>)
- CL: CONTRACCIÓN LINEAL

MATERIALES



RELLENO



LIMO



GRAVAS



ARCILLA



ARENA



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

OBRA No  
LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN  
TIPO DE SONDEO : PCA - 8  
NAF:

PROF	DESCRIPCION	PERFIL	GRUPO SUCS	w	LL	LP	IP	UU		CU		S <sub>s</sub>	qu	c	γ <sub>h</sub>	G	A	F	CBR MAT	CBR sec. 70	γ <sub>d</sub> máx	CL
								φ	c	φ	c											
0.0	Arcilla arenosa café con raíces			7																		
	Arena de fina a media P/s			4																		
	Arena fina poca limosa			4																		
1.0	Arcilla con poca arena fina, gris oscuro		CH	24	52.0	19.5	32.5												4.50		1.39	12.7
	Arcilla gris oscuro		CH	30	57.4	21.7	35.7					10.99	0.0199	1.77								
2.0	Arcilla gris oscuro			23																		
	Arena bien graduada gris muy poco arcillosa.		CL	16	46.7	17.2	29.5	10.7	23			2.60			1.73	0	37	63				
3.0																						

SIMBOLOGIA

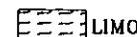
W: CONTENIDO DE AGUA (%)  
LL: LIMITE LIQUIDO  
LP: LIMITE PLASTICO  
IP: INDICE PLASTICO  
S<sub>s</sub>: DENSIDAD DE SOLIDOS  
UU: PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA  
CU: PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA  
T: TORCOMETRO MANUAL (TON/M<sup>2</sup>)

c: DEFORMACION UNITARIA  
qu: COHESION NO CONFINADA  
c: COHESION  
φ: ANGULO DE FRICCION INTERNA(°)  
γ<sub>h</sub>: Peso volumétrico humedo(TON/ )  
G: GRAVAS (%)  
A: ARENAS (%)  
F: FINOS (%)  
CBR: VALOR RELATIVO DE SOPORTE %  
γ<sub>d</sub>: PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (TON/M<sup>3</sup>)  
CL: CONTRACCION LINEAL

MATERIALES



RELLENO



LIMO



GRAVAS



ARCILLA



ARENA



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

OBRA No  
LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN  
TIPO DE SONDEO : PCA - 9  
NAF:

PROF	DESCRIPCION	PERFIL	GRUPO SUCS	w	LL	LP	IP	UU		CU		S <sub>s</sub>	q <sub>u</sub>	ε	γ <sub>h</sub>	C	A	F	CBR MAT	CBR 90% id	γ <sub>d</sub> m <sub>áx</sub>	CL	
								φ	c	φ	c												
0.0	Arcilla arenosa gris verdosa con raíces			18																			
	Arena fina arcillosa café clara con raíces		CH	10	64.3	17.4	46.9												3.4		1.332	18	
	Arena fina poco limosa café clara			5																			
1.0	Arcilla arenosa fina gris verdosa.		CL	17	29.5	14.1	15.4	11.2	15			2.65			1.72	0	61	39					
	Arena fina poco limosa			11																			
2.0	Arcilla arenosa fina gris verdosa			24																			
	Arcilla gris obscuro		CL	29	38.2	17.2	19.0	13.8	15			2.68			1.89								
3.0				25																			

SIMBOLOGIA

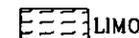
w: CONTENIDO DE AGUA (%)  
 LL: LIMITE LIQUIDO  
 LI: LIMITE PLASTICO  
 IP: INDICE PLASTICO  
 S<sub>s</sub>: DENSIDAD DE SOLIDOS  
 UU: PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA  
 CU: PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA  
 T: TORCOMETRO MANUAL (TON/M)

ε: DEFORMACION UNITARIA  
 q<sub>u</sub>: COHESIÓN NO CONFINADA  
 c: COHESIÓN  
 φ: ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA(\*)  
 γ<sub>h</sub>: Peso volumétrico húmedo(TON/ )  
 G: GRAVAS (%)  
 A: ARENAS (%)  
 F: FINOS (%)  
 CBR: VALOR RELATIVO DE SOPORTE %  
 γ<sub>d</sub>: PESO VOLUMETRICÓ SECO MÁXIMO (TON/M )  
 CL: CONTRACCIÓN LINEAL

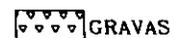
MATERIALES



RELLENO



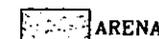
LIMO



GRAVAS



ARCILLA



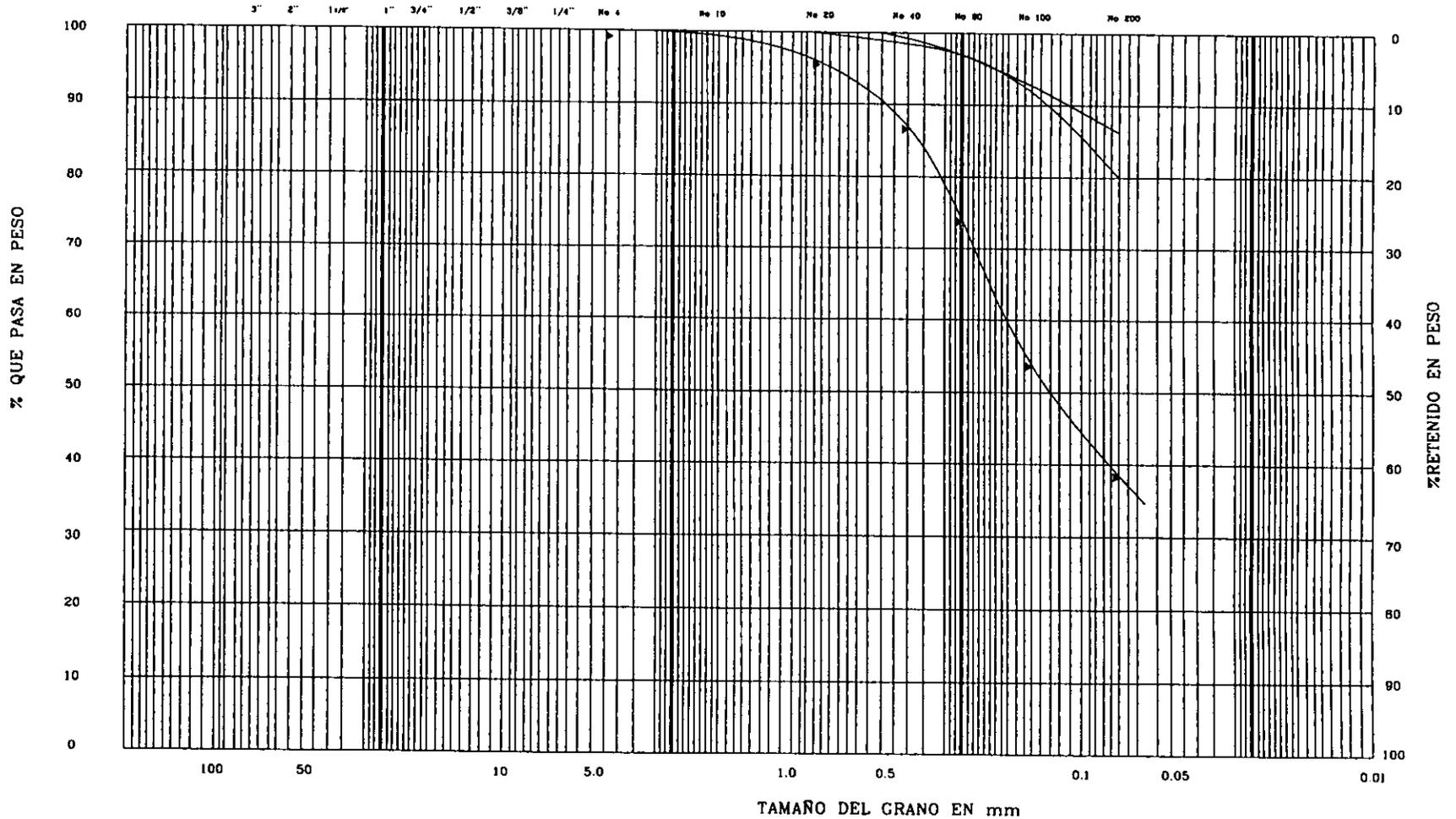
ARENA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> /D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
1.20-2.00	5	◀ ▶						0	82	38		
12.00-12.25	19							0	14	86		
6.20-7.20	11							0	19	81		

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SM-1

TAMAÑO DE LA MALLA



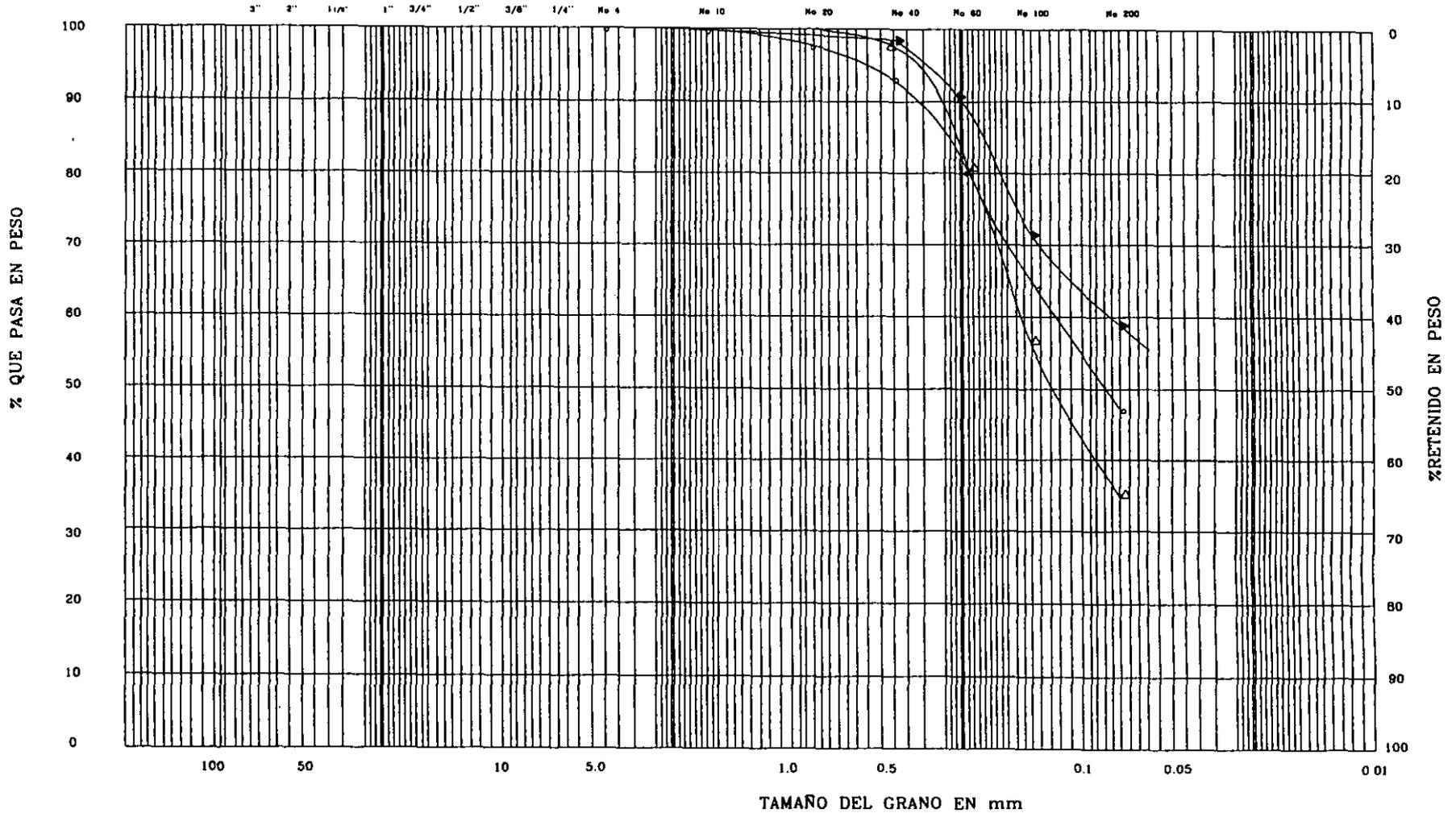
BOLEOS	GRAVA		A R E N A			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> /D <sub>10</sub> ) x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
0.80-1.40	2	↔						0	12	98		
7.20-7.80	12	○						0	53	47		
13.80-13.95	22	△						0	65	35		

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SM-2

TAMAÑO DE LA MALLA

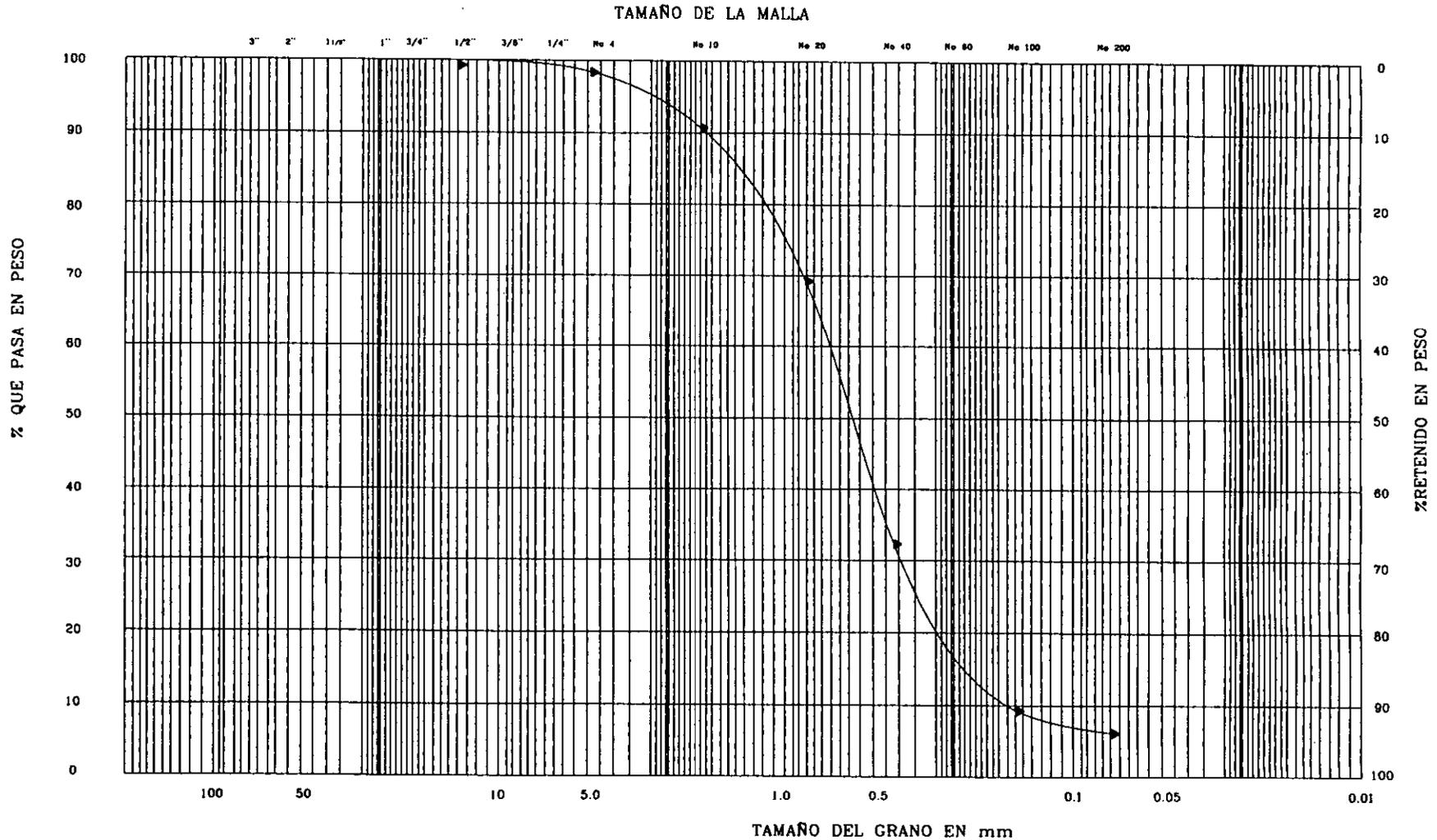


BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> -D <sub>10</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de Agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
18.40-18.63	29	◄—►						2	91	7		
		○—○										
		△—△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SM-2

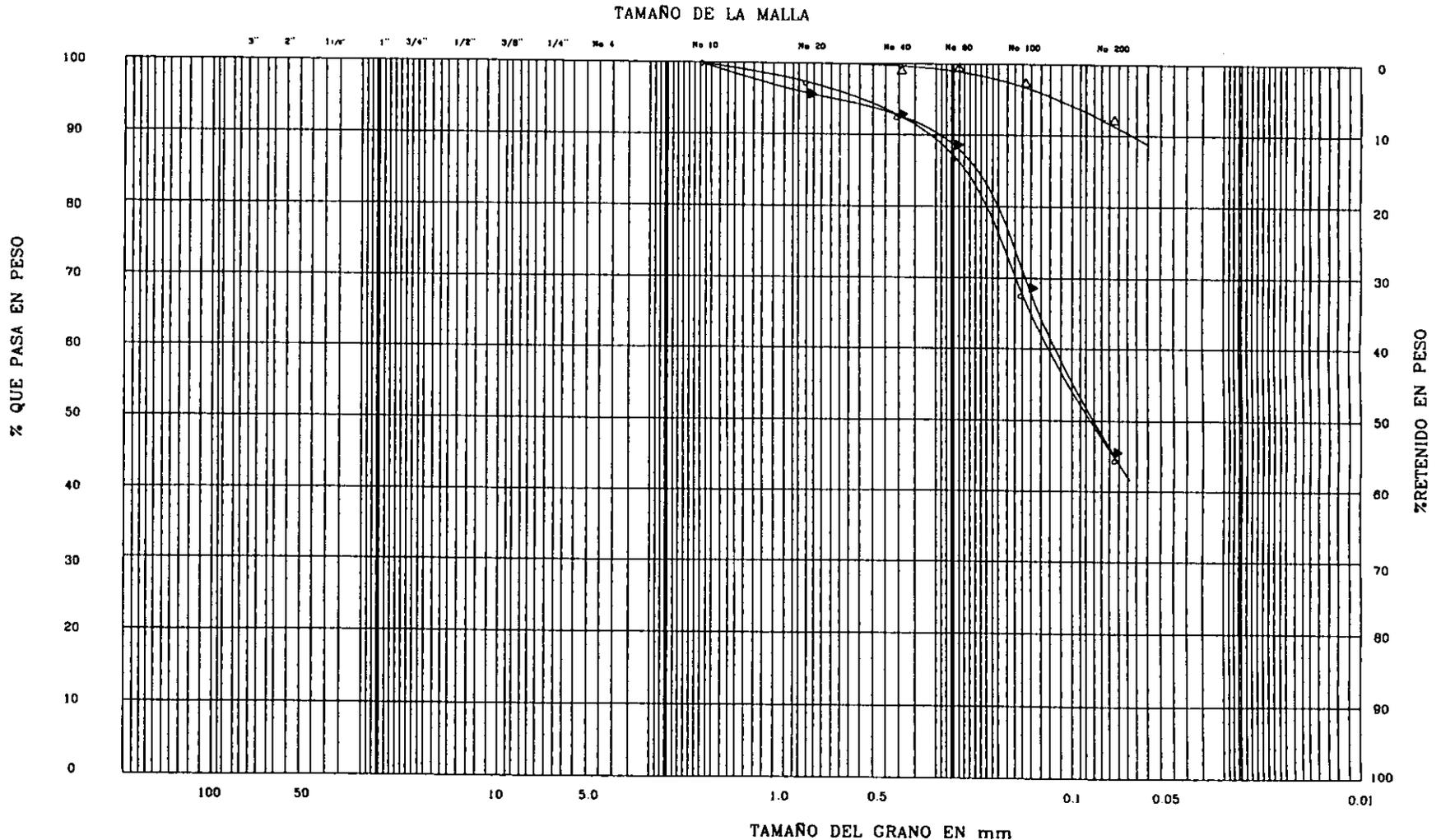


BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	AREZA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
1.20-2.00	2	←→						0	55	45		
12.00-12.25	17	○—○						0	56	44		
6.20-7.20	8	△—△						0	8	92		

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SM-3

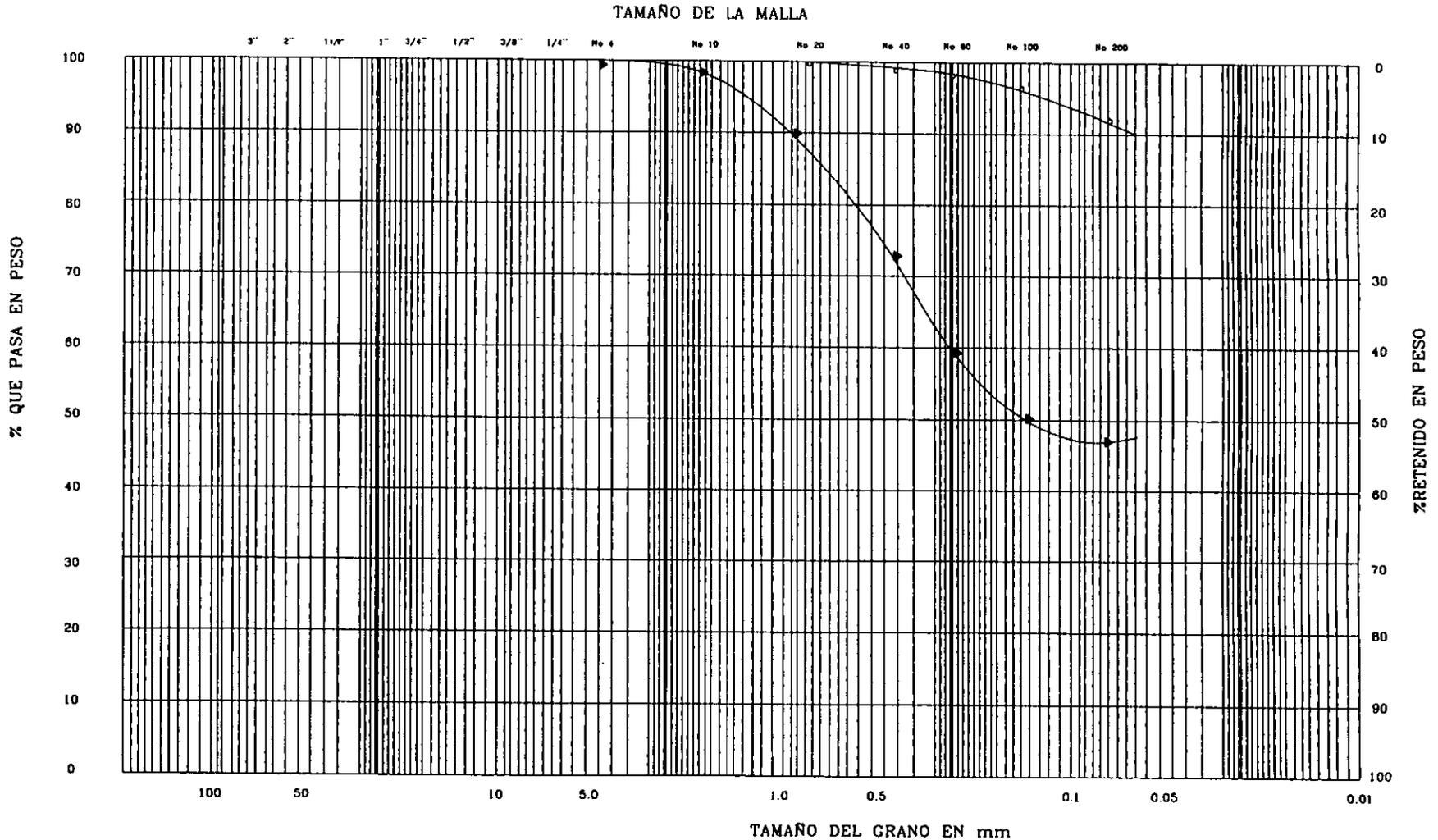


BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA #	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
3.40-4.00	6	←→						0	53	47		
13.20-13.70	21	○—○						0	7	93		
		△—△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SM-4



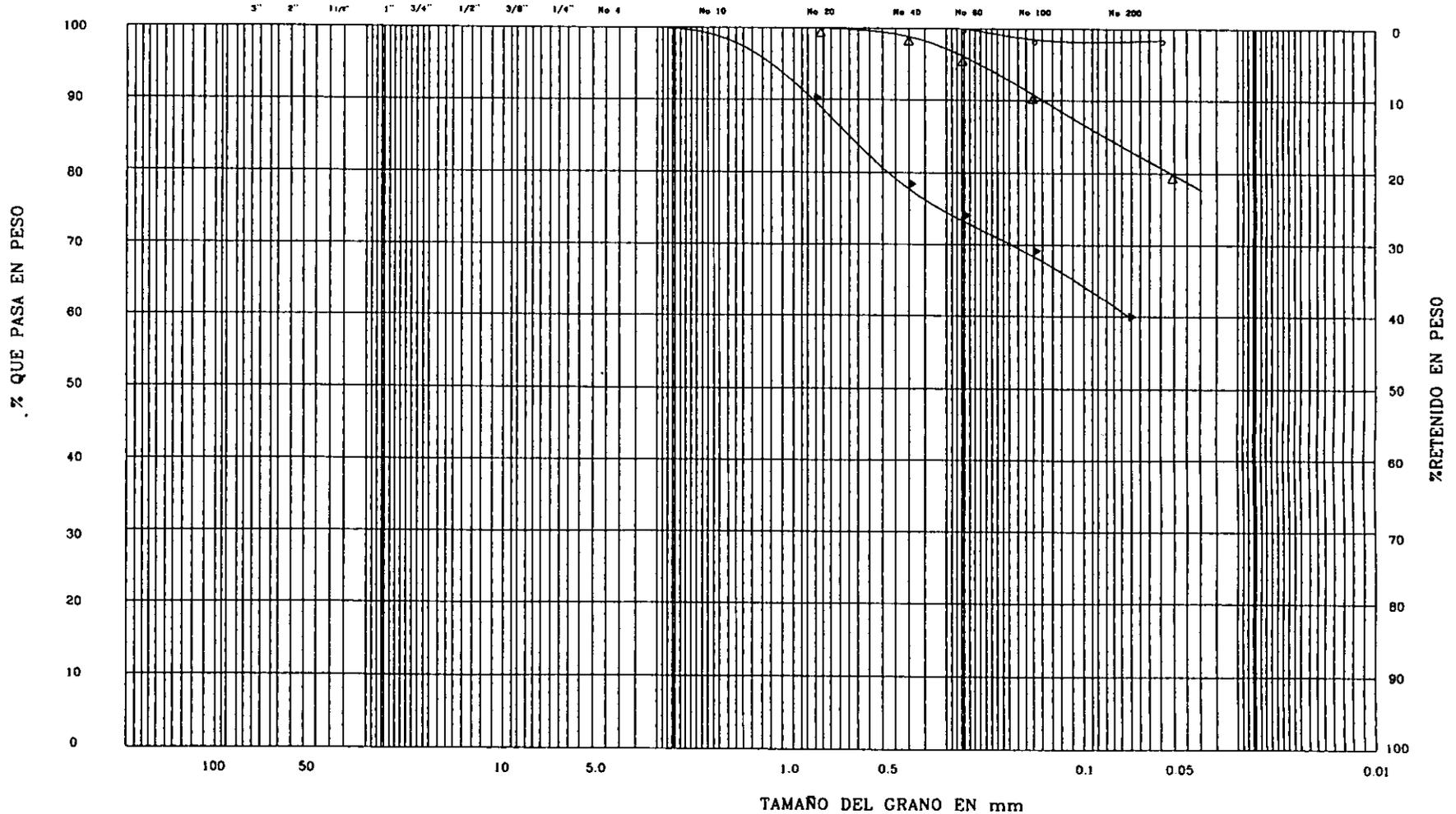
BOLEOS	GRAVA		A R E N A			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUELO
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
3.60-4.20	7	◄-----►						0	40	60		
7.20-7.80	13	○-----○						0	1	99		
10.80-11.40	19	△-----△						0	18	82		

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SE-1

TAMAÑO DE LA MALLA

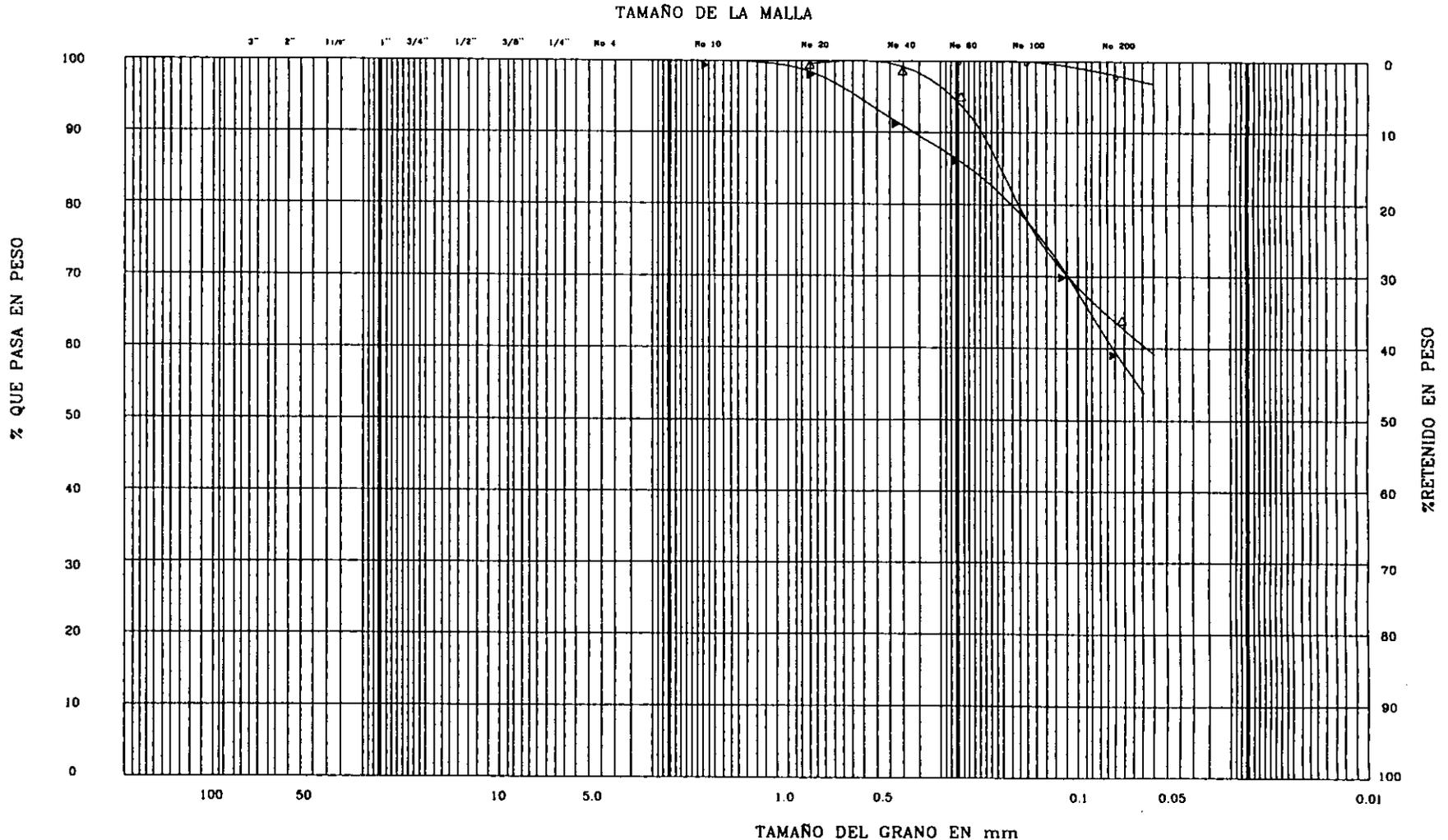


BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>v</sub> = D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> = (D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> / (D <sub>10</sub> × D <sub>60</sub> )	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural %	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%		
18.20-18.80	28	←→						0	41	59		
5.40-6.00	10	○						0	0	100		
10.80-11.40	19	△						0	38	62		

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SE-2

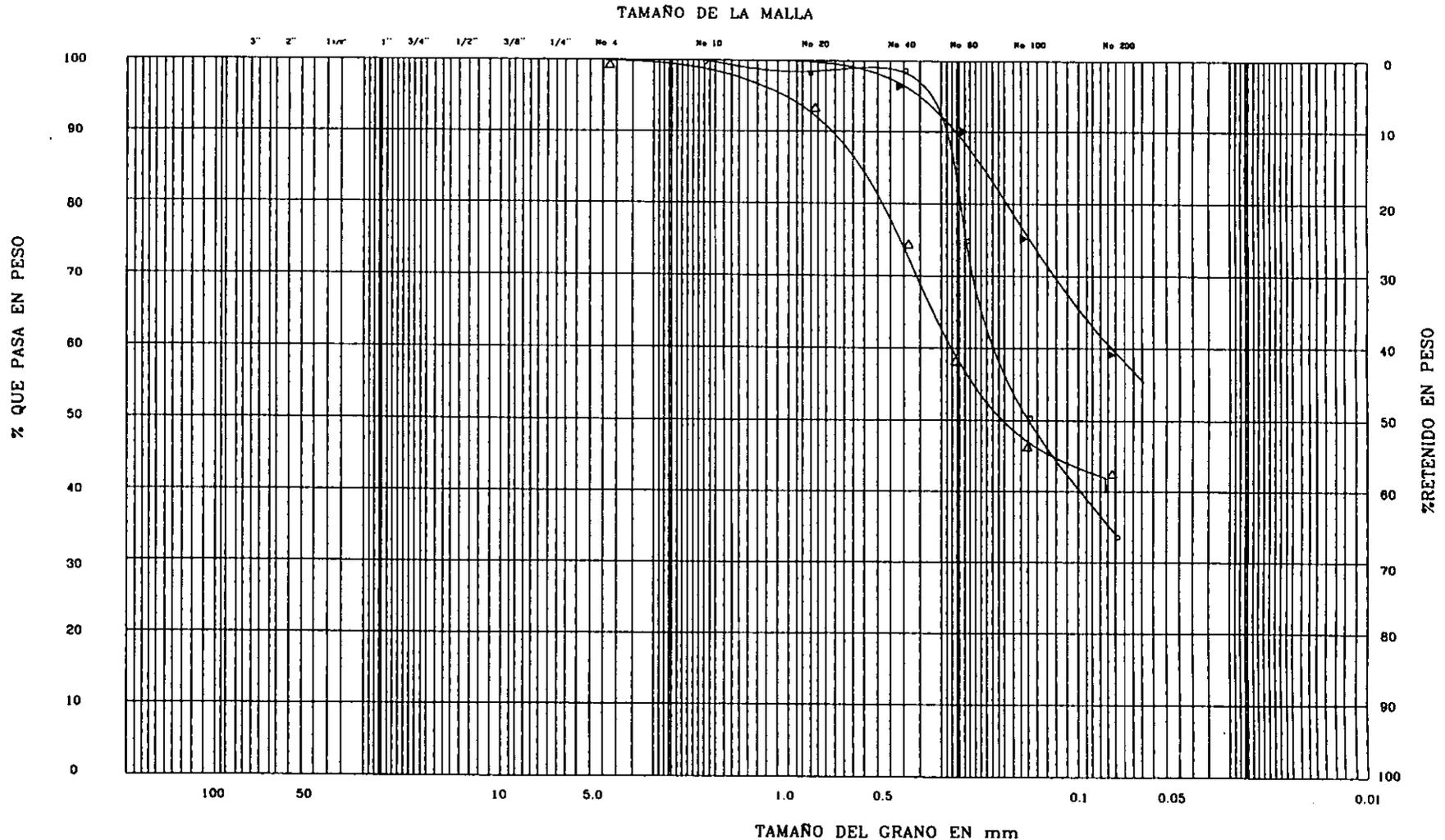


BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> /D <sub>10</sub> ) x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
10.20-10.35	18	◄—►						0	40	60		
2.40-3.00	5	○—○						0	64	36		
4.20-4.80	8	△—△						0	57	43		

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SE-3



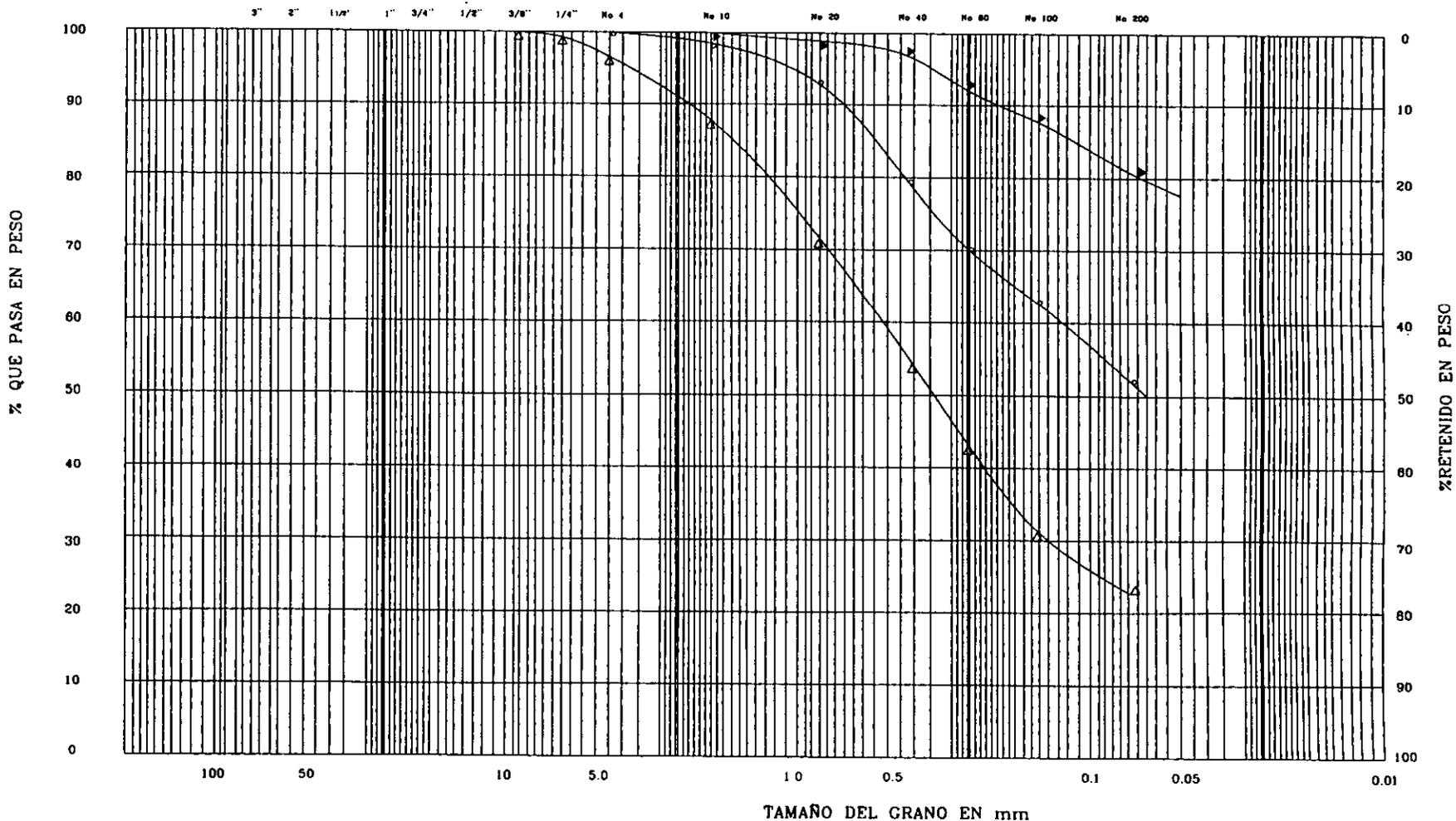
BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIJO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD	MUESTRA	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
m	N°		mm	mm	mm			%	%	%	%	
3.60-4.20	7	↔						0	20	80		
6.00-6.20	11	○						0	47	53		
10.20-10.35	18	△						0	74	22		

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SE-4

TAMAÑO DE LA MALLA



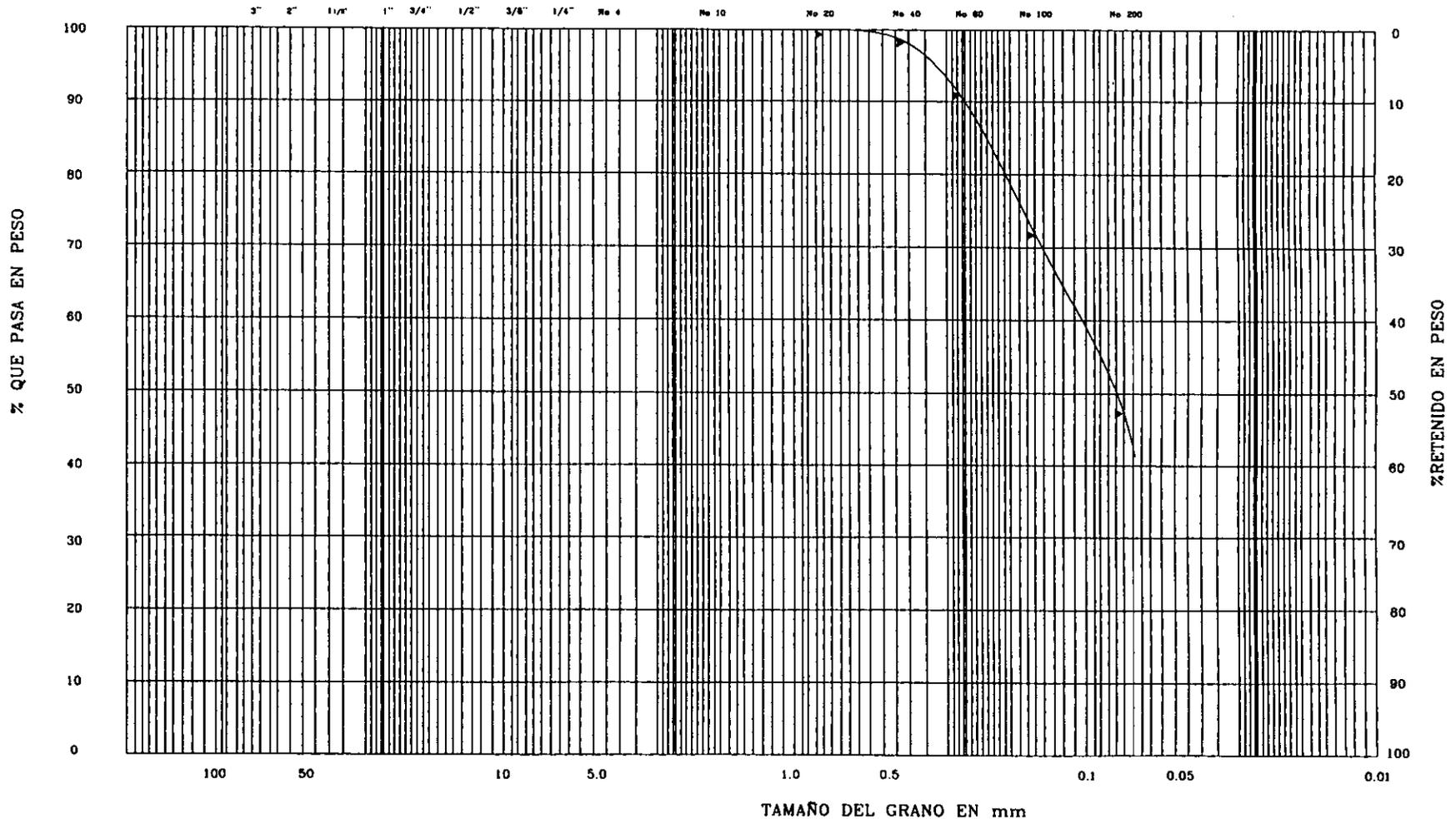
BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
15.00-15.50	28	←→						0	55	45		
		○—○										
		△—△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : SE-4

TAMAÑO DE LA MALLA



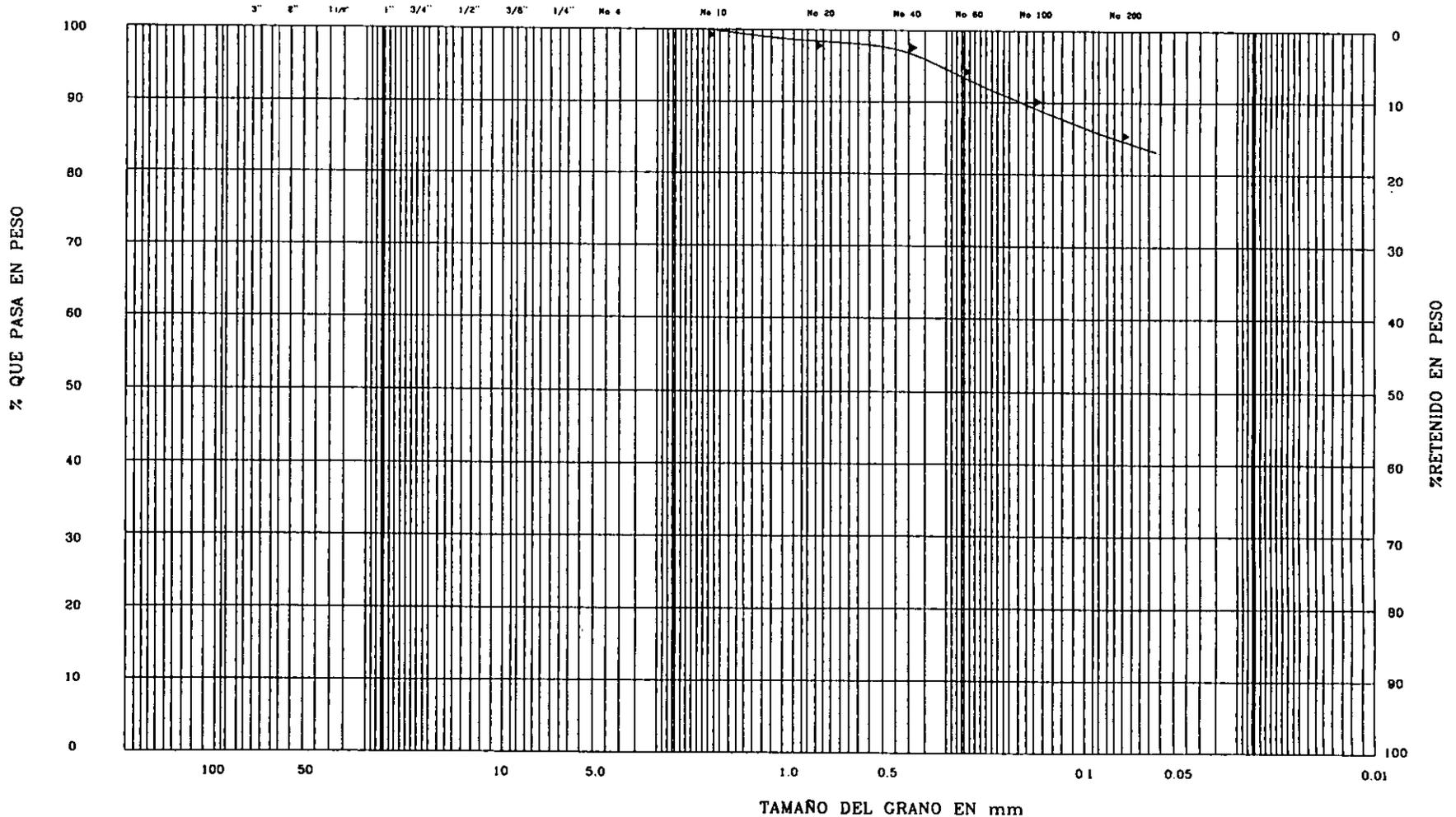
BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA n°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
1.50	2	← →						0	16	84		
		○										
		△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : PCA-1

TAMAÑO DE LA MALLA

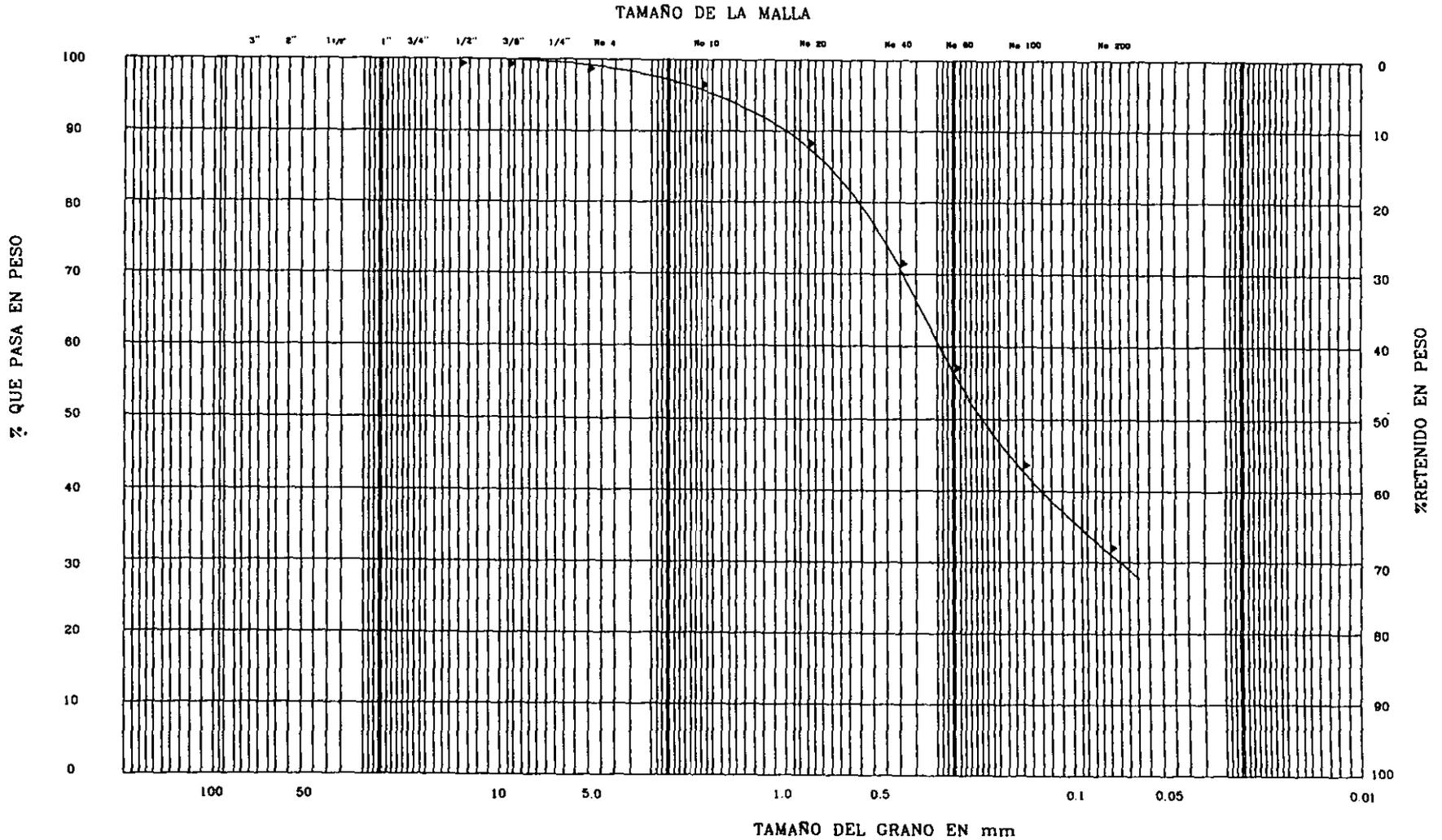


BOLEOS	GRAVA		A R E N A			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD	MUESTRA	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>50</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> -D <sub>10</sub> )/D <sub>10</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
m	N°		mm	mm	mm			%	%	%		
0.50	1	↔						1	67	32		
		○										
		△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : PCA-3



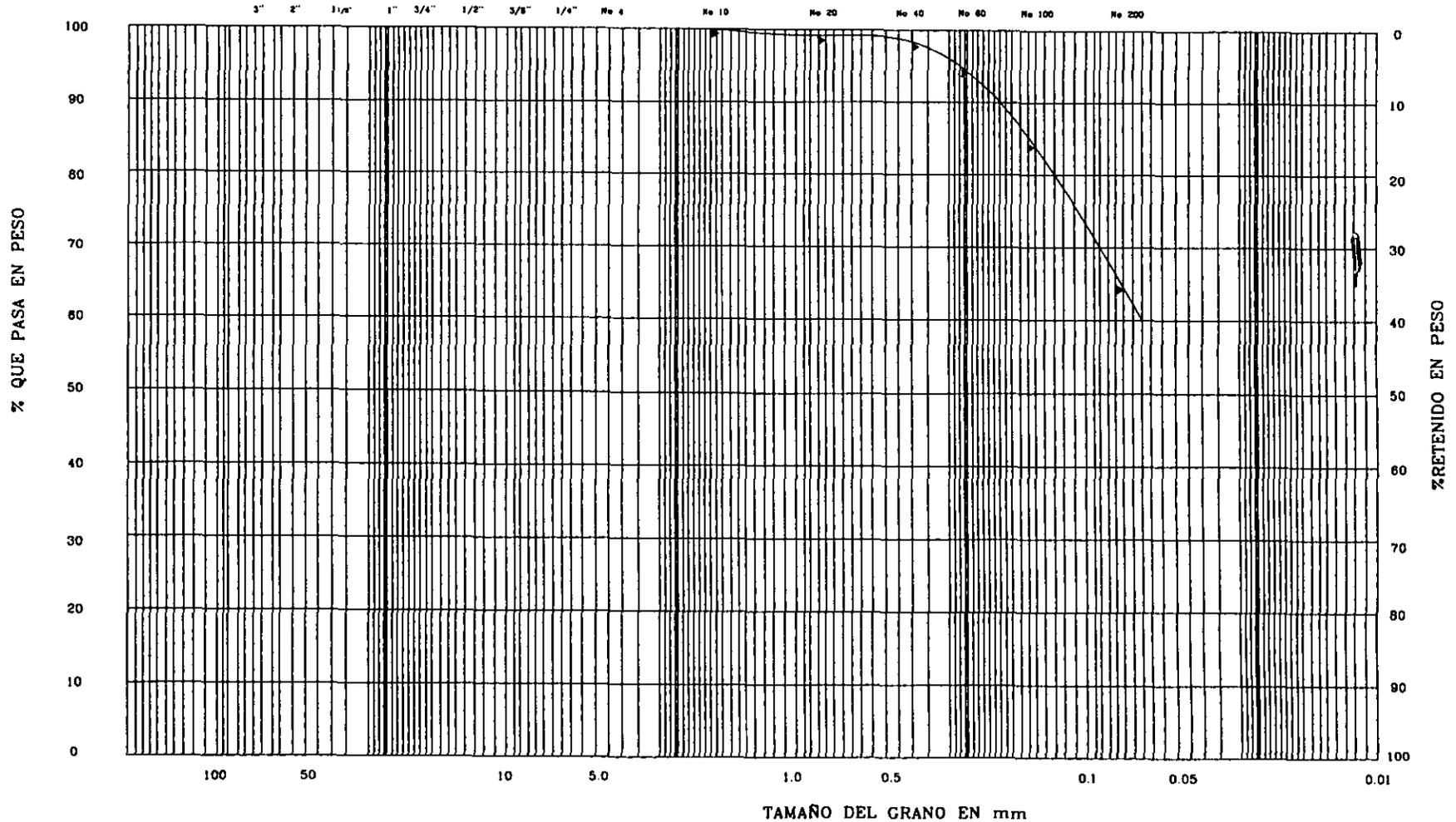
BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
0.50	1	←→						0	34	66		
		○										
		△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : PCA-4

TAMAÑO DE LA MALLA



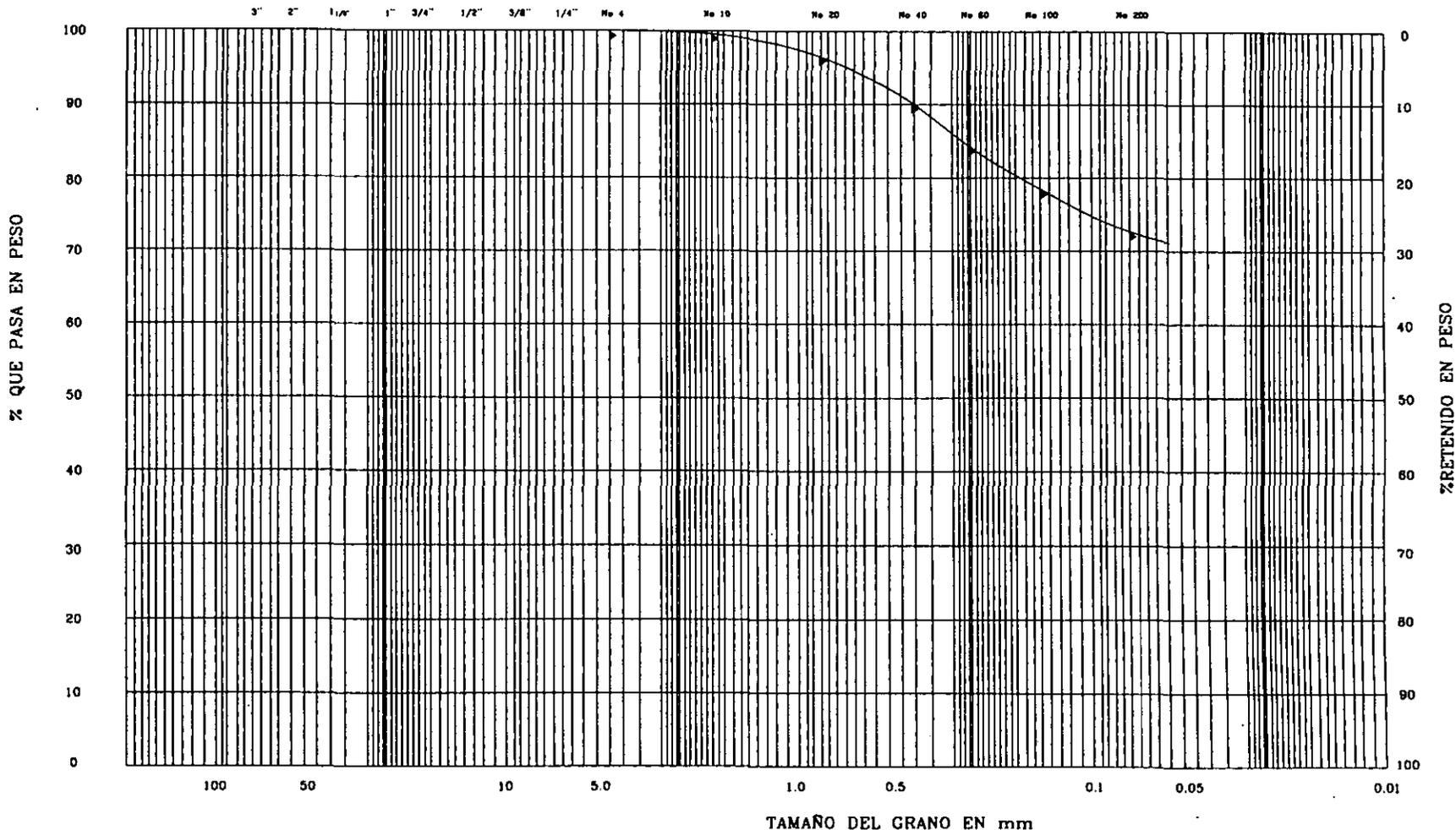
BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD	HUESTRA	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
m	N°		mm	mm	mm			%	%	%		
3.00	3	↔						0	28	72		
		○										
		△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : PCA-4

TAMAÑO DE LA MALLA



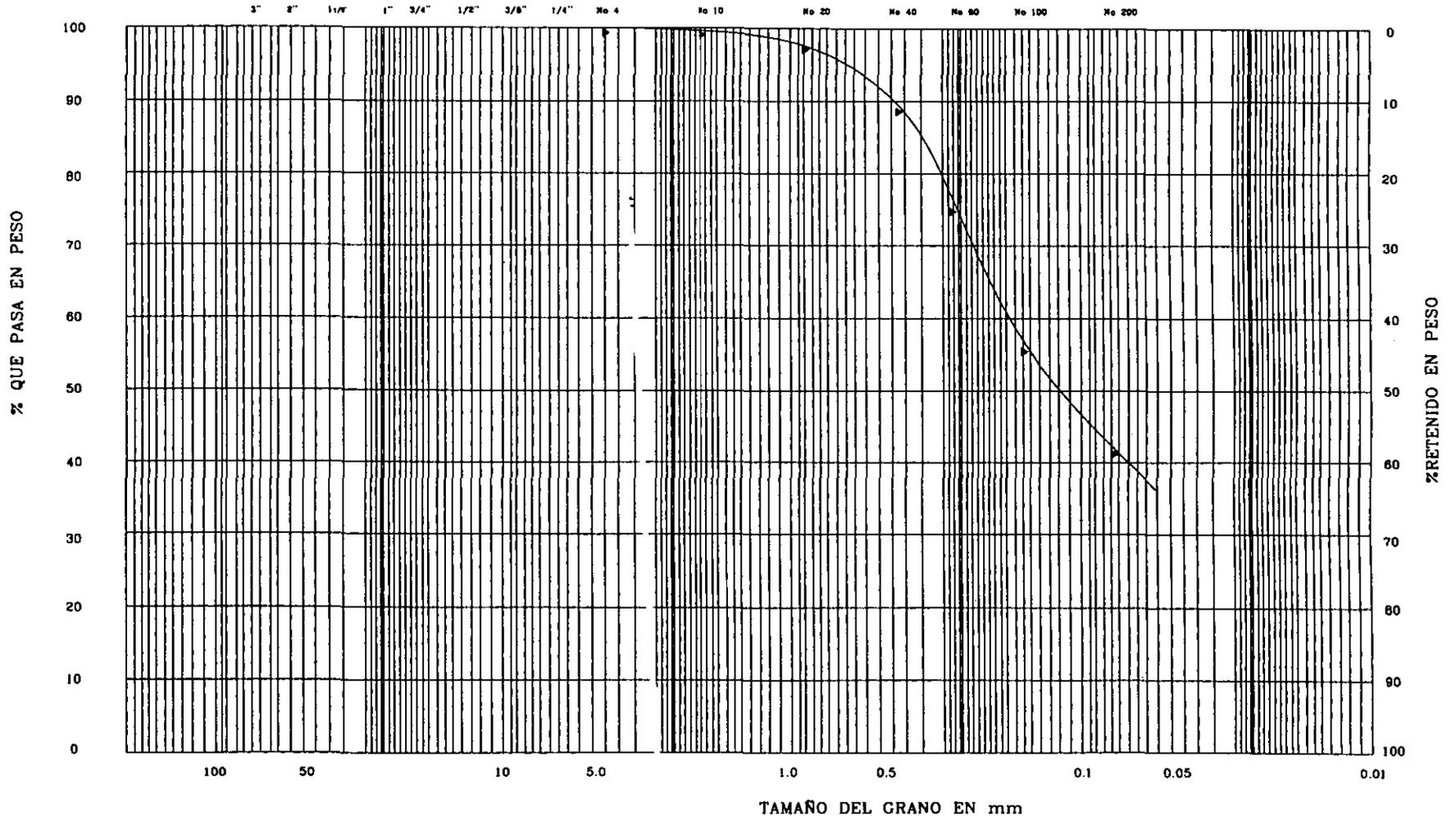
BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> -D <sub>10</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
0.50	1	←→						0	60	40		
		○										
		△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : PCA-7

TAMAÑO DE LA MALLA

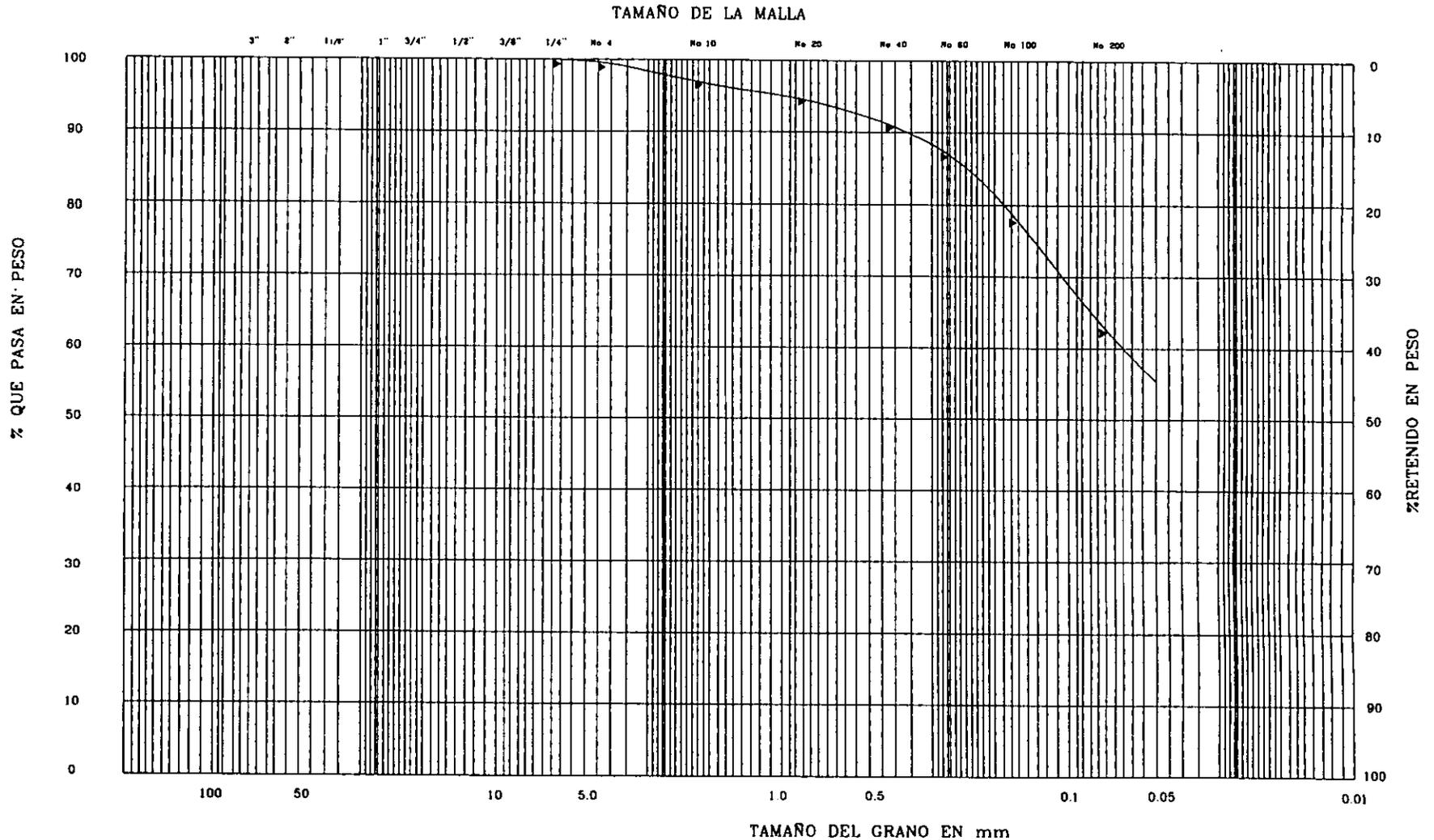


BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA N°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
3.00	3	←→						0	37	63		
		○										
		△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : PCA-8



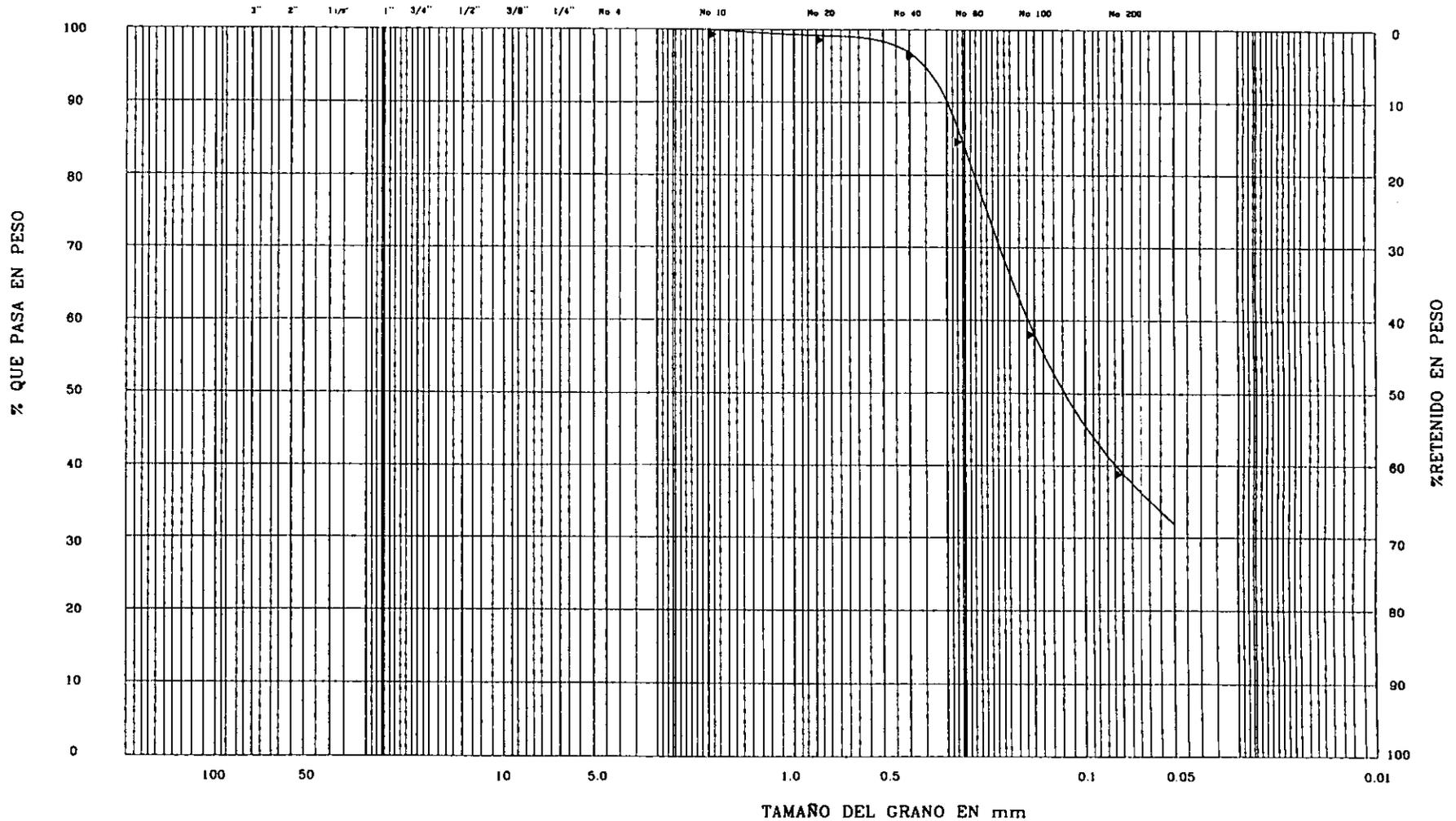
BOLEOS	GRAVA		A R E N A			FINOS
	CRUESA	FINA	CRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



PROFUNDIDAD m	MUESTRA n°	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> =(D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm			%	%	%	%	
1.50	2	←→						0	61	39		
		○										
		△										

OBRA No  
 LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO : PCA-9

TAMAÑO DE LA MALLA



TAMAÑO DEL GRANO EN mm

BOLEOS	GRAVA		ARENA			FINOS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	wi %	wf %	ei	ef	(Sr)i %	(Sr)f %	$\sigma_{1...}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_1 - \sigma_3$ ton/m <sup>2</sup>	$\gamma$ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		19.3					2.5	15.95	1.83	$\phi = 9.0^\circ$ $c = 7.45 \text{ ton/m}^2$
2		15.2					5.0	20.35	1.89	
3		15.2					10.0	23.36	1.82	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-1

MUESTRA No 3 PROF . 1.20-2.00m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA LIMO

ARENOSA CAFE CLARO

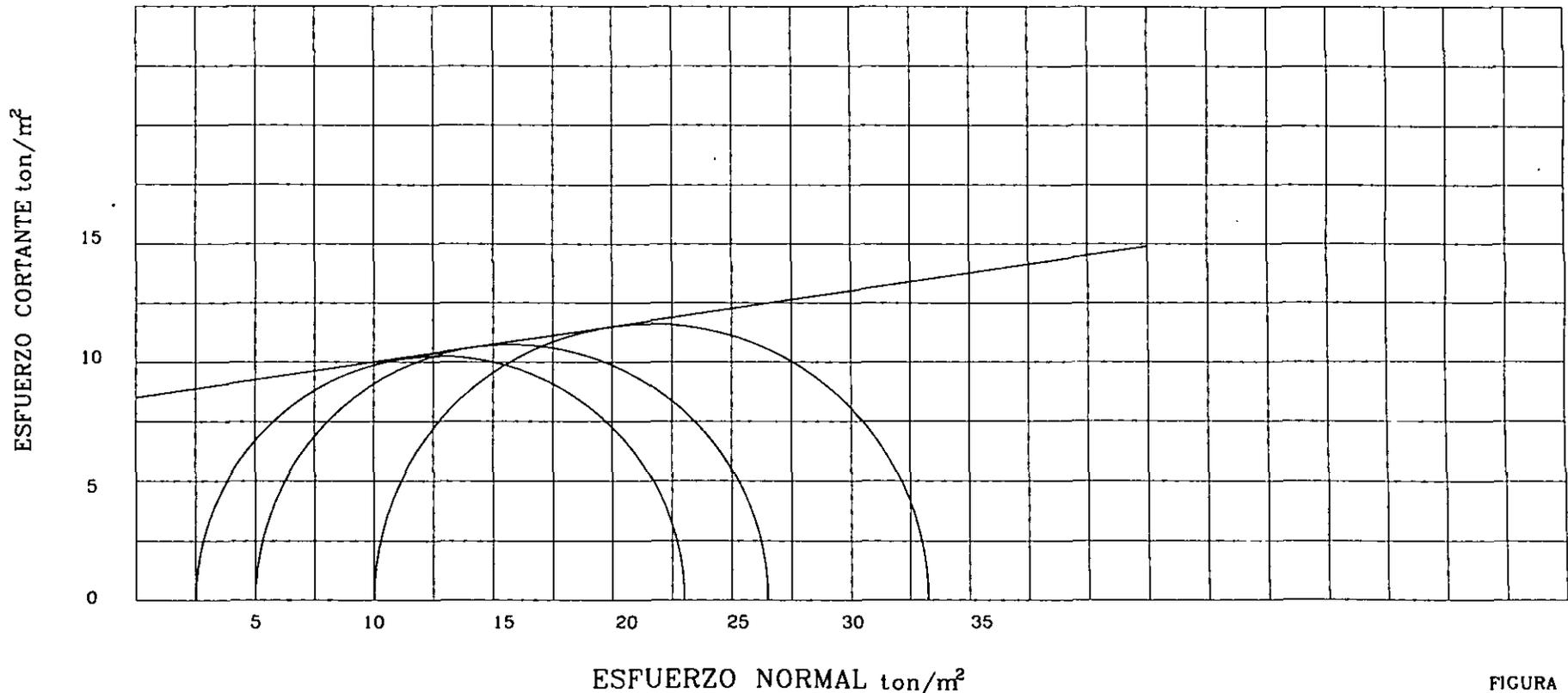


FIGURA No 38



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		25.9					2.5	14.25	1.92	Φ = 17° c = 4.5 ton/m <sup>2</sup>
2		26.1					5.0	16.40	1.94	
3		26.0					10.0	20.50	1.98	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-1

MUESTRA No 6 PROF . 3.20-4.0 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA POCO LIMO  
ARENOSA CAFE CLARO

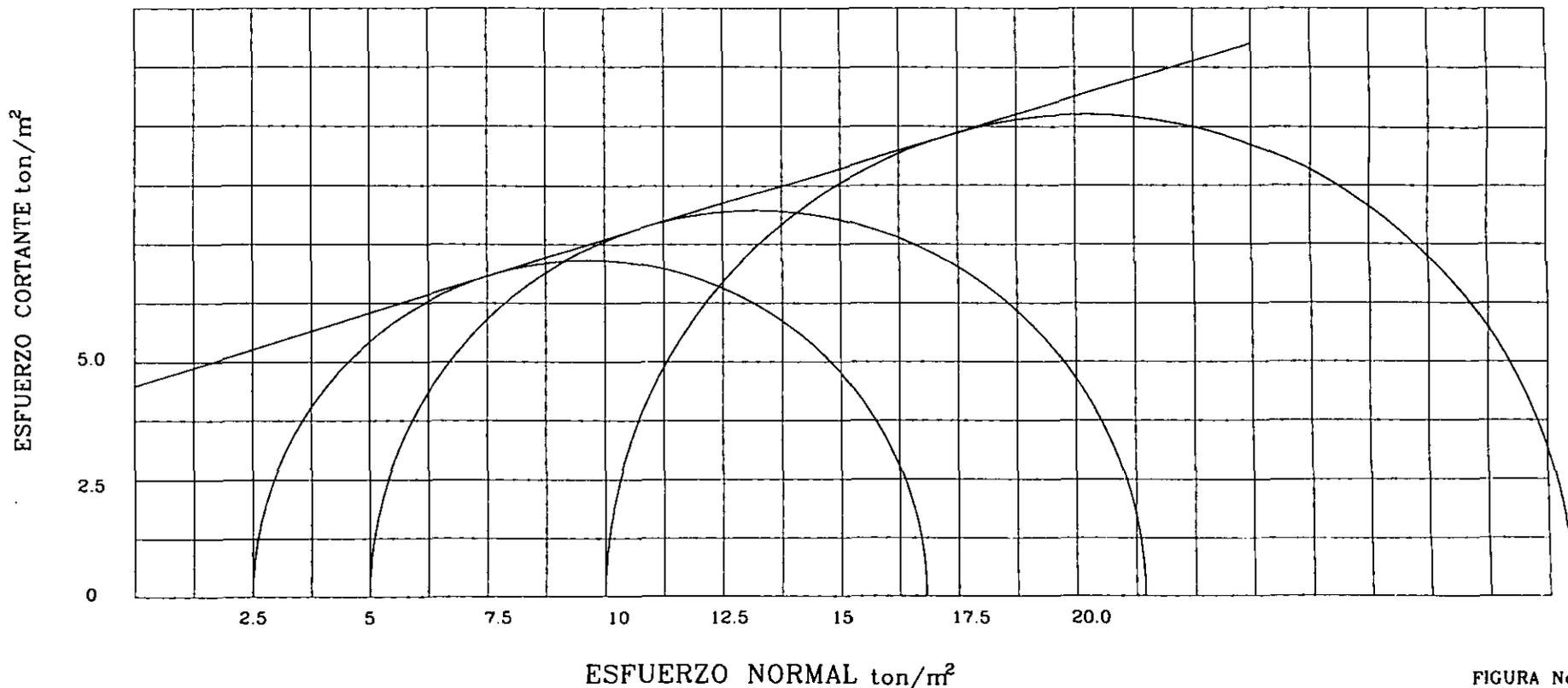


FIGURA No 39



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(Sr) <sub>i</sub> %	(Sr) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ... ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ... ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		62.9					2.5	15.52	1.50	Φ = 6°  c = 6.8 ton/m <sup>2</sup>
2		63.7					5.0	16.00	1.40	
3		65.0					10.0	16.89	1.43	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-1

MUESTRA No 12 PROF . 7.20-8.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OBSCURO

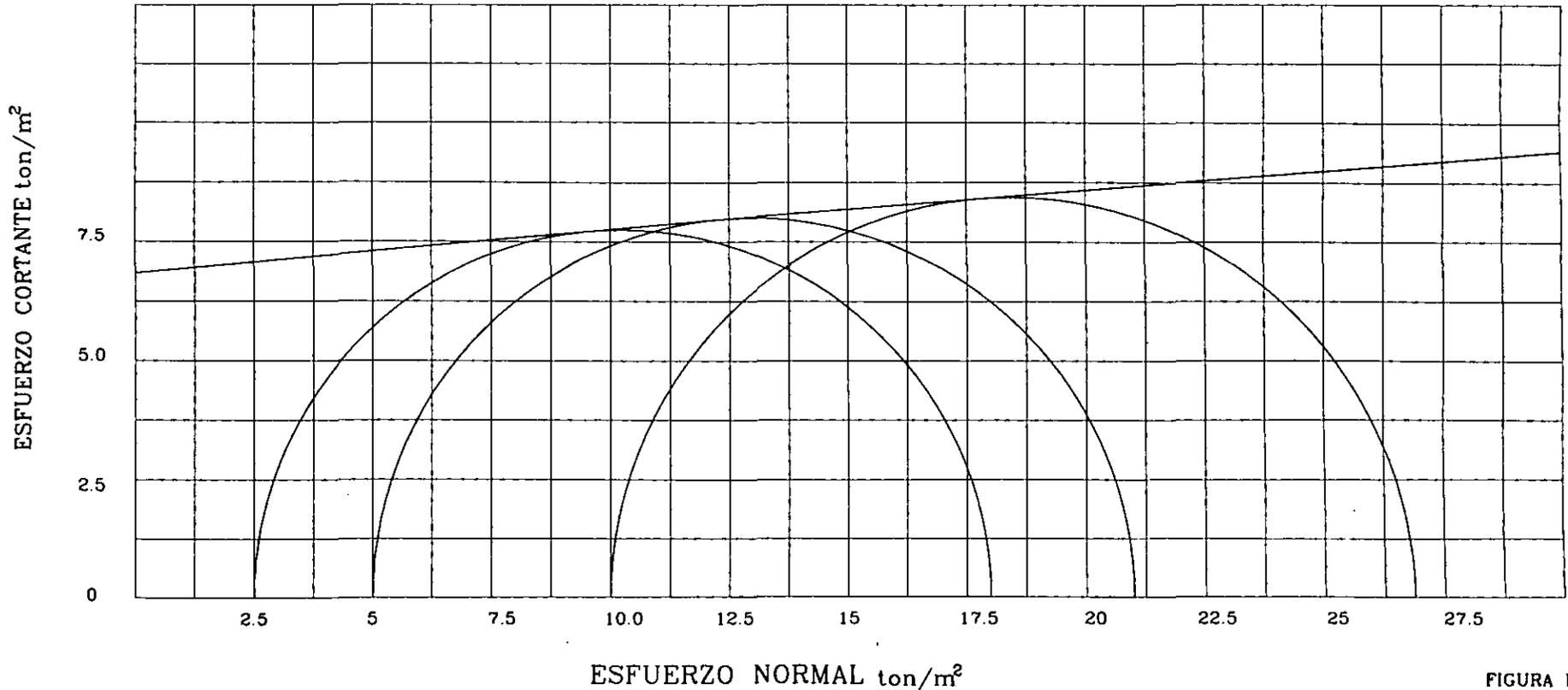


FIGURA No 40



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		32.0					2.5	36.40	1.85	φ = 5° c = 16.3 ton/m <sup>2</sup>
2		33.9					5.0	36.80	1.87	
3		30.8					10.0	37.81	1.89	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-2

MUESTRA No 3 PROF . 2.60-3.10 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO

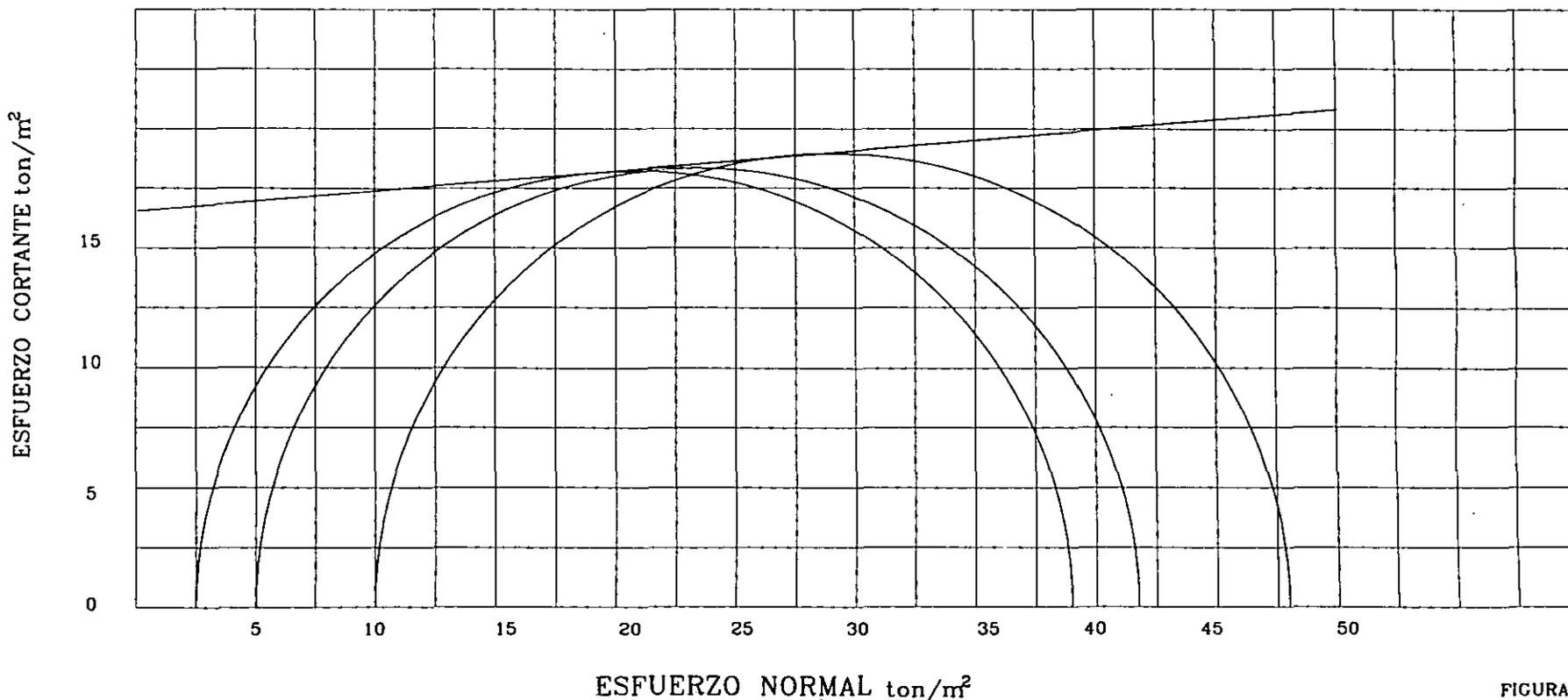


FIGURA No 41



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  UU      CONSOLIDADA NO DRENADA  CU      CONSOLIDADA DRENADA  CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		63.4					2.5	24.5	1.48	Φ = 11° c = 9.5 ton/m <sup>2</sup>
2		64.4					5.0	25.6	1.49	
3		64.4					10.0	27.6	1.45	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-2

MUESTRA No 3 PROF . 5.20-6.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO

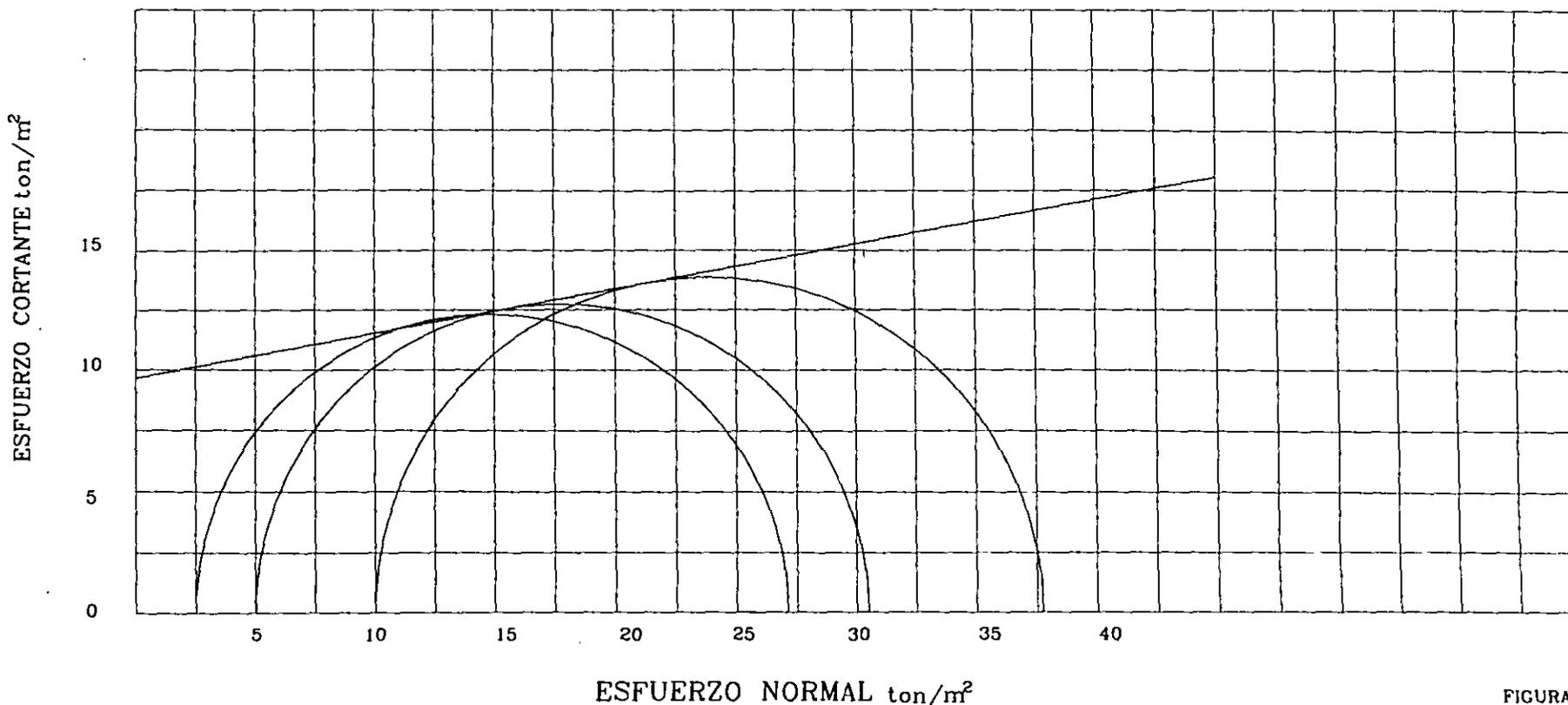


FIGURA No 42



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN  
TRIAxIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		63.4					2.5	24.5	1.48	Φ = 11° c = 9.5 ton/m <sup>2</sup>
2		64.4					5.0	25.6	1.49	
3		64.4					10.0	27.6	1.45	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-2

MUESTRA No 3 PROF . 5.20-6.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO

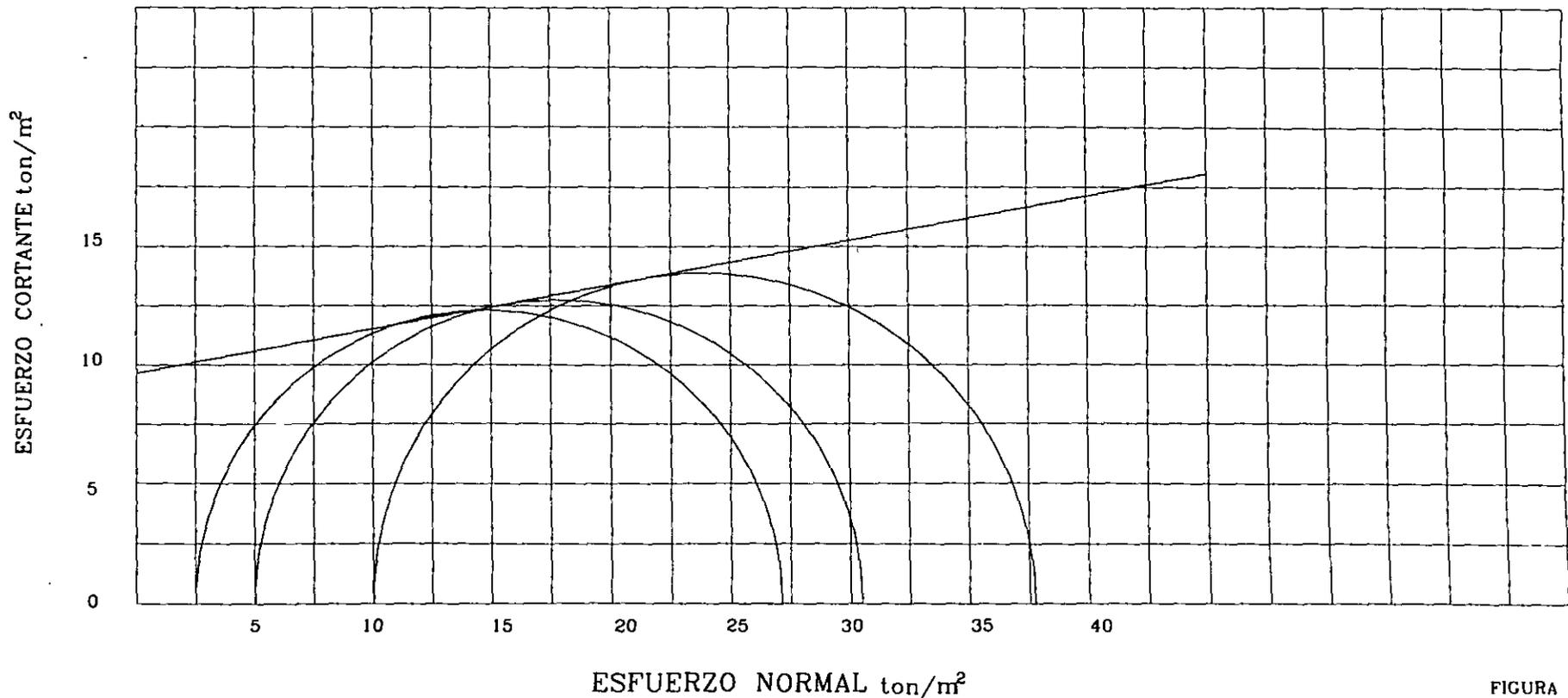


FIGURA No 42



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		47.9					2.5	25.5	1.71	Φ = 15° c = 9.40 ton/m <sup>2</sup>
2		49.5					5.0	27.6	1.84	
3		47.5					10.0	30.8	1.84	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-2

MUESTRA No 13 PROF . 7.80-8.10 m

DESCRIPCIÓN: LIMO GRIS OSCURO

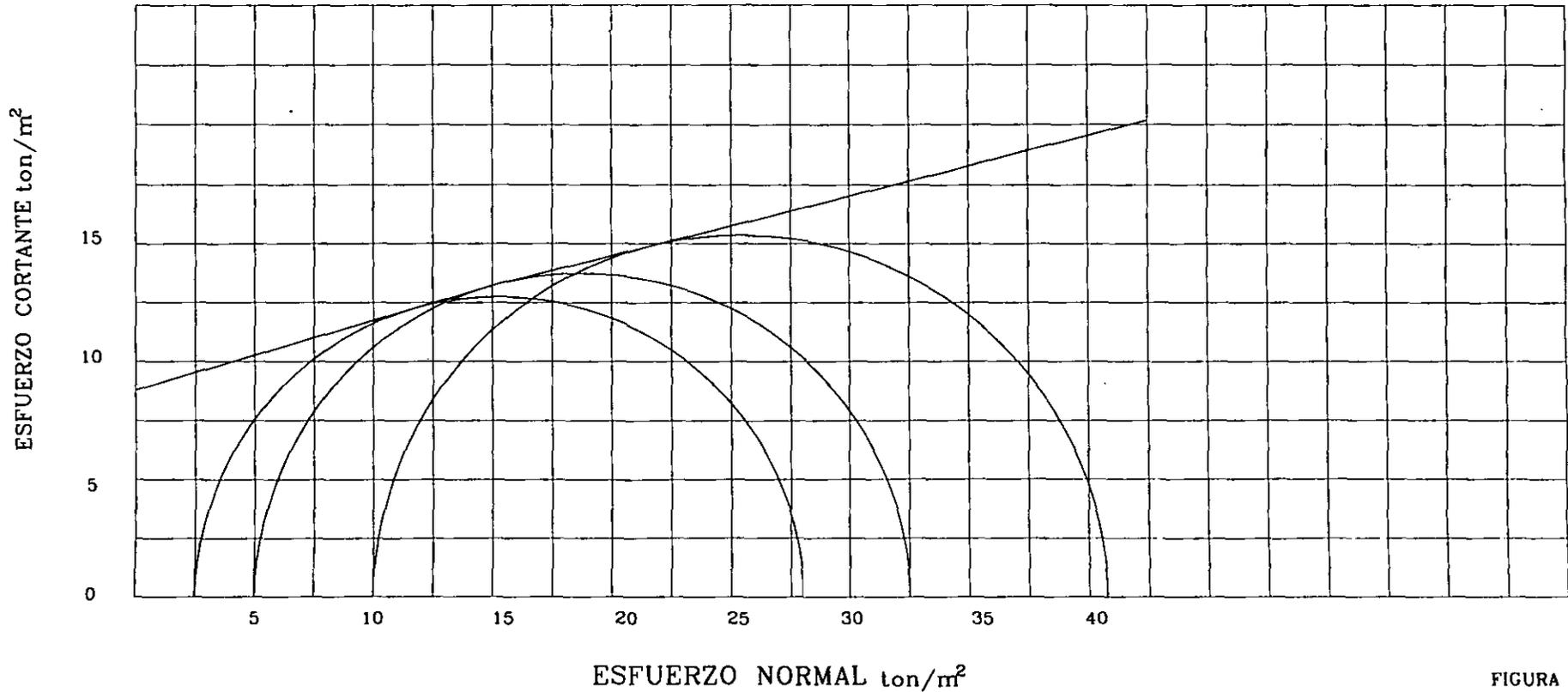


FIGURA No 43



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(Sr) <sub>i</sub> %	(Sr) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		30.8					2.5	30.80	1.88	Φ = 12° c = 11.8 ton/m <sup>2</sup>
2		30.0					5.0	32.20	1.88	
3		29.9					10.0	34.82	1.90	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-3

MUESTRA No. 3 PROF. 1.20-2.00m  
DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO  
ARENOSA CAFE CLARO

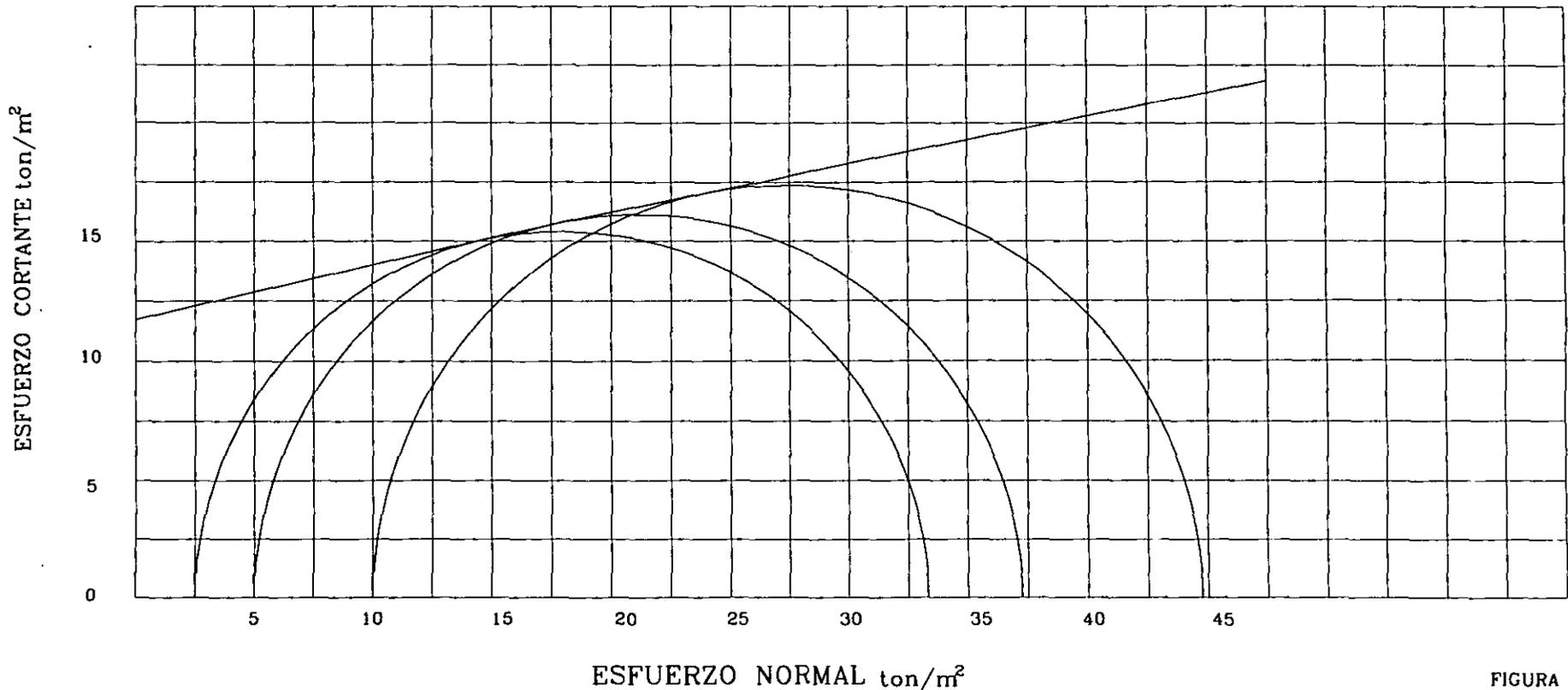


FIGURA No 44



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	wi %	wf %	ei	ef	(Sr)i %	(Sr)f %	$\sigma_{v1}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_1 - \sigma_{v1}$ ton/m <sup>2</sup>	$\gamma$ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		26.7					2.5	18.95	1.91	$\Phi = 6.0^\circ$ $c = 9.0 \text{ ton/m}^2$
2		29.2					5.0	21.95	1.91	
3		29.2					10.0	22.96	1.88	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-3

MUESTRA No 3 PROF . 3.20-4.0 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA CAFE OSCURO

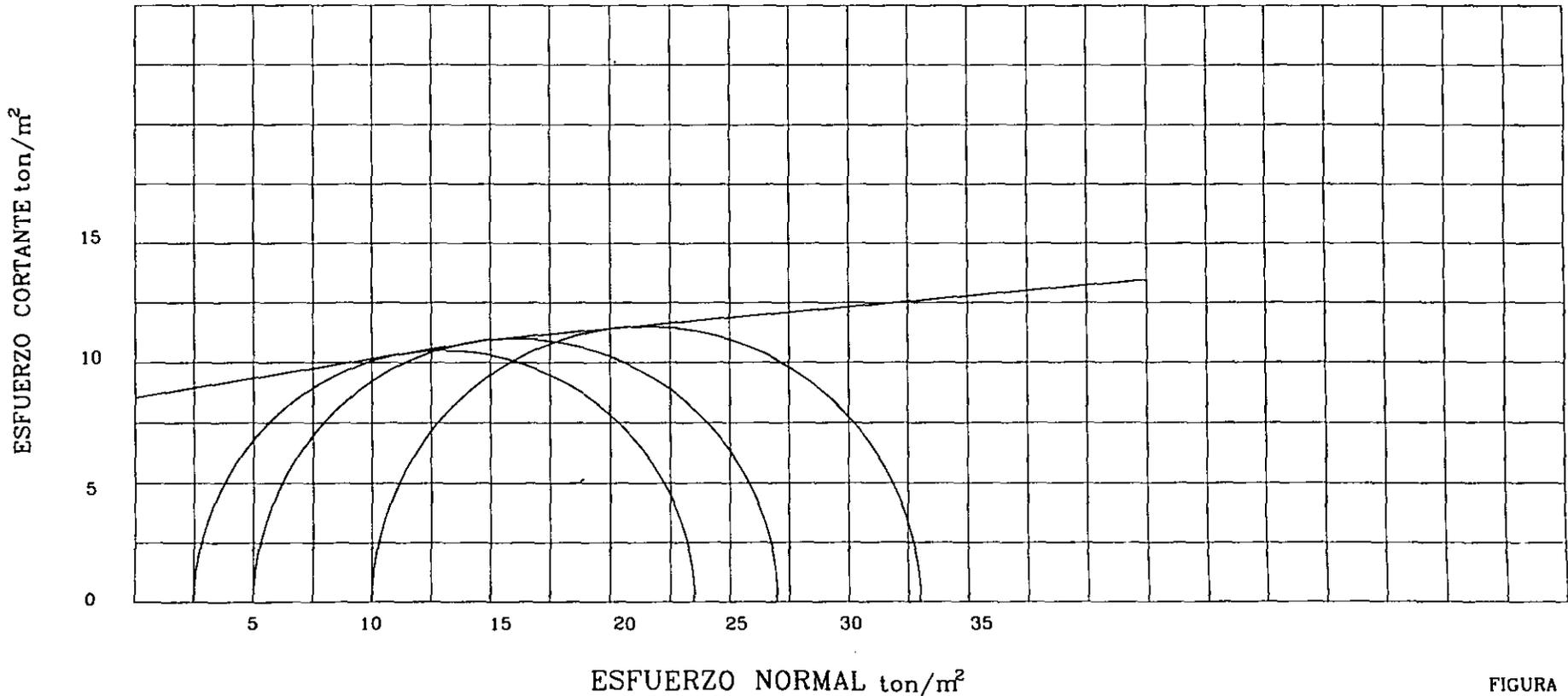


FIGURA No 45



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>v</sub> - σ <sub>h</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		34.5					2.5	17.98	1.67	Φ = 19.0° c = 5.25 ton/m <sup>2</sup>
2		42.0					5.0	20.39	1.61	
3		38.2					10.0	25.65	1.66	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-1

MUESTRA No 3 PROF . 3.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO

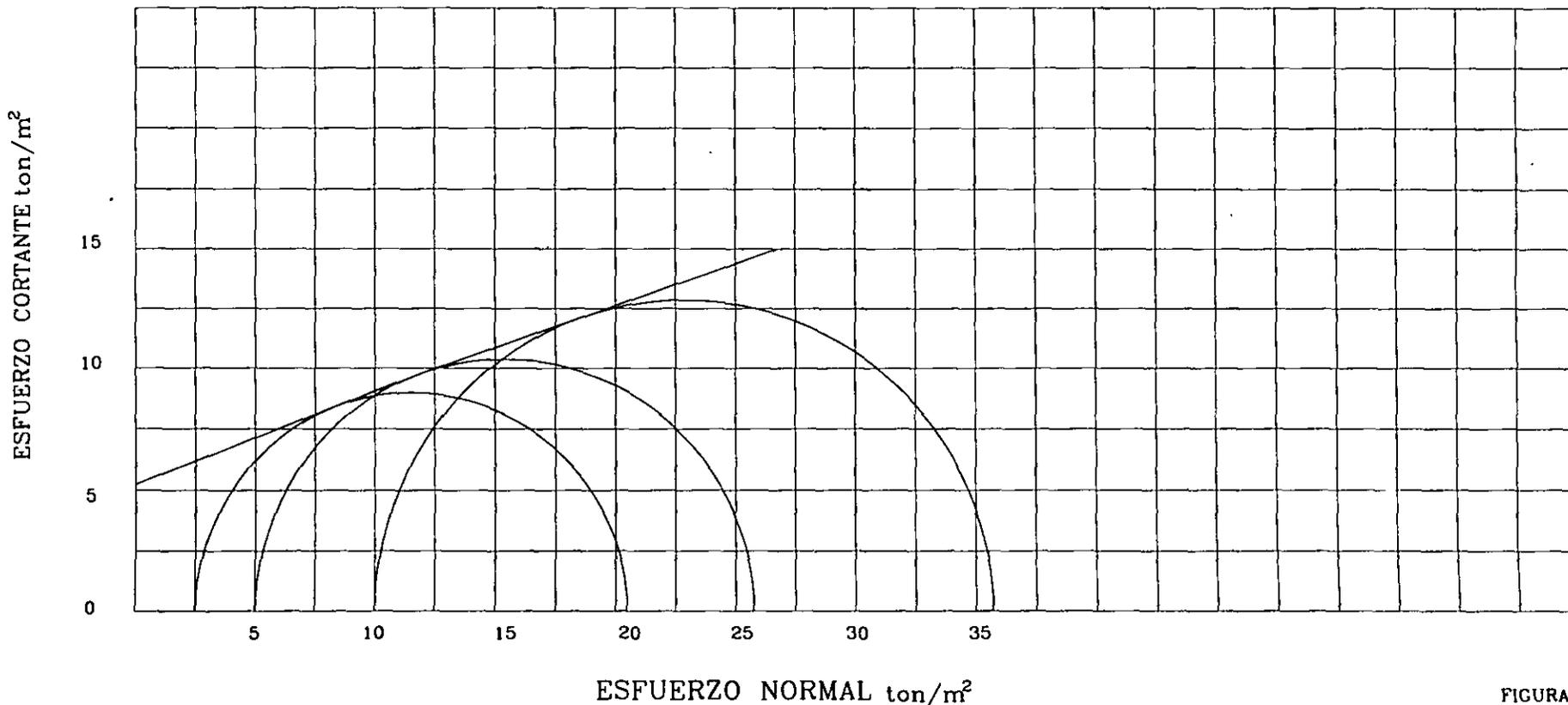


FIGURA No 46



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN  
TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(Sr) <sub>i</sub> %	(Sr) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		26.9					2.5	41.13	1.83	Φ = 9.0° c = 7.45 ton/m <sup>2</sup>
2		26.5					5.0	55.99	1.87	
3		26.4					10.0	44.49	1.86	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-3

MUESTRA No 9 PROF . 5.20-6.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO  
ARENOSA CAFE CLARO

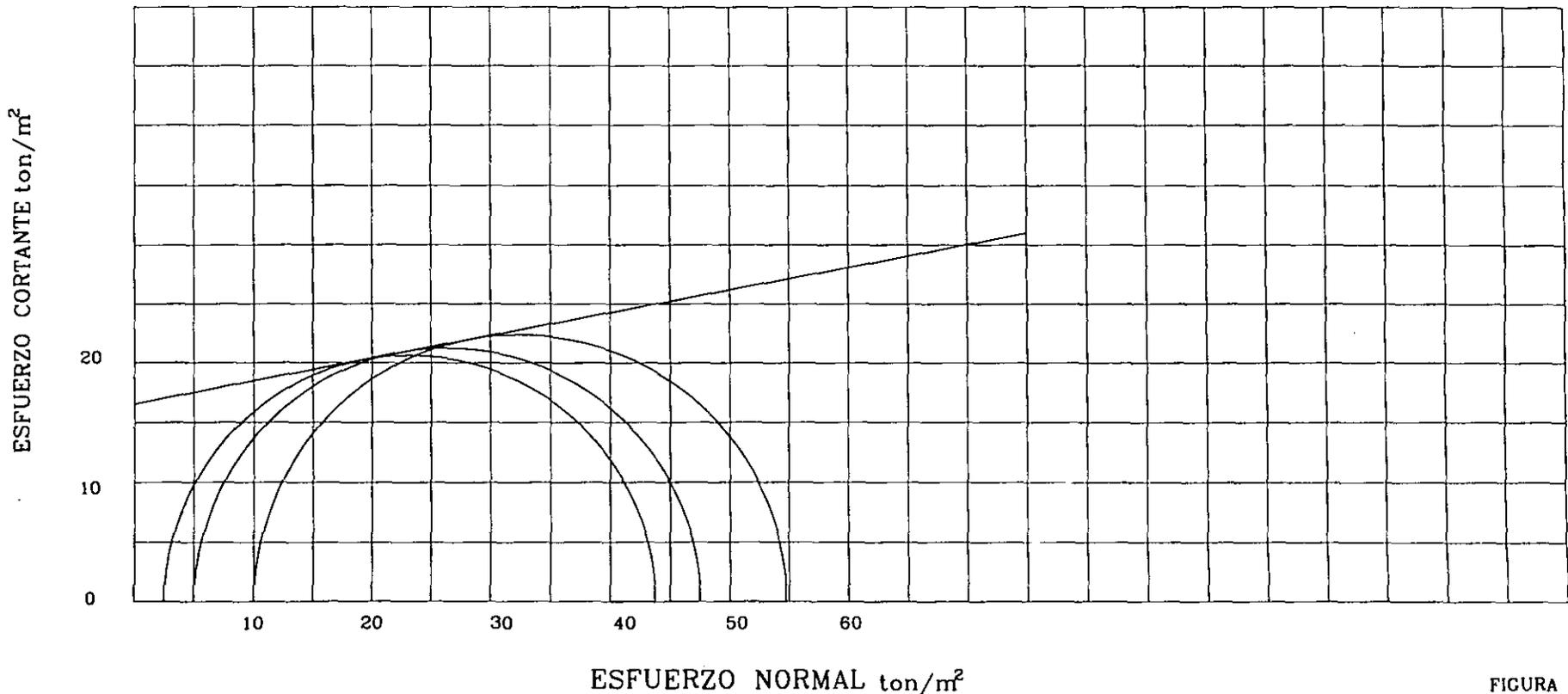


FIGURA No 47



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		17.5					2.5	26.81	1.87	Φ = 13° c = 10.0 ton/m <sup>2</sup>
2		18.2					5.0	28.30	1.81	
3		17.9					10.0	31.12	1.84	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-4

MUESTRA No 3 PROF . 1.20-2.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA ARENOSA CAFE OBSCURO

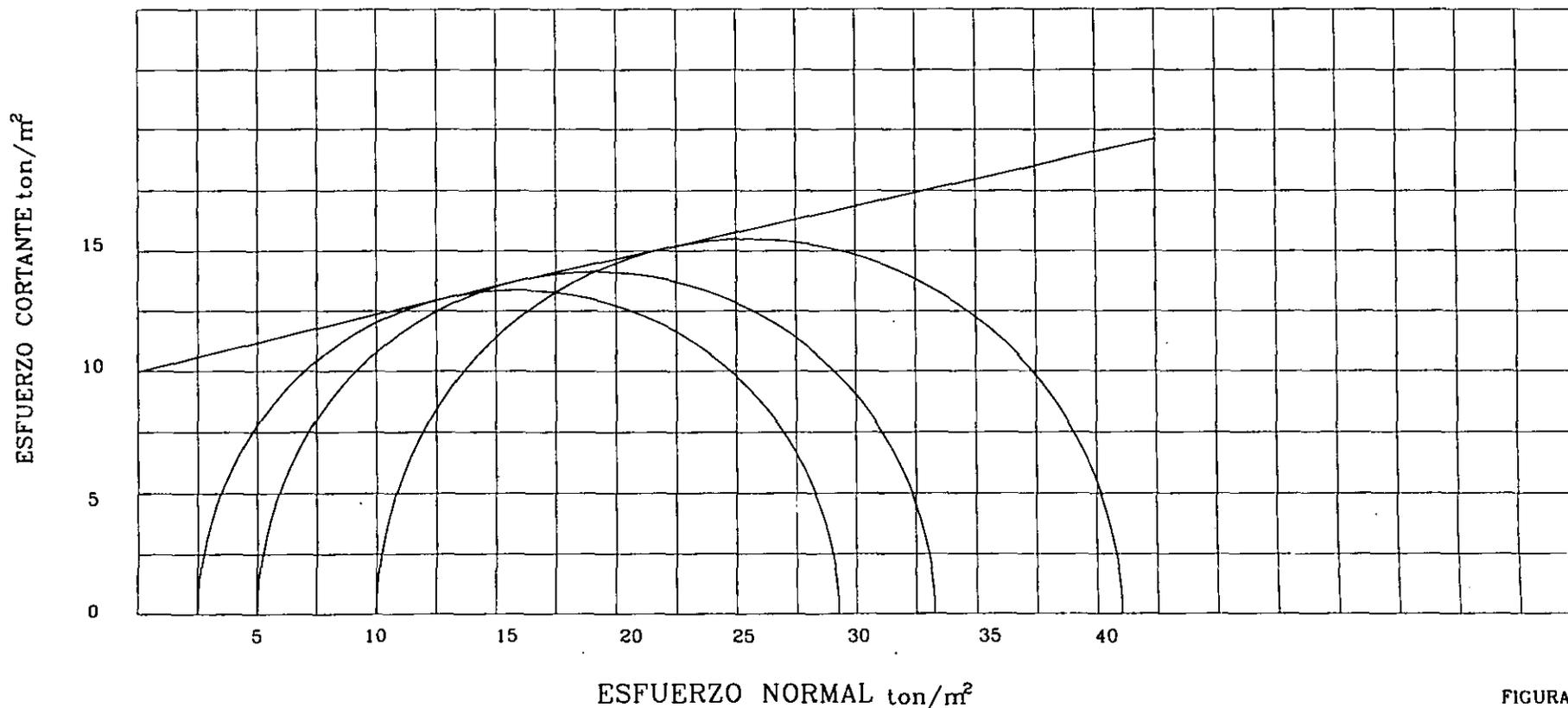


FIGURA No 48



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(Sr) <sub>i</sub> %	(Sr) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		31.7					2.5	26.65	1.85	Φ = 26° c = 6.8 ton/m <sup>2</sup>
2		30.6					5.0	30.64	1.88	
3		31.2					10.0	38.6	1.87	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-4

MUESTRA No 6 PROF . 1.20-2.00m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA CON ARENA  
GRIS OSCURO

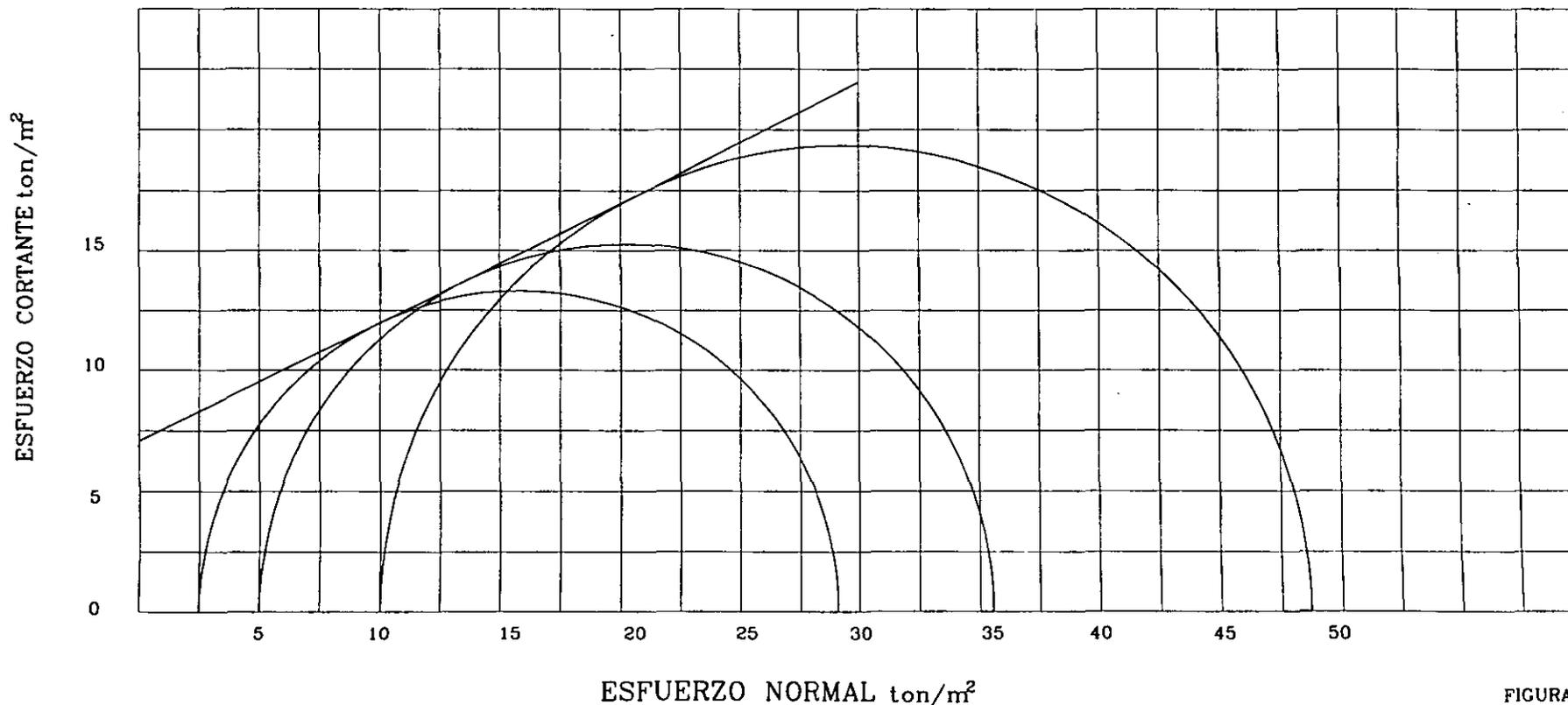


FIGURA No 49



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		58.3					2.5	29.3	1.59	Φ = 6.0° c = 12.8 ton/m <sup>2</sup>
2		57.2					5.0	30.0	1.52	
3		56.2					10.0	31.0	1.60	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-4

MUESTRA No 9 PROF . 5.20-6.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO

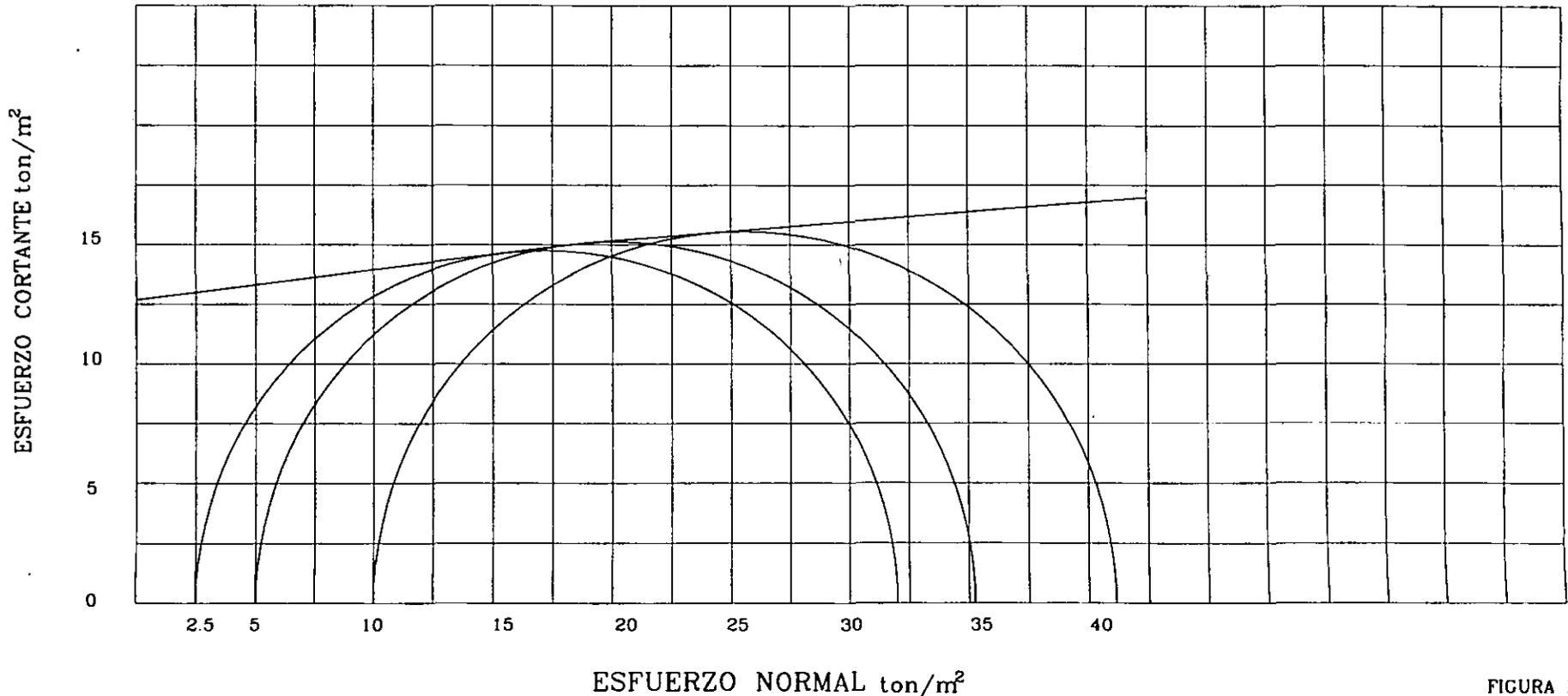


FIGURA No 50



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ... ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ... ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		58.3					2.5	29.3	1.59	Φ = 6.0°  c = 12.8 ton/m <sup>2</sup>
2		57.2					5.0	30.0	1.52	
3		56.2					10.0	31.0	1.60	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-4

MUESTRA No 9 PROF . 5.20-6.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO

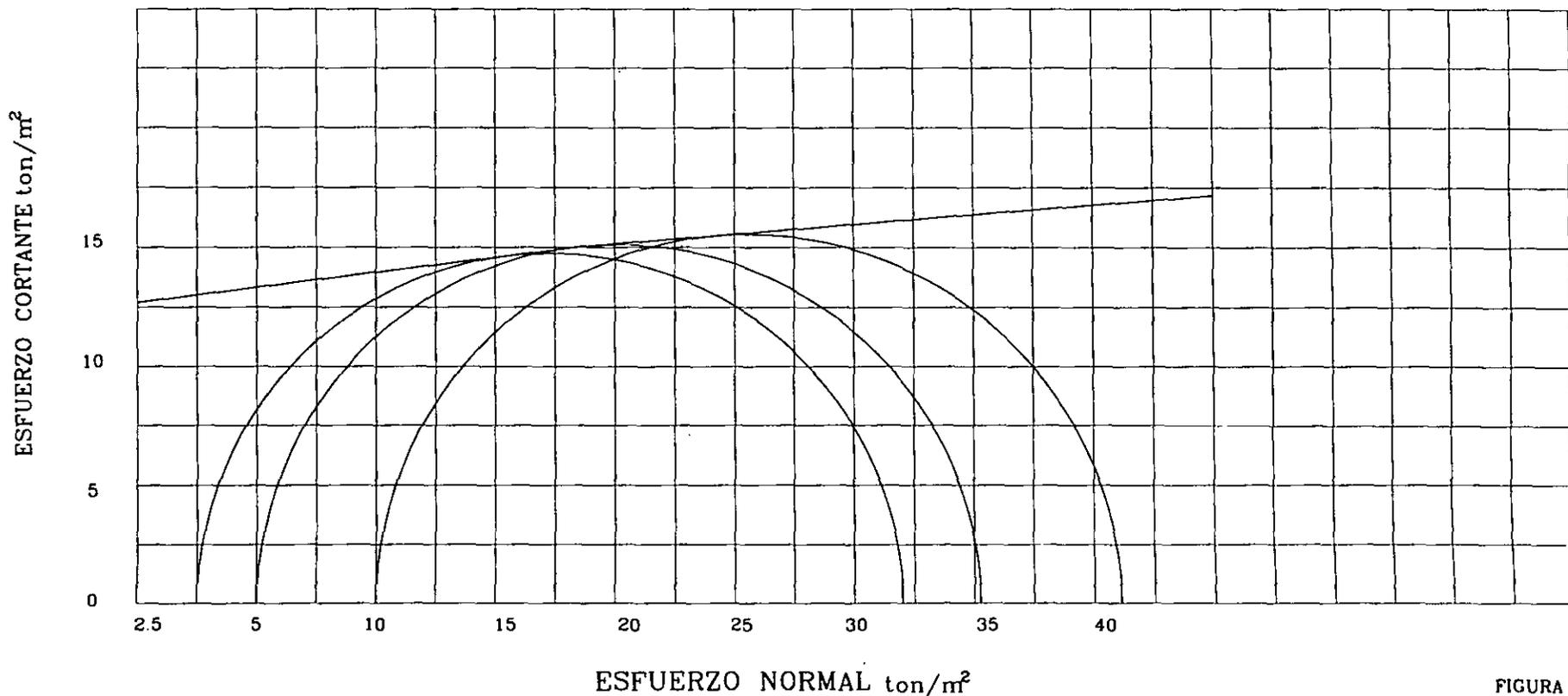


FIGURA No 50



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	wi %	wf %	ei	ef	(Sr)i %	(Sr)f %	$\sigma_{11}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_1 - \sigma_{11}$ ton/m <sup>2</sup>	$\gamma$ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		64.3					2.5	35.4	1.52	$\phi = 9.0^\circ$ $c = 14.3 \text{ ton/m}^2$
2		62.6					5.0	36.0	1.53	
3		62.7					10.0	38.2	1.51	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : SM-4

MUESTRA No 12 PROF . 7.20-8.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS

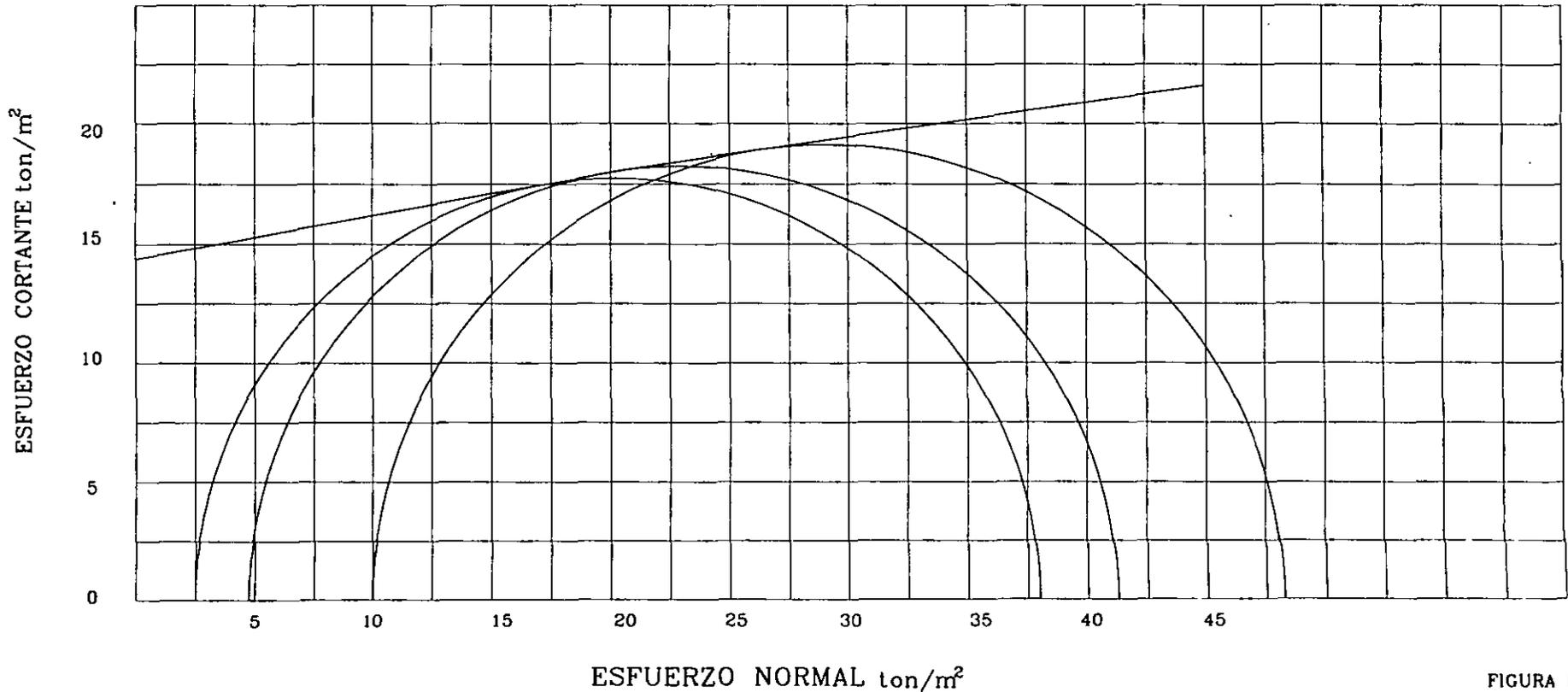


FIGURA No 51



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN  
TRIAxIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA



CONSOLIDADA  
NO DRENADA



CONSOLIDADA  
DRENADA



PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		18.2					2.5	7.25	1.62	Φ = 9.0° c = 2.6 ton/m <sup>2</sup>
2		16.9					5.0	8.25	1.65	
3		18.6					10.0	10.30	1.68	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-1

MUESTRA No 2 PROF. 1.50 m  
DESCRIPCIÓN: ARCILLA CON POCA  
ARENA FINA CAFE CLARO

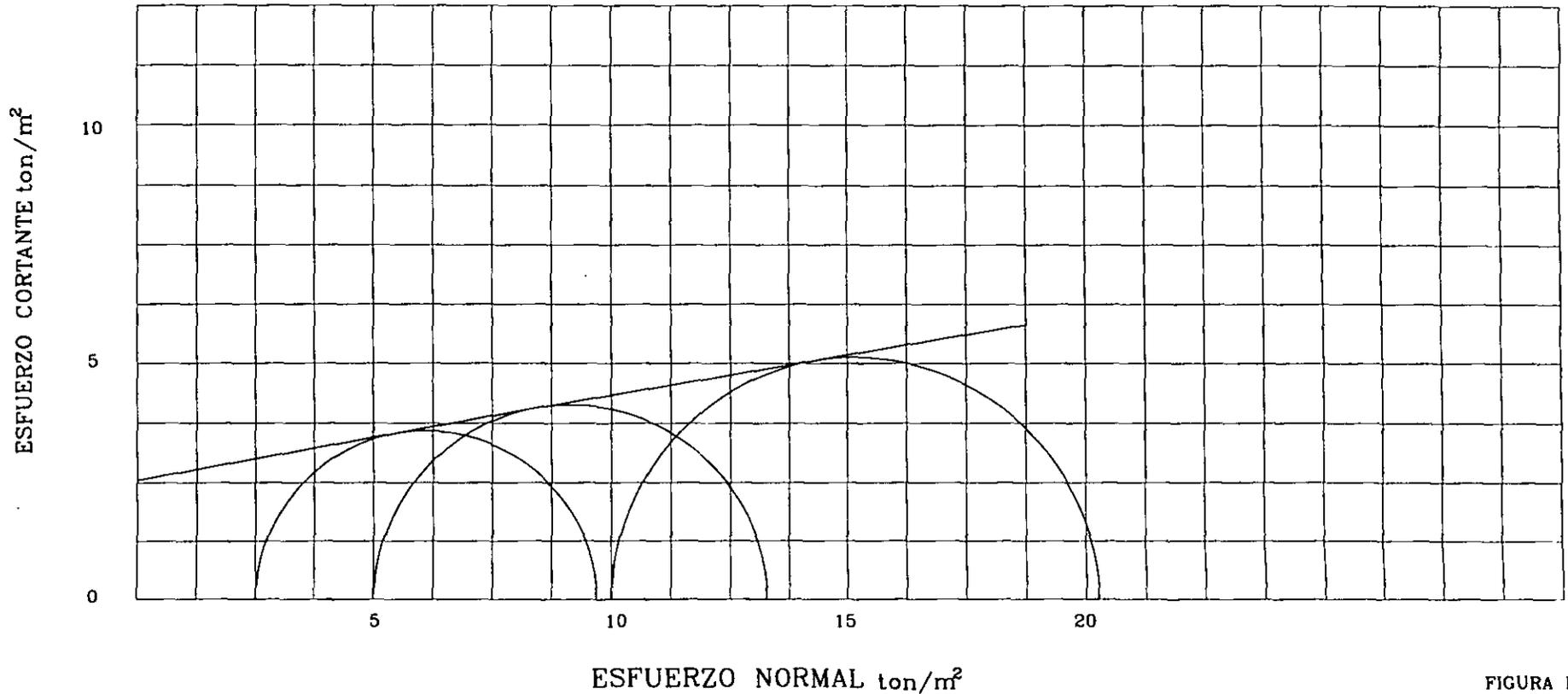


FIGURA No 52



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		34.5					2.5	17.98	1.87	Φ = 19.0°  c = 5.25 ton/m <sup>2</sup>
2		42.0					5.0	20.39	1.81	
3		38.2					10.0	25.65	1.86	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-1

MUESTRA No 3 PROF . 3.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO

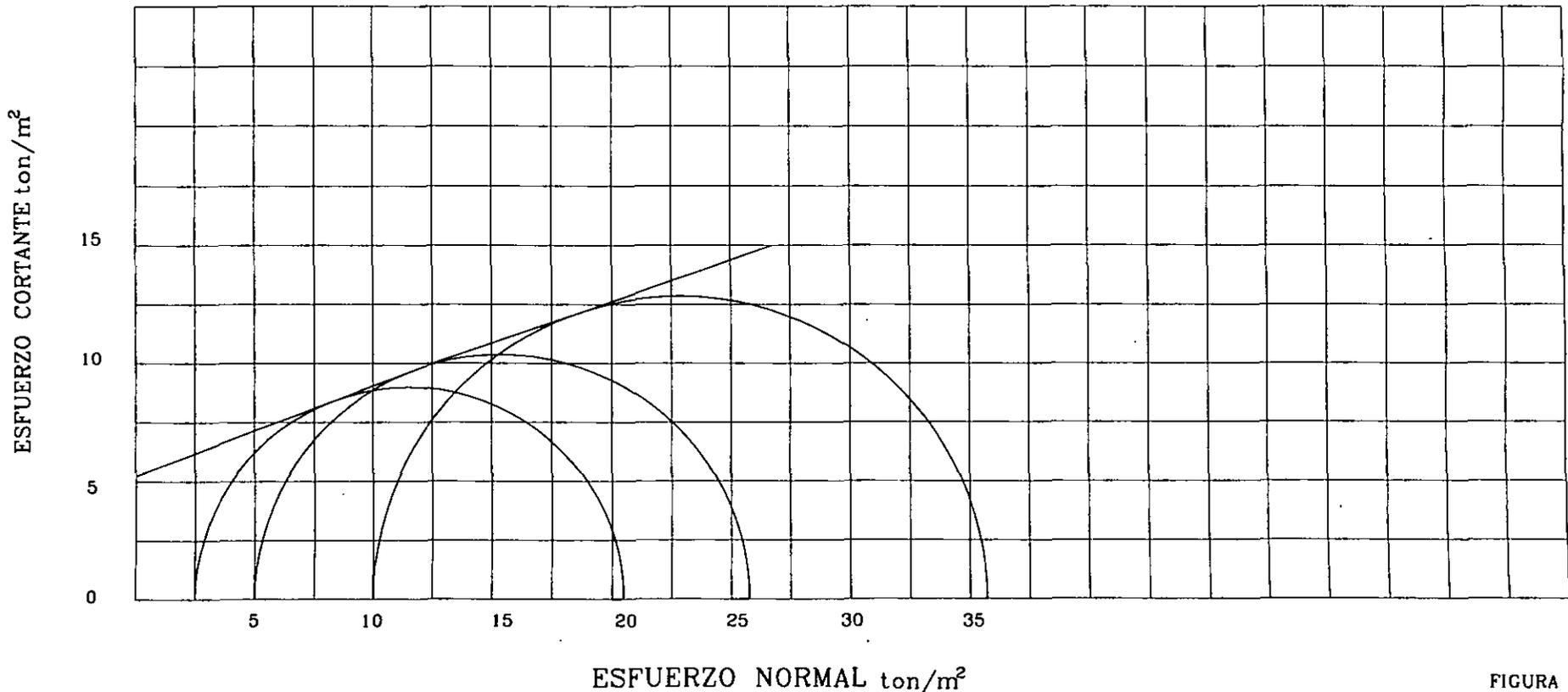


FIGURA No 53



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN  
TRIAxIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		21.5					2.5	8.50	1.83	Φ = 8.0° c = 3.4 ton/m <sup>2</sup>
2		21.7					5.0	9.00	1.82	
3		22.2					10.0	10.70	1.85	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-6

MUESTRA No 2 PROF . 1.50 m

ARCILLA POCO

ARENOSA CAFE CLARO

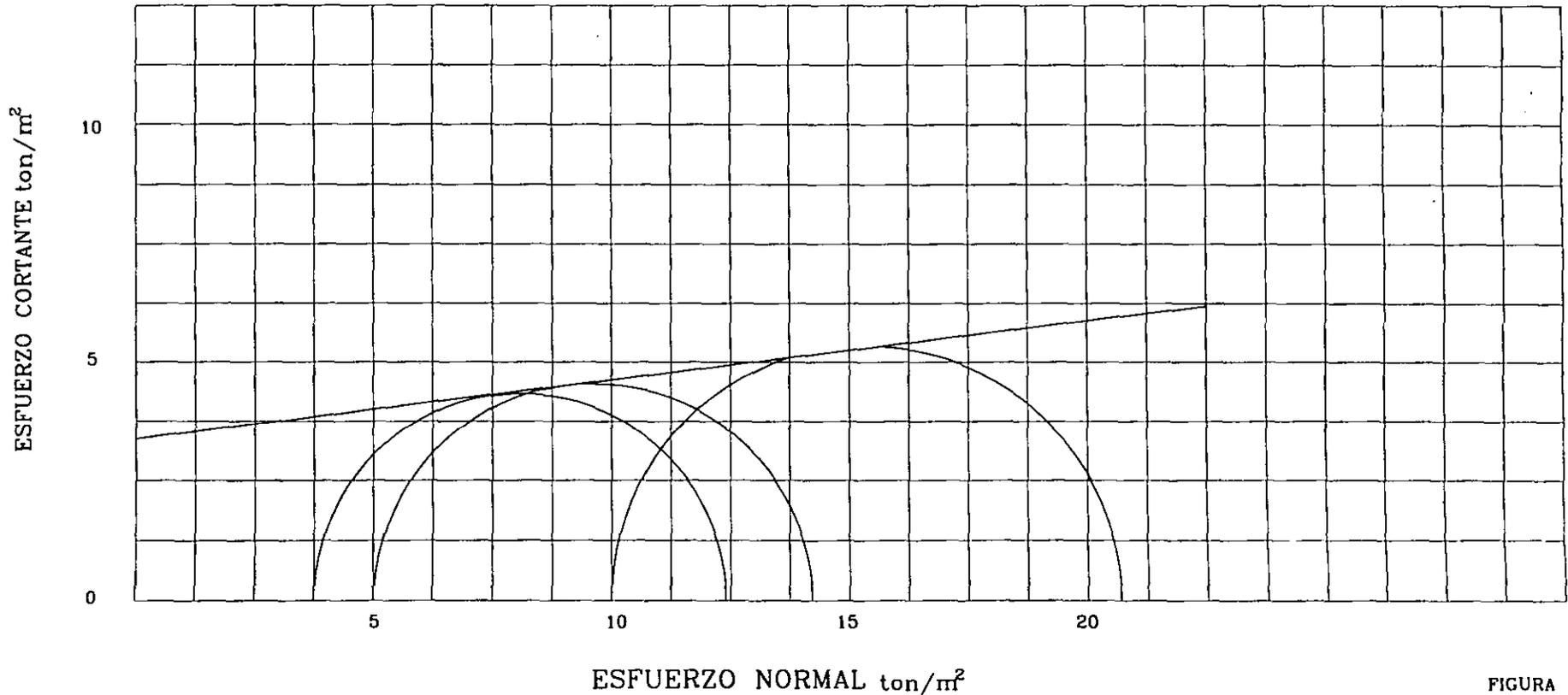


FIGURA No 54



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	wi %	wf %	ei	ef	(Sr)i %	(Sr)f %	$\sigma_{v1}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_1 - \sigma_{v1}$ ton/m <sup>2</sup>	$\gamma$ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		40					2.5	8.60	1.63	$\Phi = 19^\circ$  $c = 2.0 \text{ ton/m}^2$
2		39.4					5.0	10.69	1.68	
3		42.2					10.0	15.58	1.65	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-2

MUESTRA No 3 PROF . 3.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA GRIS OSCURO  
GRUMOSA Y QUEBRADIZA

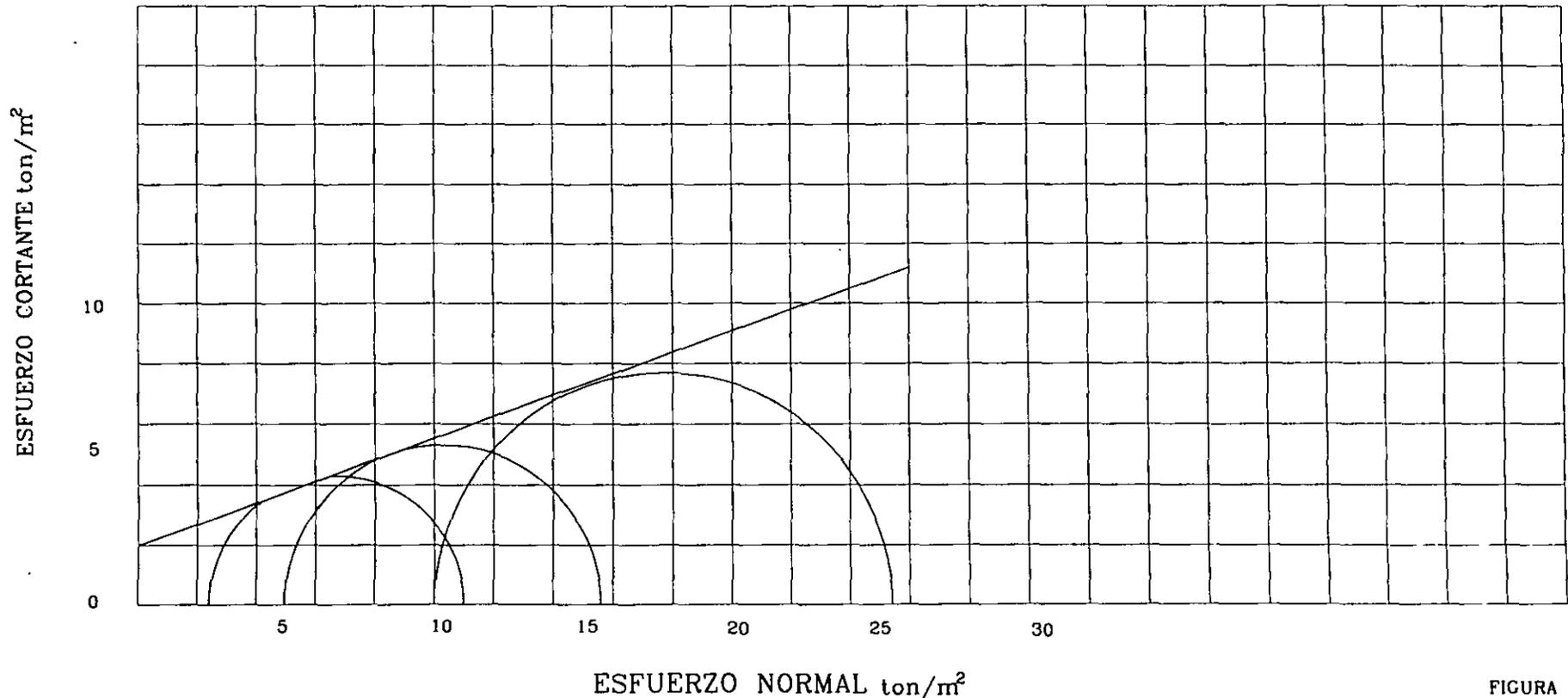


FIGURA No 55



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  UU      CONSOLIDADA NO DRENADA  CU      CONSOLIDADA DRENADA  CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		19.2					2.5	12.6	1.85	φ = 12° c = 5.0 ton/m <sup>2</sup>
2		18.9					5.0	13.6	1.84	
3		18.9					10.0	15.6	1.82	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-3

MUESTRA No 2 PROF . 1.50

DESCRIPCIÓN: ARENA ARCILLOSA CON  
POCA MATERIA ORGANICA ,CAFE CLARO

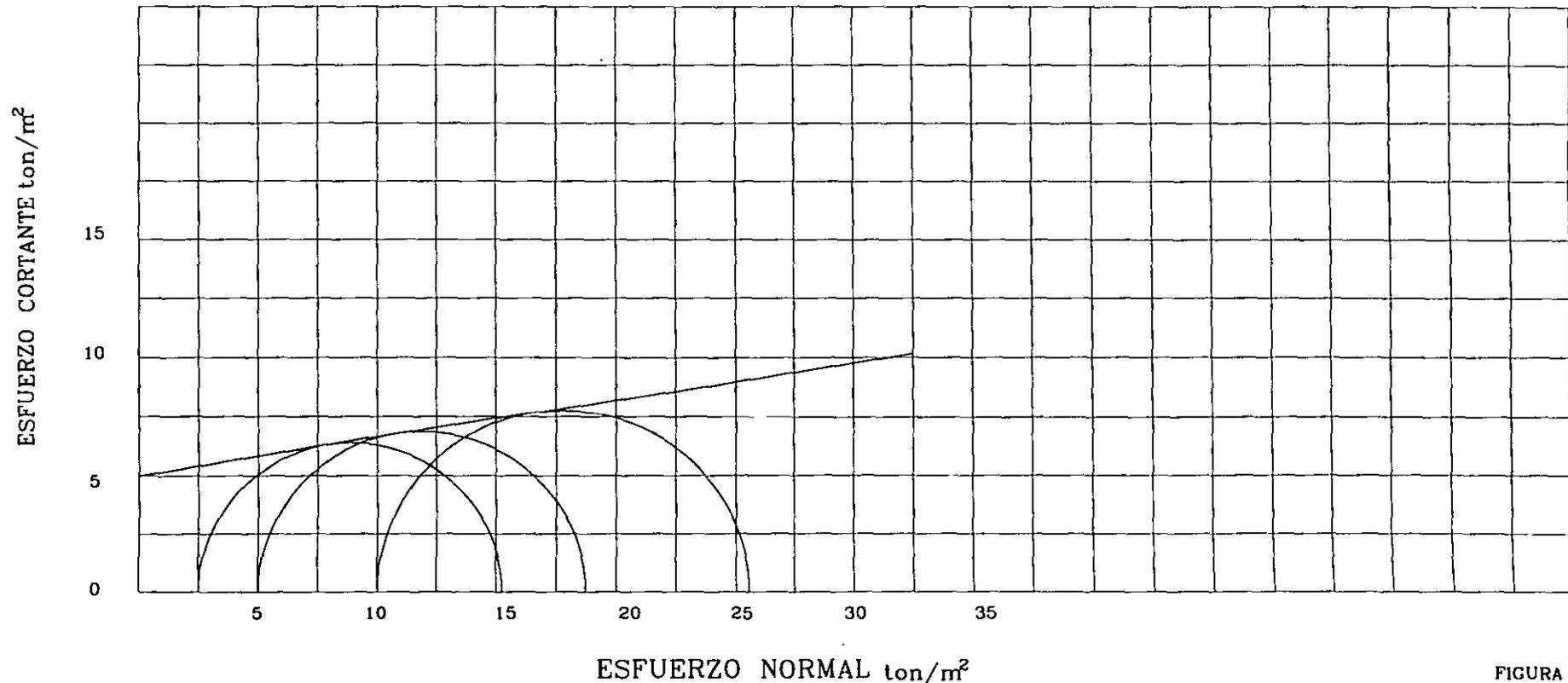


FIGURA No 56



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN  
TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	wi %	wf %	ei	ef	(Sr)i %	(Sr)f %	$\sigma_{v1}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_1 - \sigma_{v1}$ ton/m <sup>2</sup>	$\gamma$ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		24.0					2.5	8.30	1.78	$\Phi = 17^\circ$  $c = 2.40 \text{ ton/m}^2$
2		23.3					5.0	10.50	1.93	
3		25.1					10.0	14.40	1.83	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-3

MUESTRA No 3 PROF . 3.0 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA POCO LIMO  
ARENOSA GRIS OSCURO

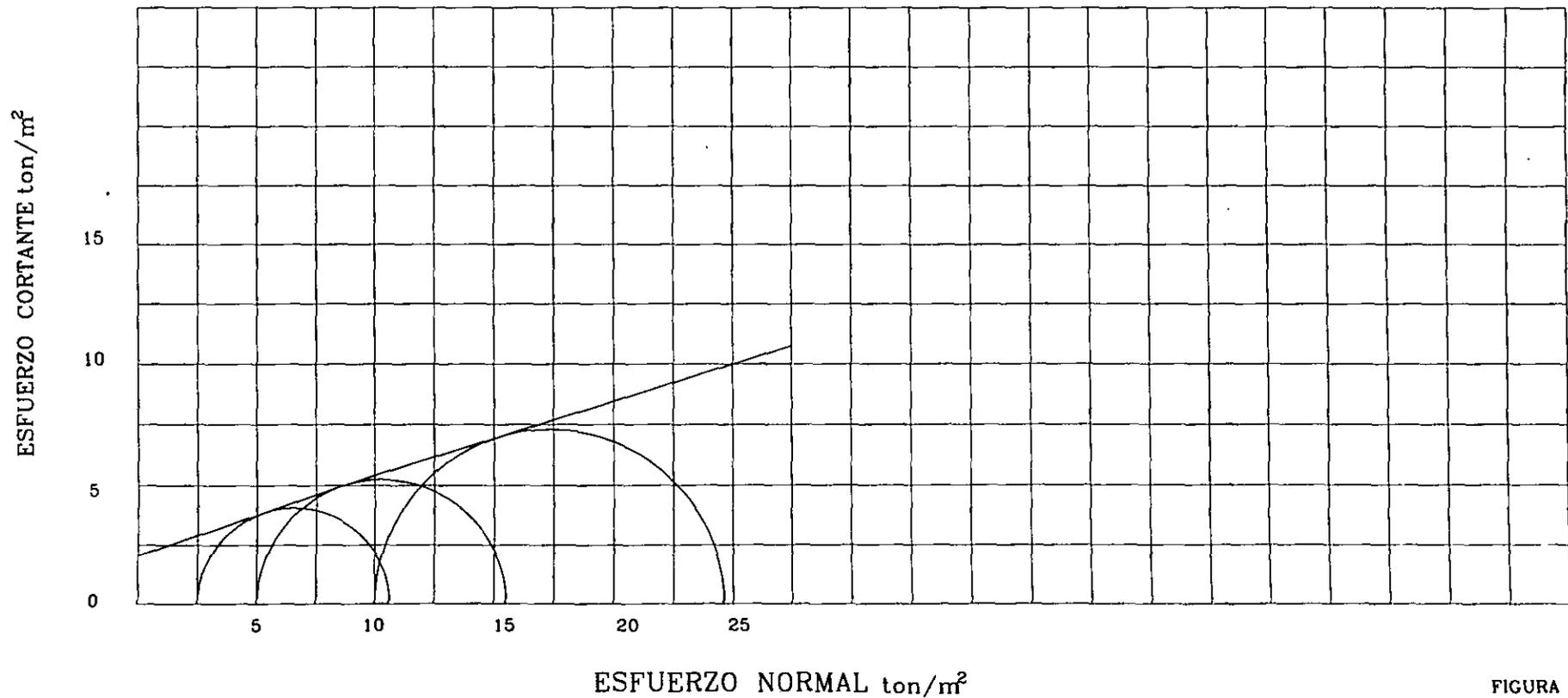


FIGURA No 57



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>v</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		40.2					2.5	15.50	1.57	Φ = 26° c = 4.0 ton/m <sup>2</sup>
2		38.8					5.0	18.40	1.61	
3		44.5					10.0	24.80	1.55	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-4

MUESTRA No 3 PROF . 3.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA CAFE OSCURO  
CON VETAS DE ARENA FINA

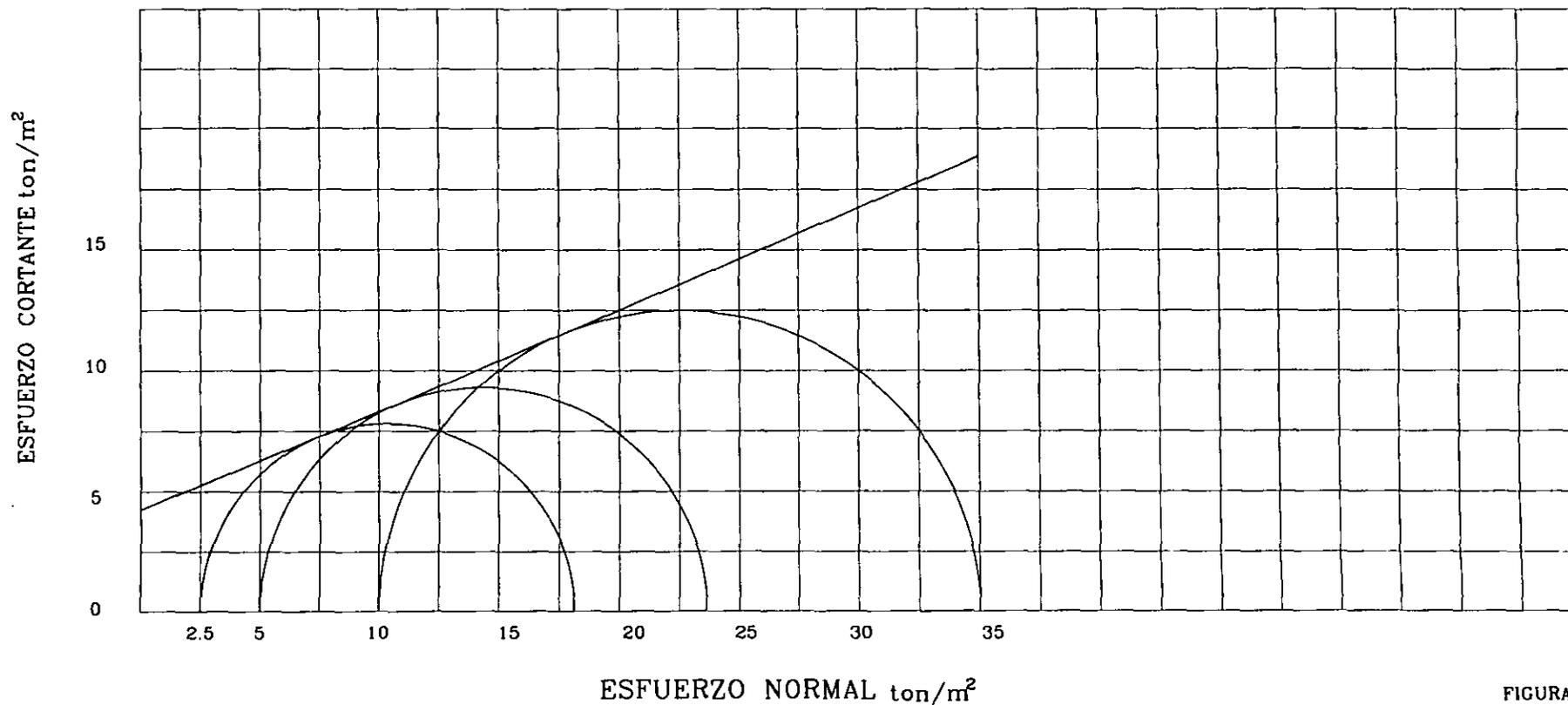


FIGURA No 58



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	wi %	wf %	ei	ef	(Sr) i %	(Sr) f %	$\sigma_{11}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_3 - \sigma_{11}$ ton/m <sup>2</sup>	$\gamma$ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		17.2					2.5	6.60	1.73	$\Phi = 8.0^\circ$ $c = 2.5 \text{ ton/m}^2$
2		16.8					5.0	7.45	1.70	
3		17.8					10.0	8.00	1.75	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-5

MUESTRA No 2 PROF . 1.50 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA LIMO ARENOSA  
CAFE CLARO

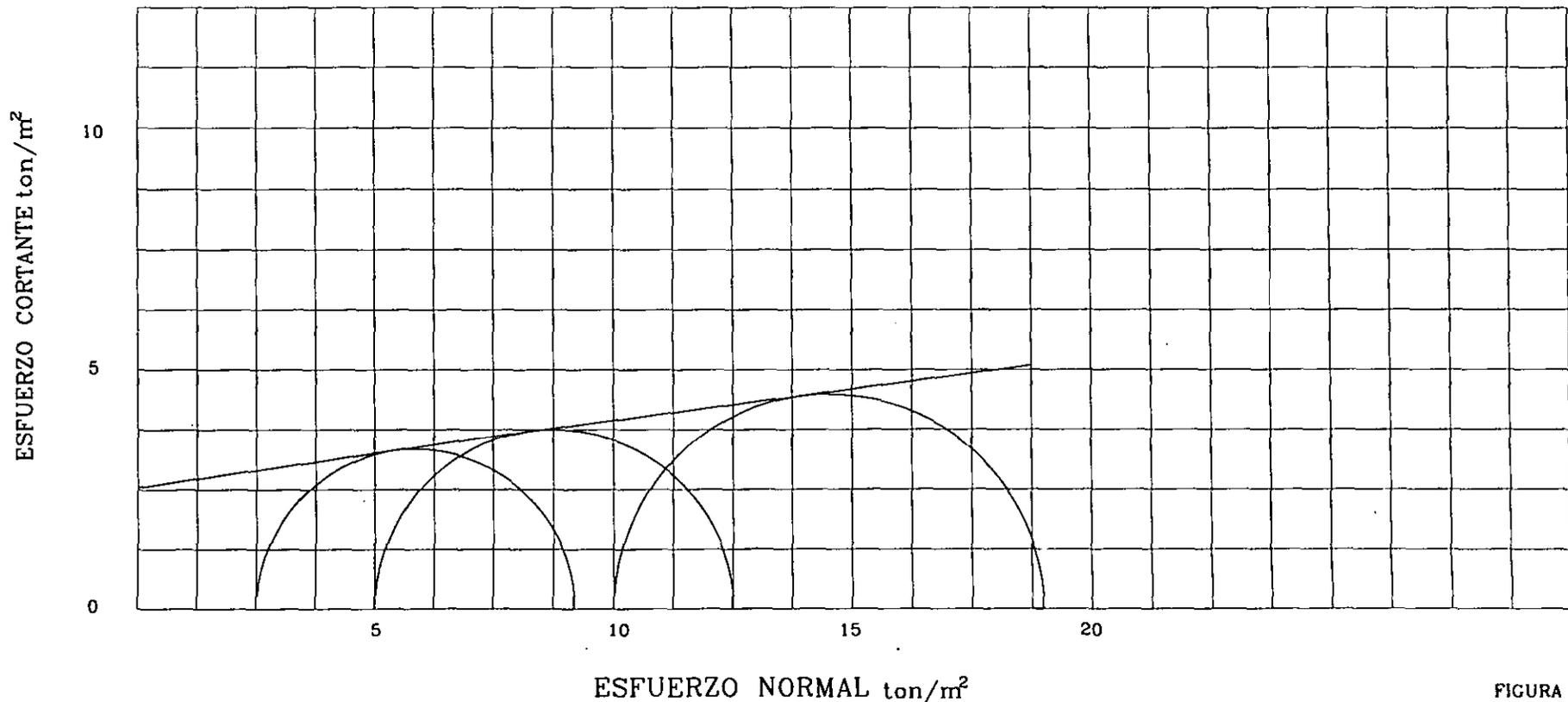


FIGURA No 59



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		24.0					2.5	13.4	1.87	Φ = 18° c = 4.0 ton/m <sup>2</sup>
2		28.2					5.0	15.6	1.75	
3		27.3					10.0	20.0	1.87	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-5

MUESTRA No 3 PROF . 3.0 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA LIMO

ARENOSA CAFE CLARO

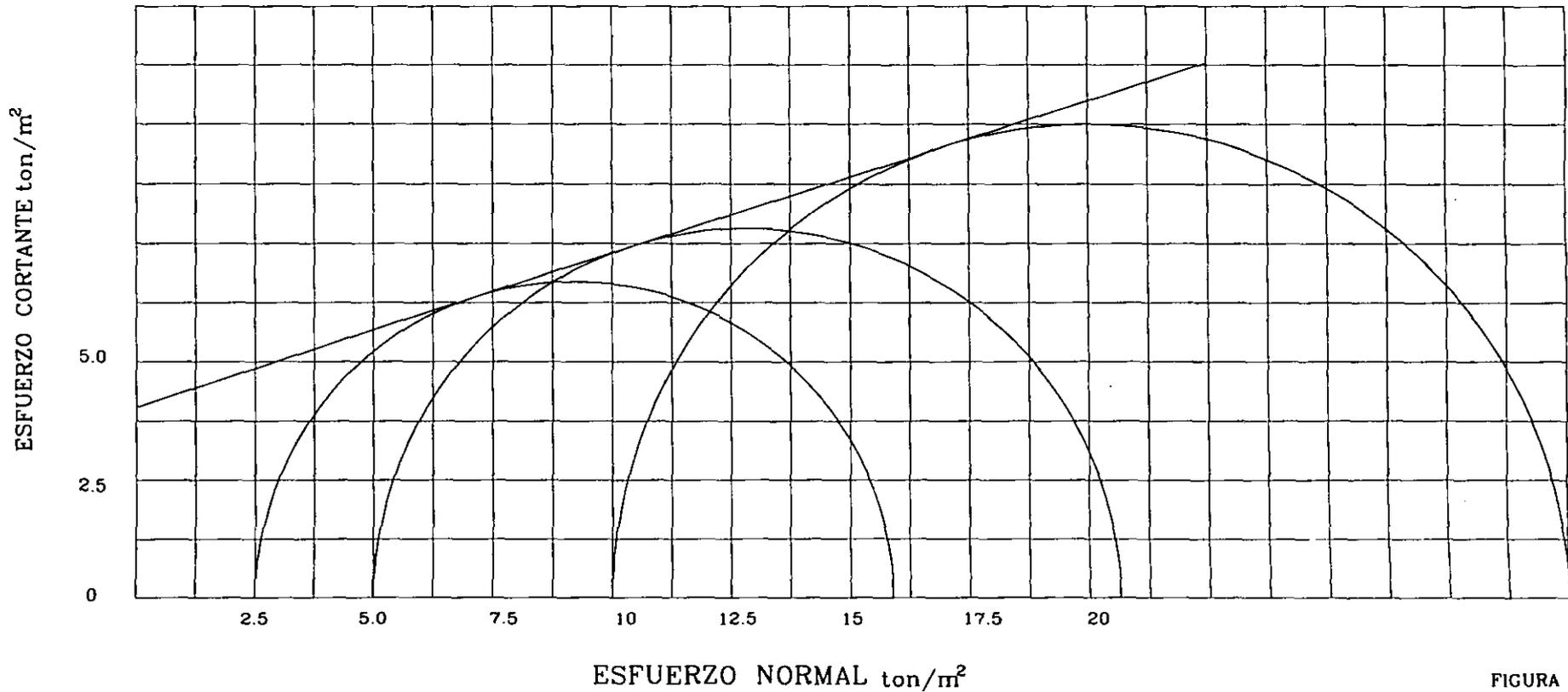


FIGURA No 60



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  UU  CONSOLIDADA NO DRENADA  CU  CONSOLIDADA DRENADA  CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		22.5					2.5	9.80	1.65	Φ = 11° c = 3.7 ton/m <sup>2</sup>
2		22.9					5.0	11.00	1.68	
3		22.7					10.0	13.15	1.67	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-6

MUESTRA No 2 PROF . 1.50 m

ARCILLA POCO

ARENOSA CAFE CLARO

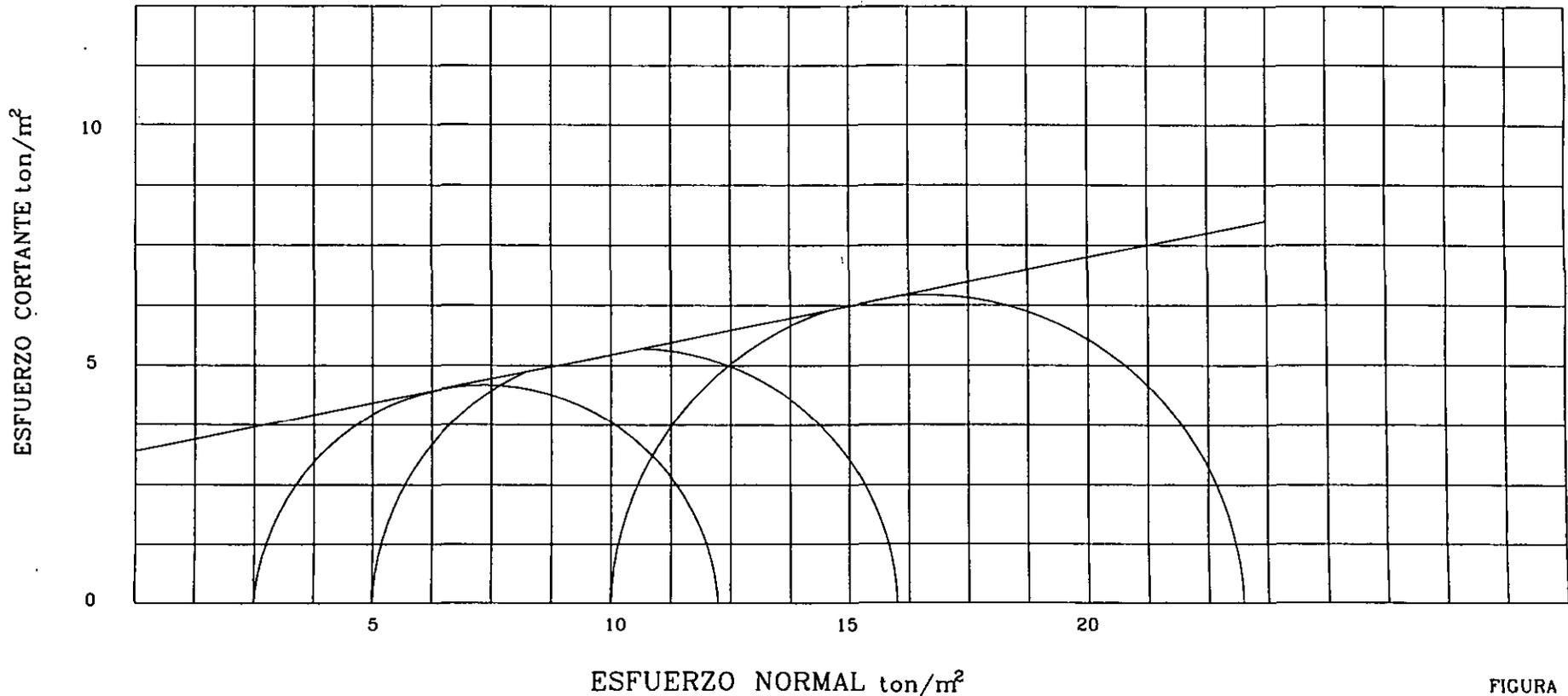


FIGURA No 61



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>v</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		18.4					2.5	29.8	1.83	Φ = 22° c = 5.0 ton/m <sup>2</sup>
2		19.7					5.0	32.9	1.89	
3		19.2					10.0	39.28	1.91	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-6

MUESTRA No 3 PROF . 3.00 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA CON POCA ARENA GRIS OSCURO.

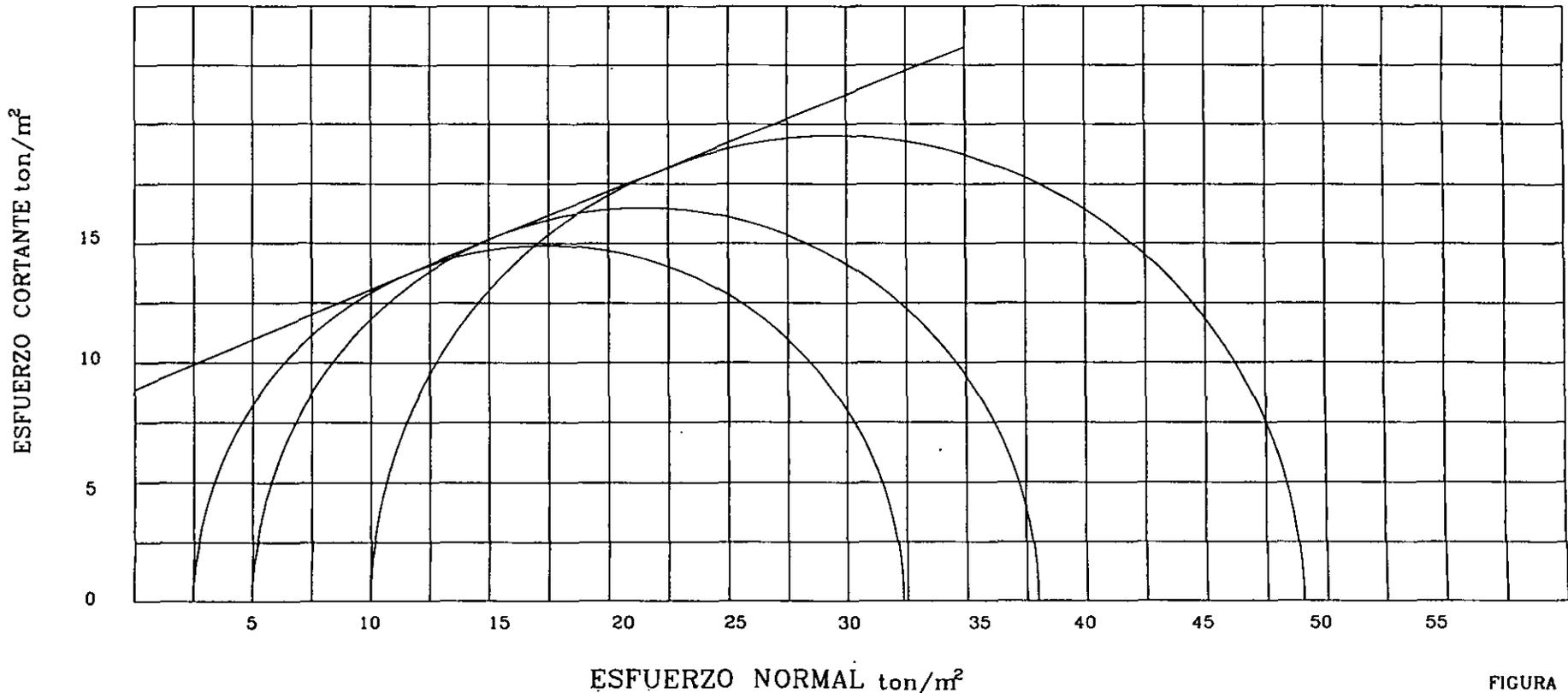


FIGURA No 62



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN  
TRIAxIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		21.2					2.5	11.9	1.90	Φ = 13° c = 4.3 ton/m <sup>2</sup>
2		22.3					5.0	13.5	1.87	
3		21.8					10.0	18.0	1.88	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-7

MUESTRA No 2 PROF . 1.50 m

DESCRIPCIÓN:

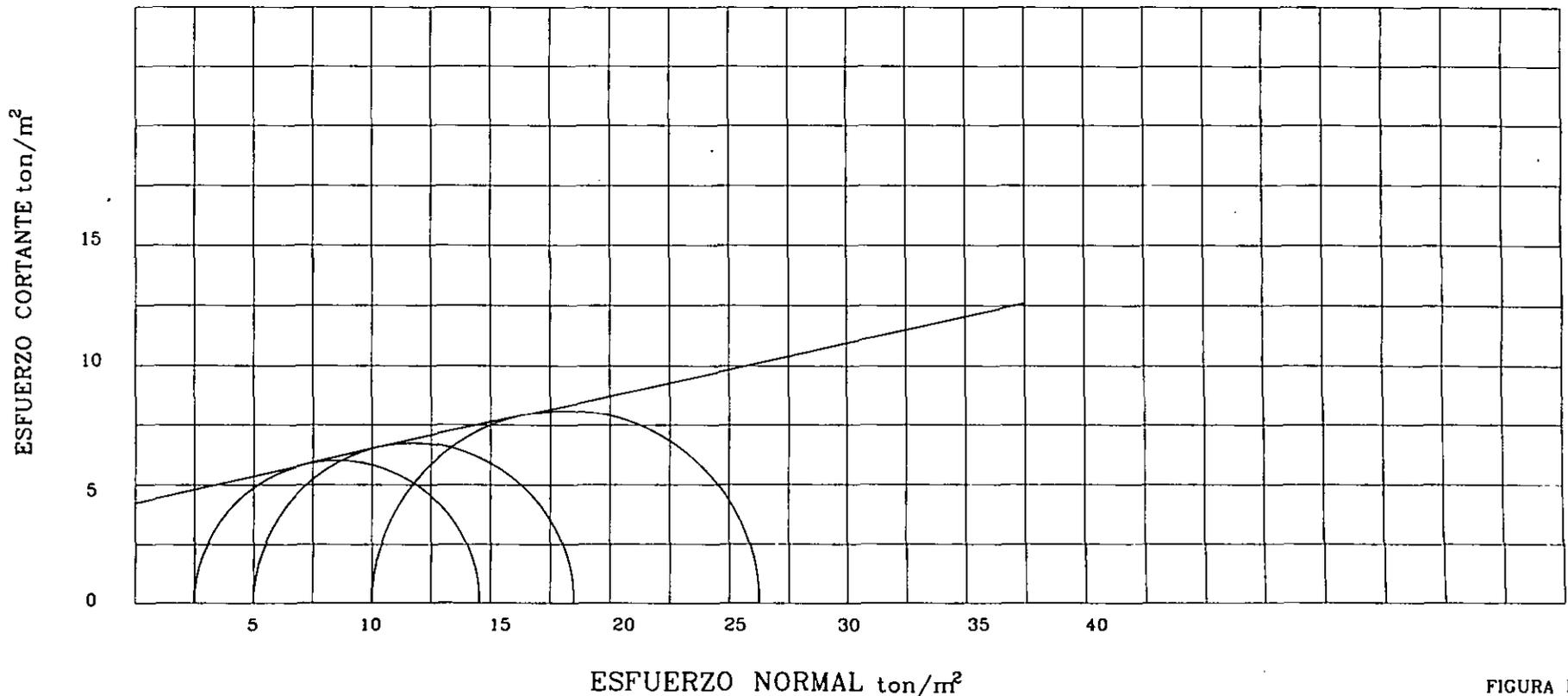


FIGURA No 63



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  UU  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	wi %	wf %	ei	ef	(Sr)i %	(Sr)f %	$\sigma_{111}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_1 - \sigma_{111}$ ton/m <sup>2</sup>	$\gamma$ ton/m <sup>2</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		25.0					2.5	25.9	1.83	$\Phi = 16^\circ$ $c = 9.0 \text{ ton/m}^2$
2		27.2					5.0	27.7	1.68	
3		30.2					10.0	31.6	1.74	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-7

MUESTRA No 3 PROF . 3.0 m  
DESCRIPCIÓN: ARCILLA CON POCA  
ARENA GRIS OSCURO

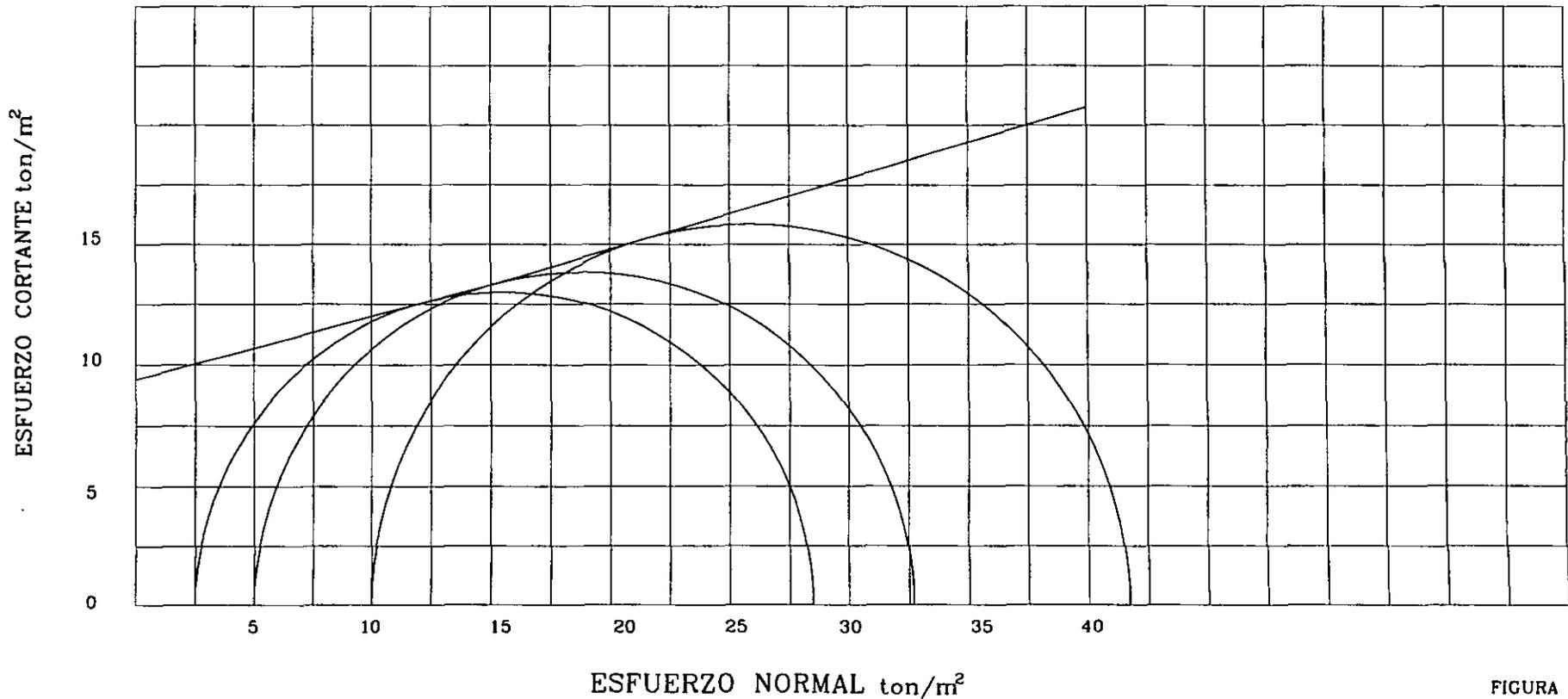


FIGURA No 64



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		23.3					2.5	36.3	1.72	Φ = 23° c = 10.70 ton/m <sup>2</sup>
2		22.1					5.0	39.6	1.57	
3		20.4					10.0	45.86	1.72	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-8

MUESTRA No 3 PROF . 3.0 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA CON ARENA  
CAFE OSCURO

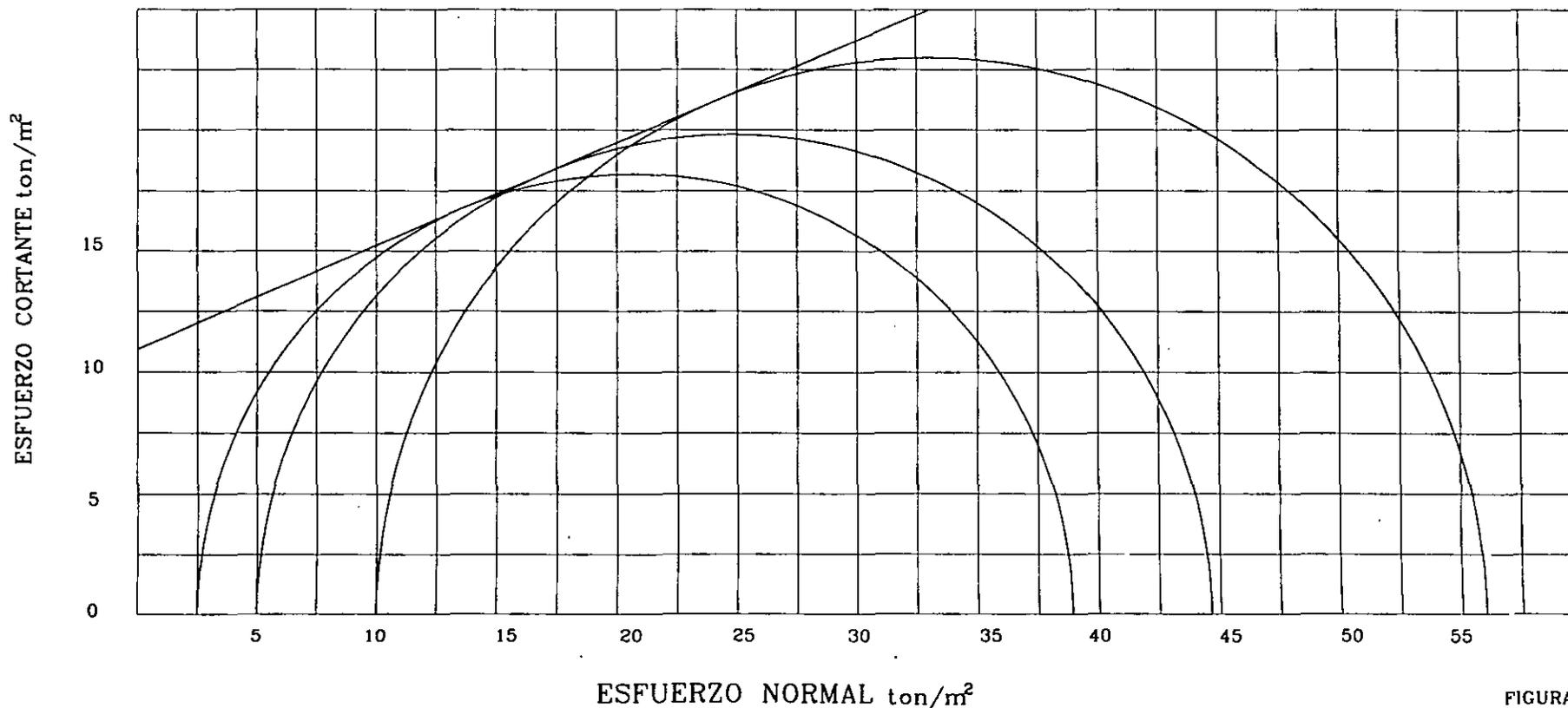


FIGURA No 65



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA NO DRENADA  CONSOLIDADA NO DRENADA CU  CONSOLIDADA DRENADA CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(S <sub>r</sub> ) <sub>i</sub> %	(S <sub>r</sub> ) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		13.8					2.5	30.8	1.66	Φ = 15° c = 11.2 ton/m <sup>2</sup>
2		14.5					5.0	32.3	1.77	
3		14.8					10.0	36.3	1.70	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-9

MUESTRA No 2 PROF . 1.50 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA LIMO

ARENOSA CAFE CLARO

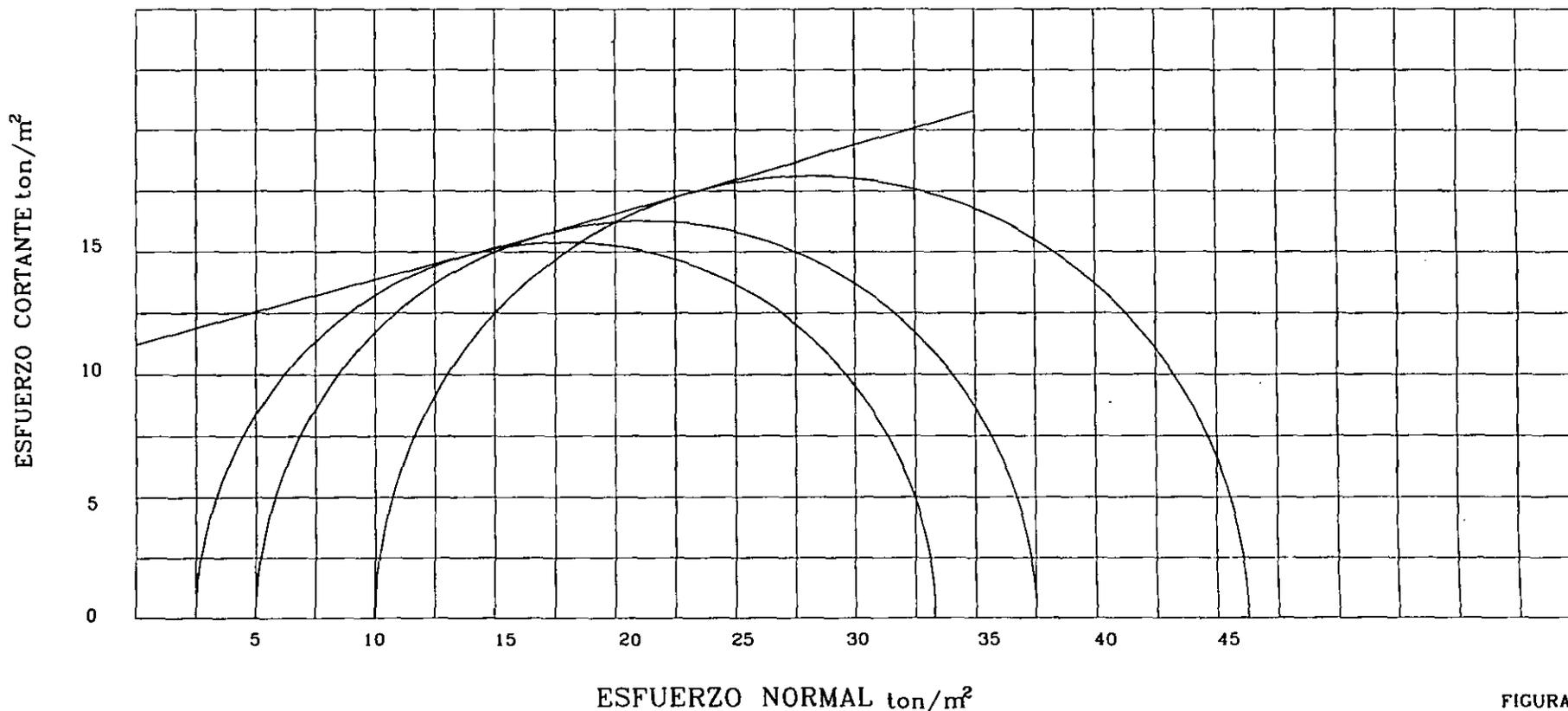


FIGURA No 66



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

## CIRCULOS DE MOHOR COMPRESIÓN TRIAXIAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

NO CONSOLIDADA  
NO DRENADA

UU

CONSOLIDADA  
NO DRENADA

CU

CONSOLIDADA  
DRENADA

CD

PRUEBA No	w <sub>i</sub> %	w <sub>f</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	(Sr) <sub>i</sub> %	(Sr) <sub>f</sub> %	σ <sub>v</sub> ton/m <sup>2</sup>	σ <sub>v</sub> - σ <sub>3</sub> ton/m <sup>2</sup>	γ ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
1		18.5					2.5	37.3	1.83	Φ = 15° c = 13.8 ton/m <sup>2</sup>
2		18.5					5.0	39.6	1.89	
3		18.3					10.0	42.6	1.82	
4										
5										

OBRA No

LOCALIZACIÓN : CENTRO ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX

TIPO DE SONDEO : PCA-9

MUESTRA No. 3 PROF. 3.0 m

DESCRIPCIÓN: ARCILLA LIMO

ARENOSA CAFE CLARO

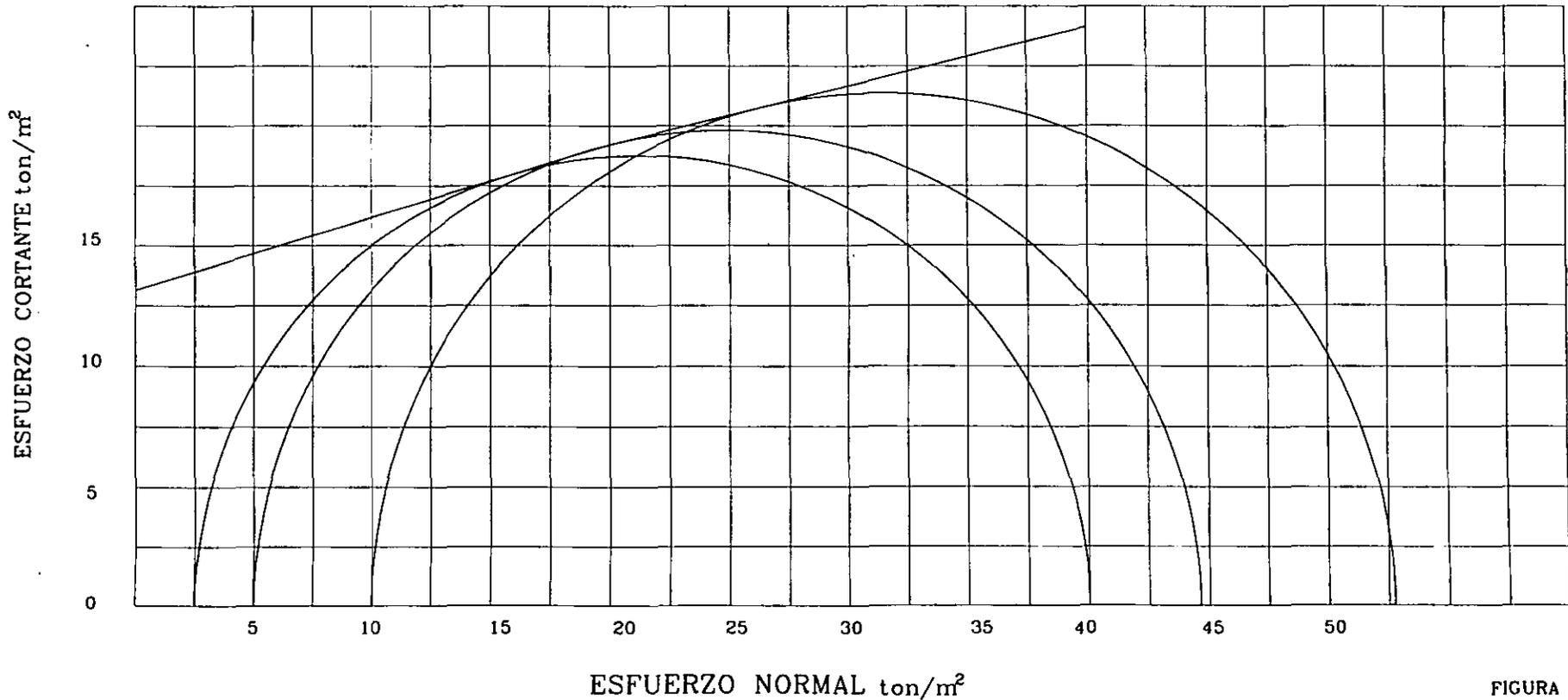


FIGURA No 67



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

Obra N° 91107 Sondeo SM-1 Localización Tepotzotlán, Edo de Méx

SIMBOLO MUESTRA PROFUNDIDAD  $\omega$  (%)  $e_c$   $S_r$  (%)  $p$  (kg/cm<sup>2</sup>)  $\bar{\sigma}$  (kg/cm<sup>2</sup>)  $p_c$  (kg/cm<sup>2</sup>)

12 7.20-8.00 73.6 1.9 92 2.35

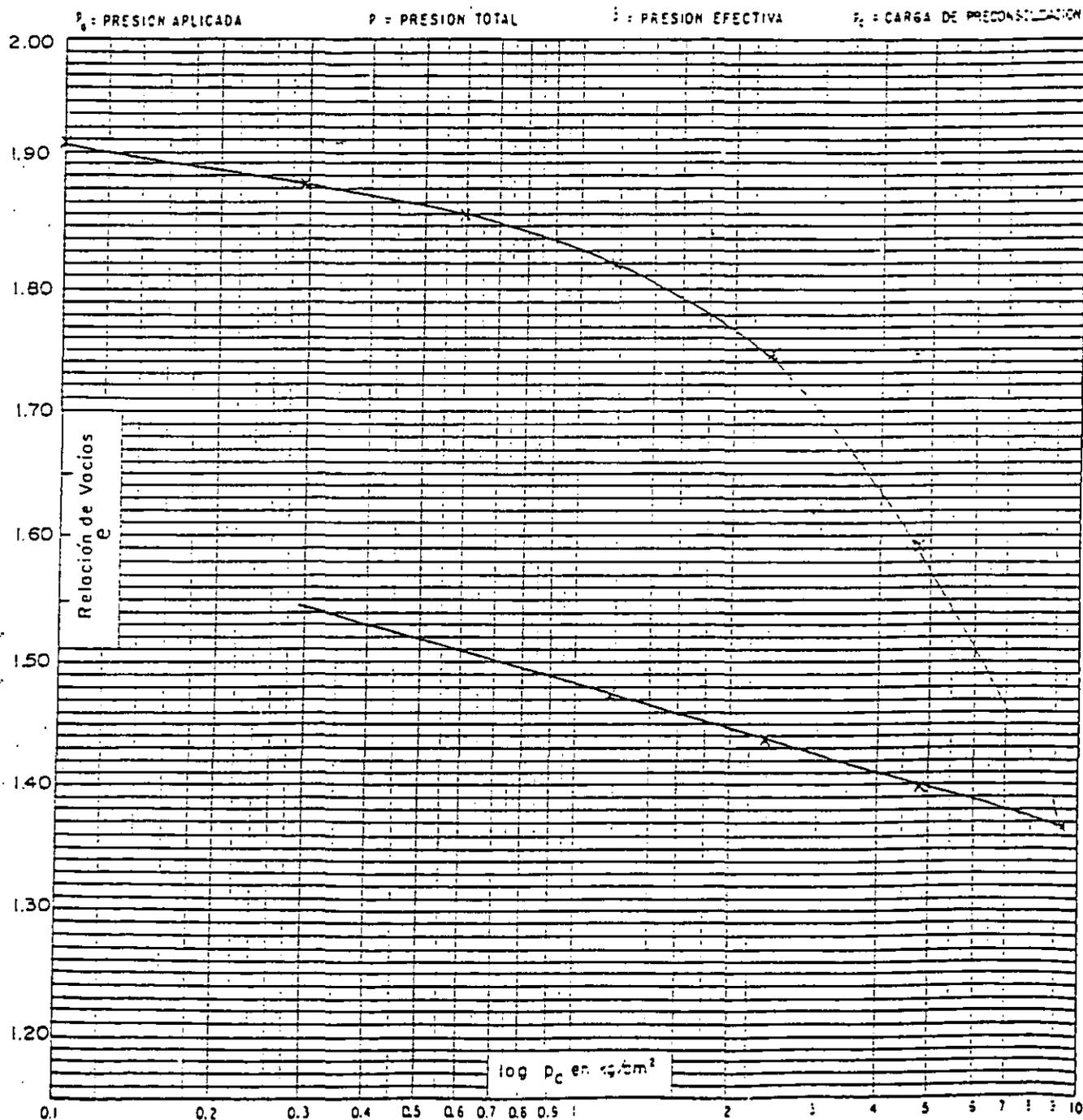


FIGURA No 68



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

Obra N° 91107 Sondeo SM-1 Localización Tepetzotlán, Edo. de Méx.

SIMBOLO MUESTRA PROFUNDIDAD  $\omega$  (%)  $e_0$   $S_r$  (%)  $p$  (kg/cm<sup>2</sup>)  $\hat{p}$  (kg/cm<sup>2</sup>)  $p_c$  (kg/cm<sup>2</sup>)

6 3.20 - 4.00 31.0 0.7 103 1.22

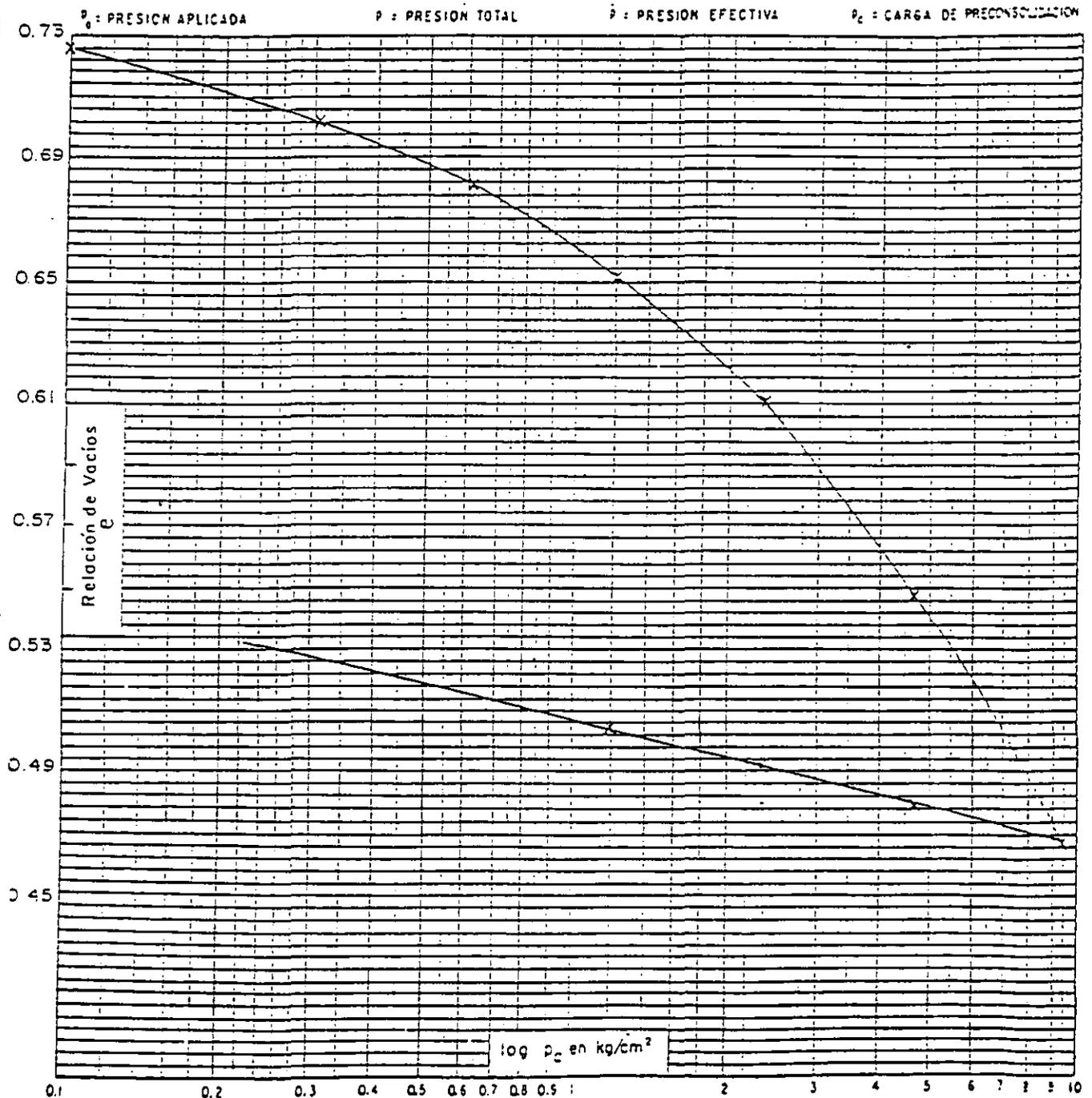


FIGURA No 69



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

Obra N° 91107 Sondeo SM-2 Localización Tepotzotlán, Edo. de Méx.

SIMBOLO MUESTRA PROFUNDIDAD  $\omega$  (%)  $e_0$   $S_r$  (%)  $p$  (kg/cm<sup>2</sup>)  $\bar{p}$  (kg/cm<sup>2</sup>)  $p_c$  (kg/cm<sup>2</sup>)  
(m)  
9 5.20 - 6.00 62.1 1.55 98 25

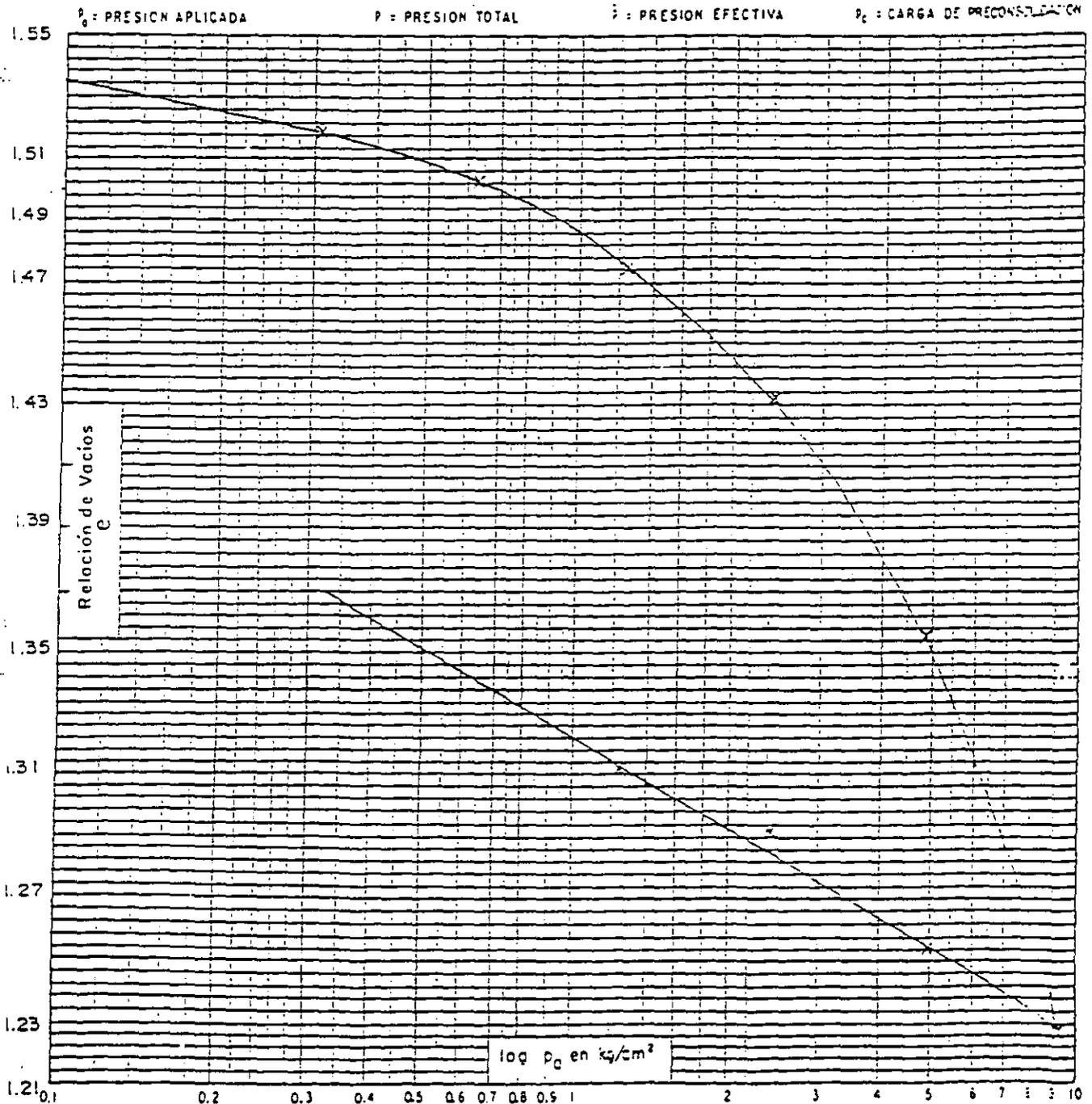


FIGURA No 70



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

Obra N° 91107 Sondeo SM-3 Localización Tepotztlán, Edo. de Méx.

SIMBOLO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	$\omega$ (%)	$e_0$	$S_r$ (%)	$p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\hat{p}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$p_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
→	6	3.20 - 4.00	37.7	1.06	88			1.22

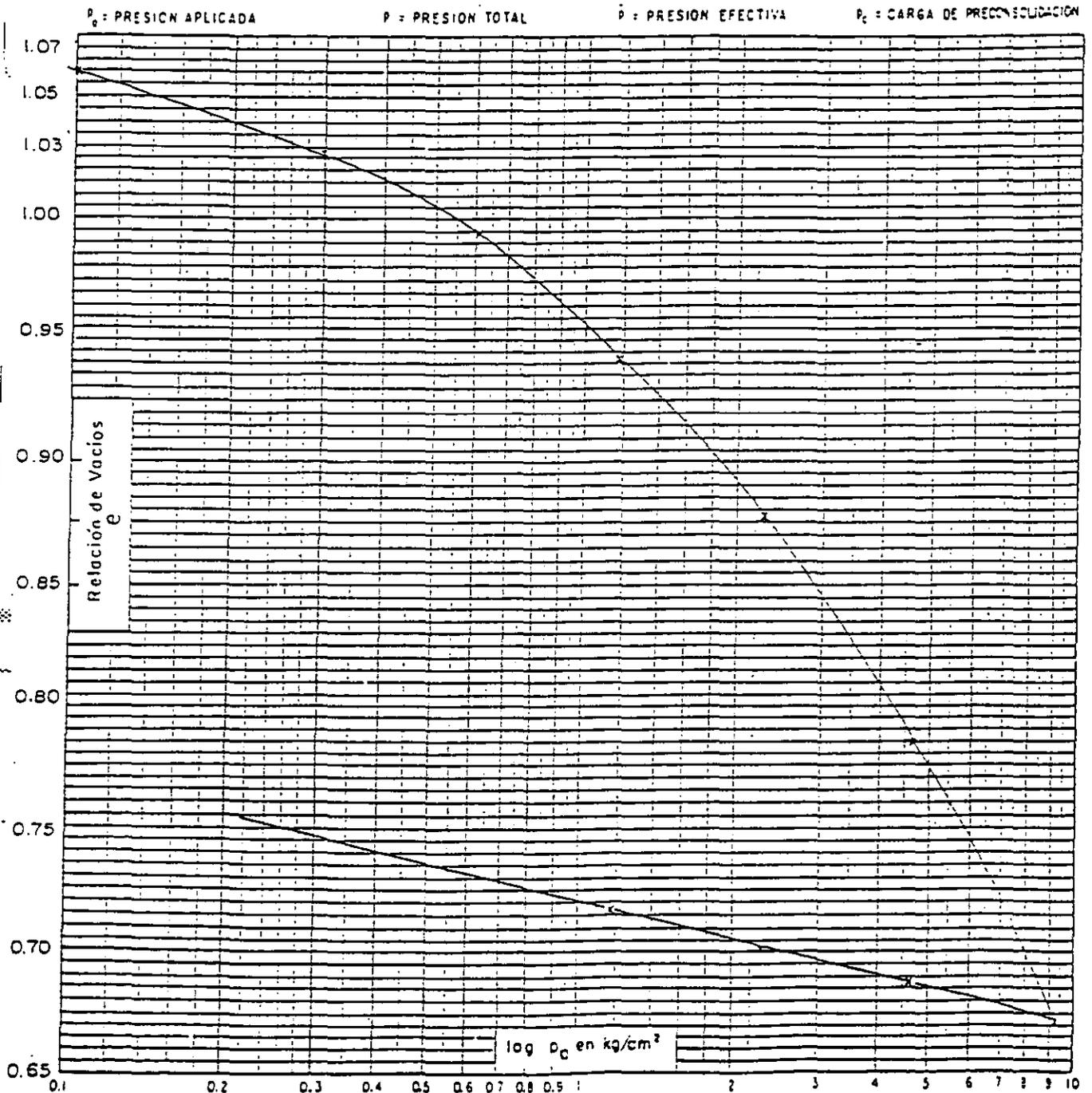


FIGURA No 71



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

Obra N° 91107 Sondeo SM-3 Localización Tecotzotlán, Edo. de Méx.

SIMBOLO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	$\omega$ (%)	$e_0$	$S_r$ (%)	$p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\delta$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$p_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
—x—	12	7.20 - 7.70	60.4	1.64	89			2.7

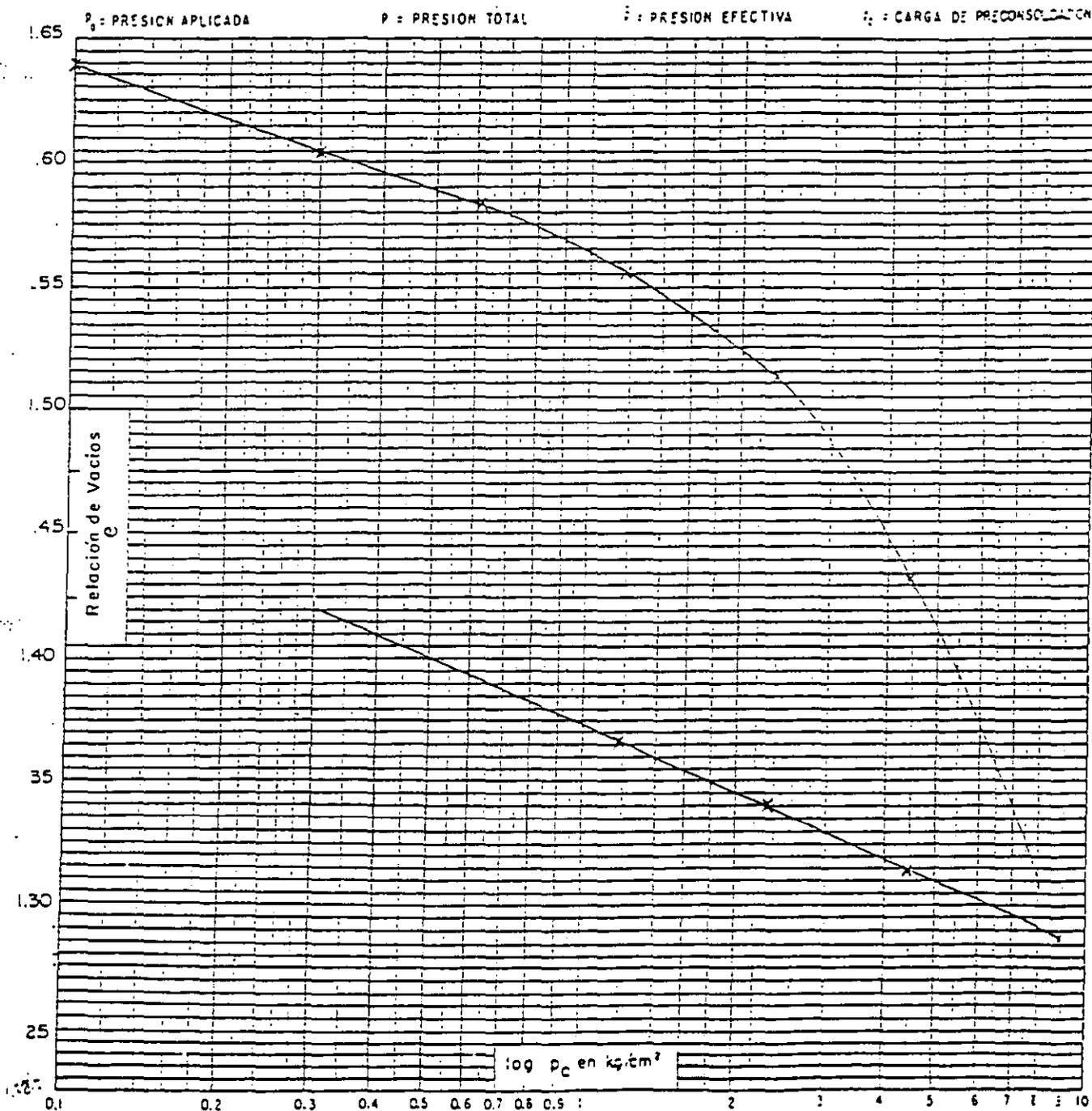


FIGURA No 72



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

Obra N° 91107 Sondeo SM-4 Localización Tepotzotlán, Edo. de Méx.

SIMBOLO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	$\omega$ (%)	$e_0$	$S_r$ (%)	$p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\hat{p}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$p_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
	9	5.20 - 6.00	58.3	1.6	90			2.2

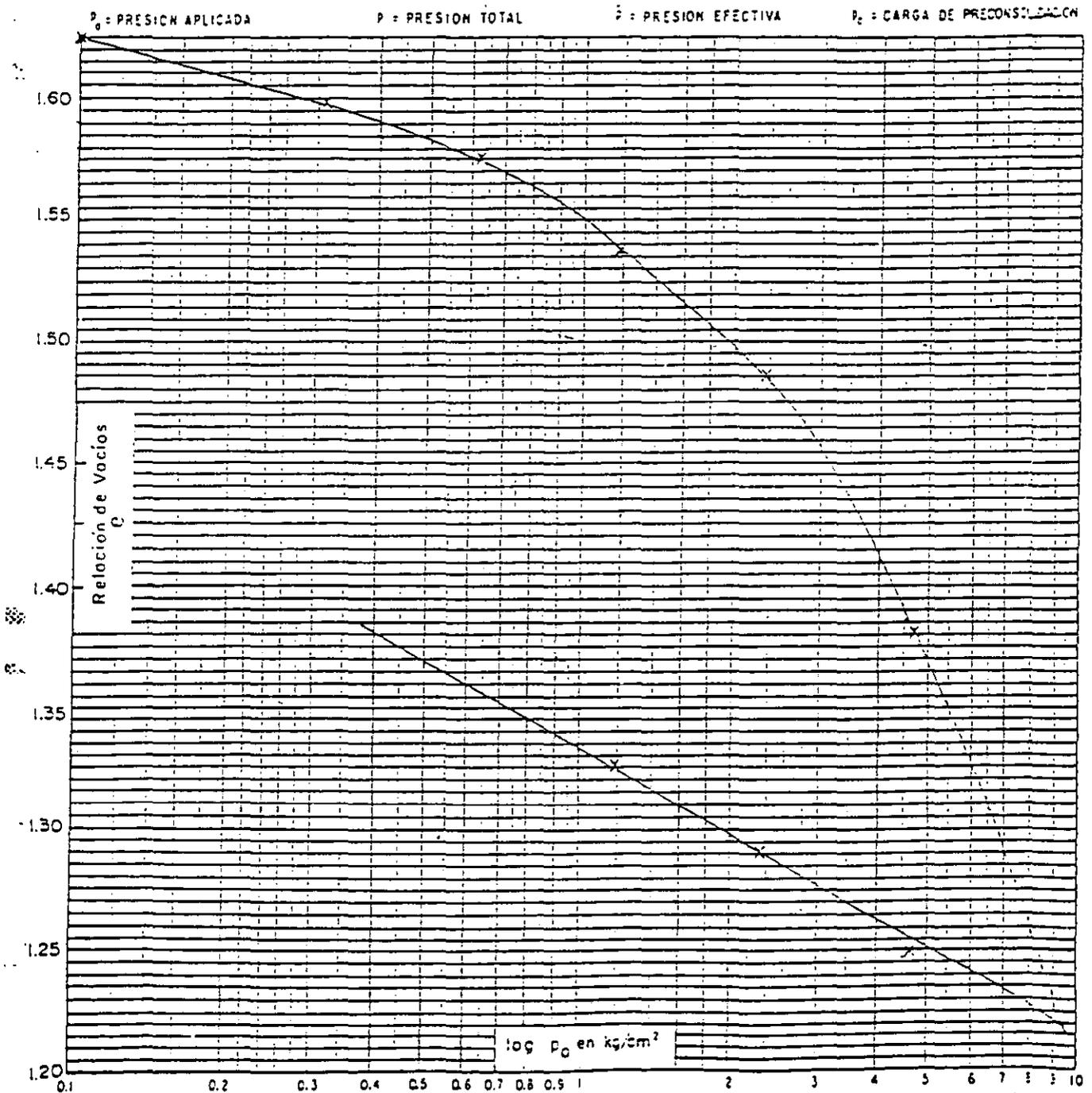


FIGURA No 73



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

Obra N° 91107 Sondeo SM-4 Localización Tepotzotlán, Edo de Méx.

SIMBOLO MUESTRA PROFUNDIDAD  $\omega$  (%)  $e_0$   $S_r$  (%)  $\rho$  (kg/cm<sup>3</sup>)  $\delta$  (kg/cm<sup>2</sup>)  $p_c$  (kg/cm<sup>2</sup>)

12 7.20 - 8.00 73.2 1.78 98 28

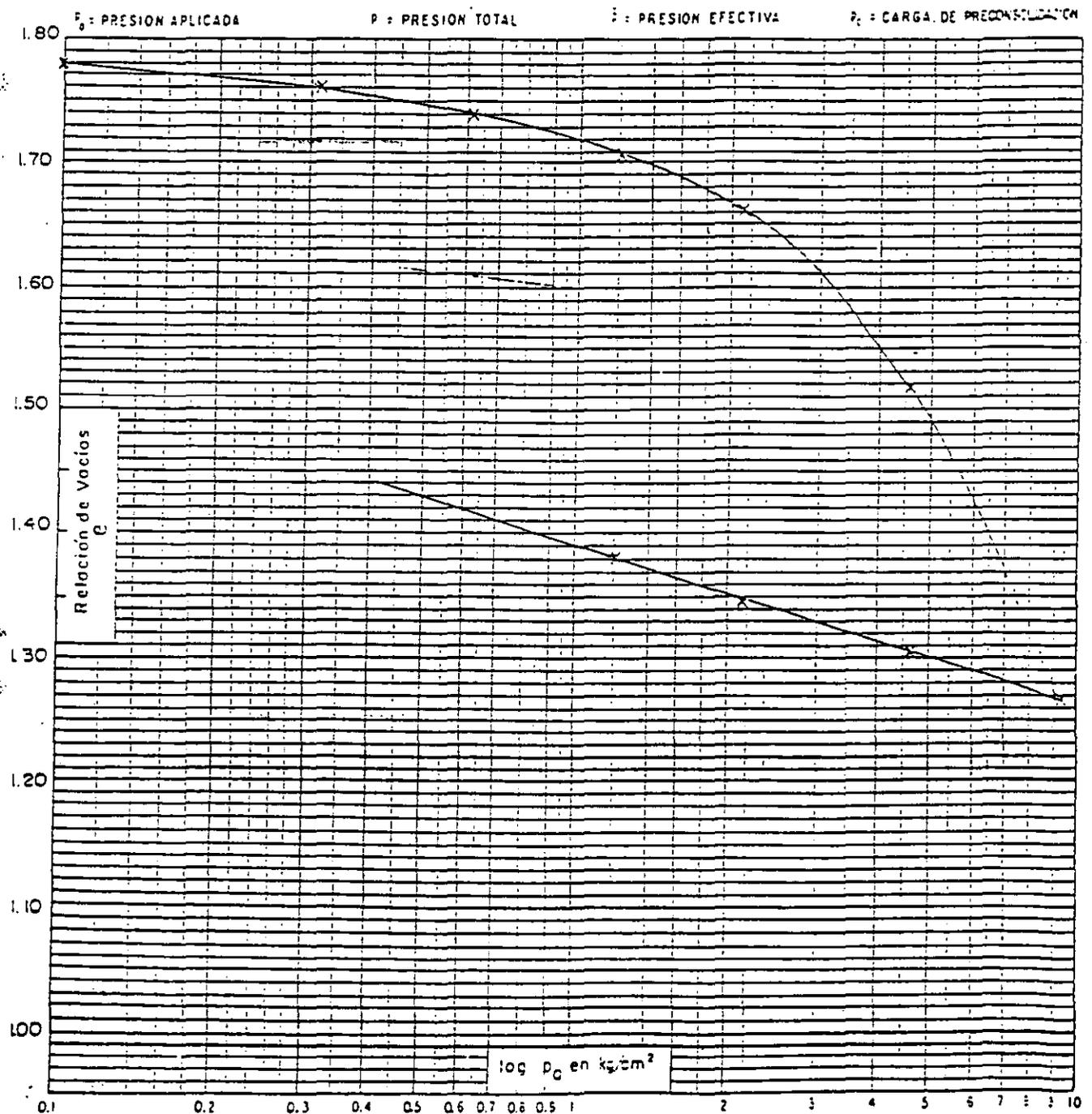
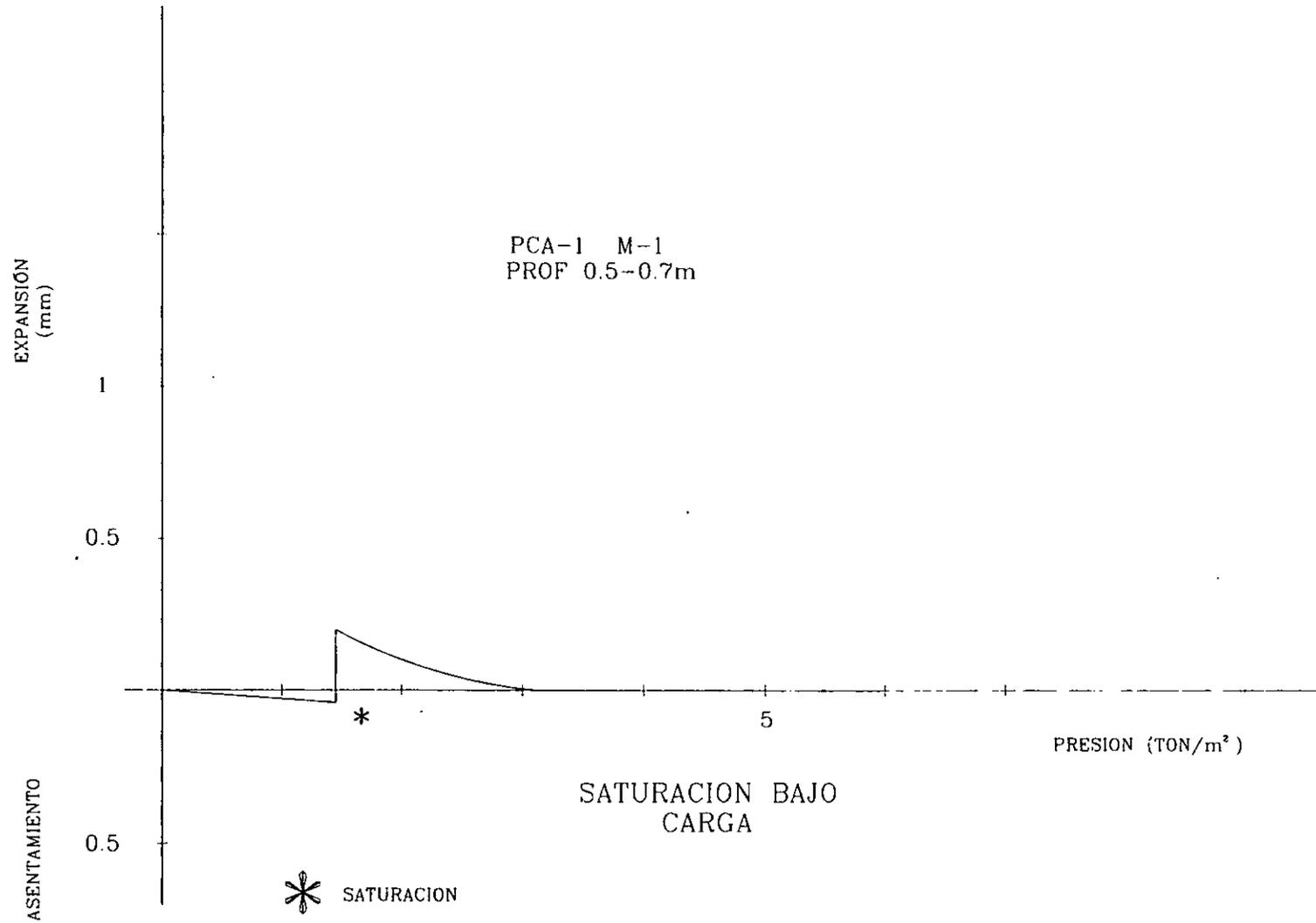
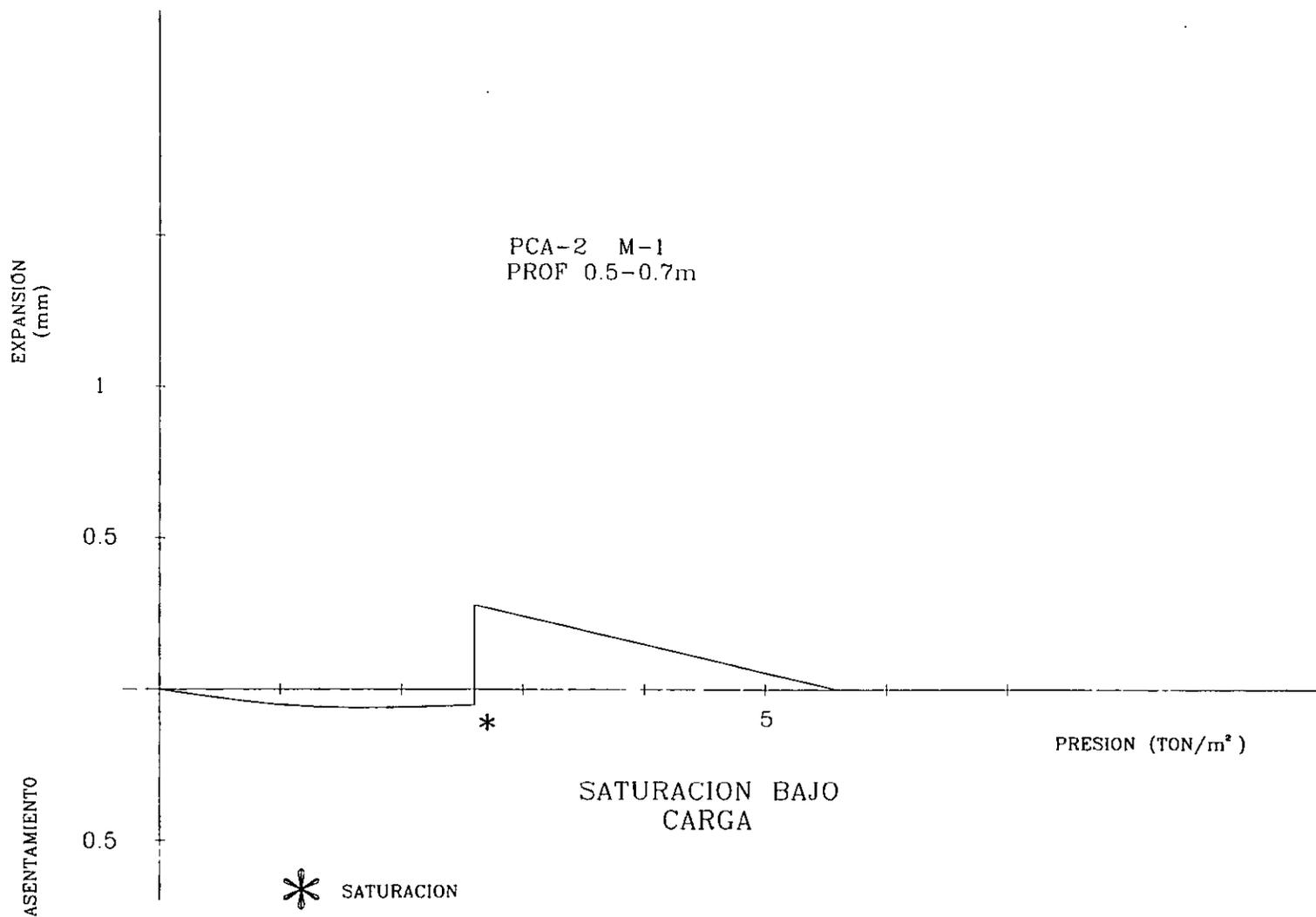
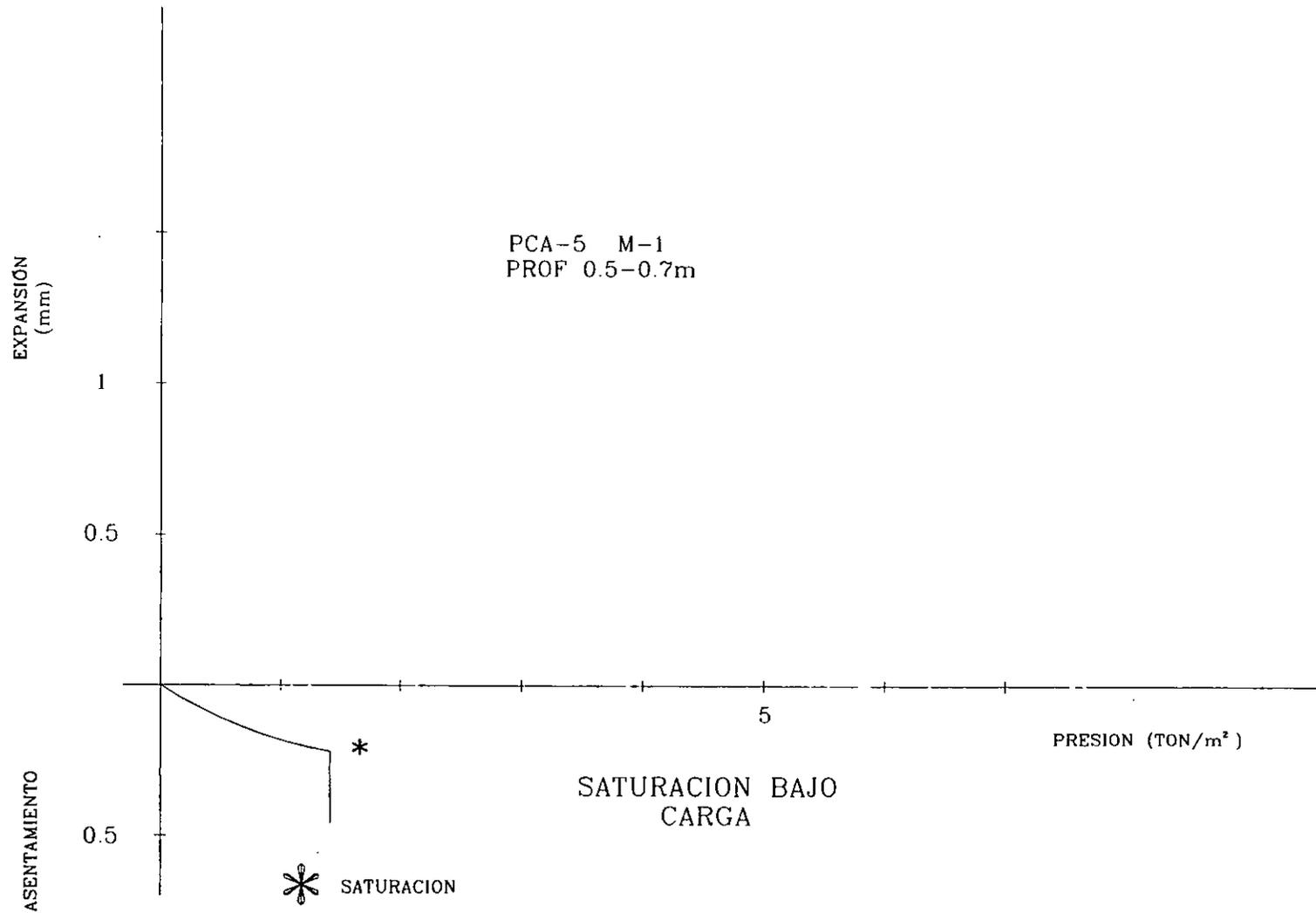
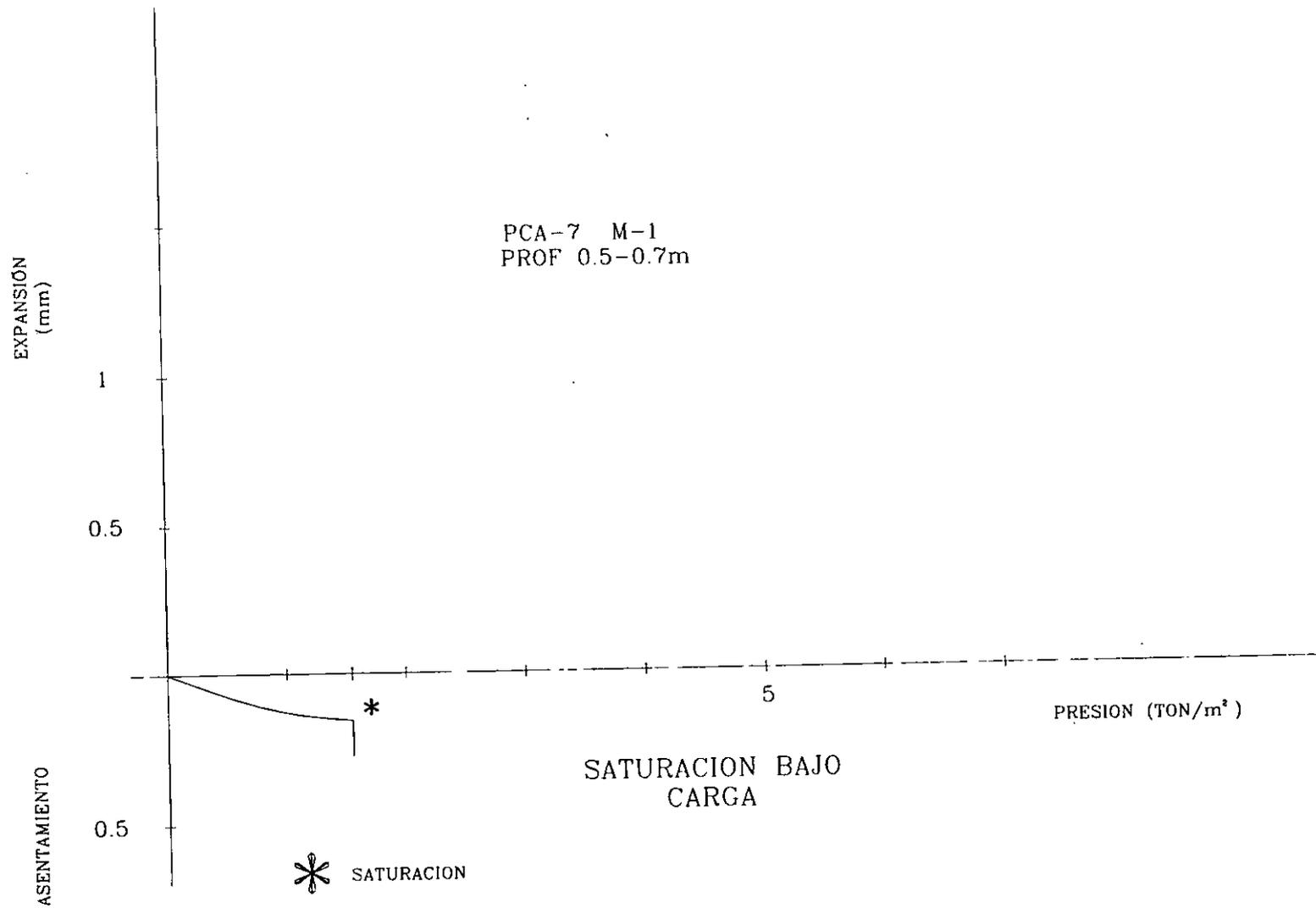


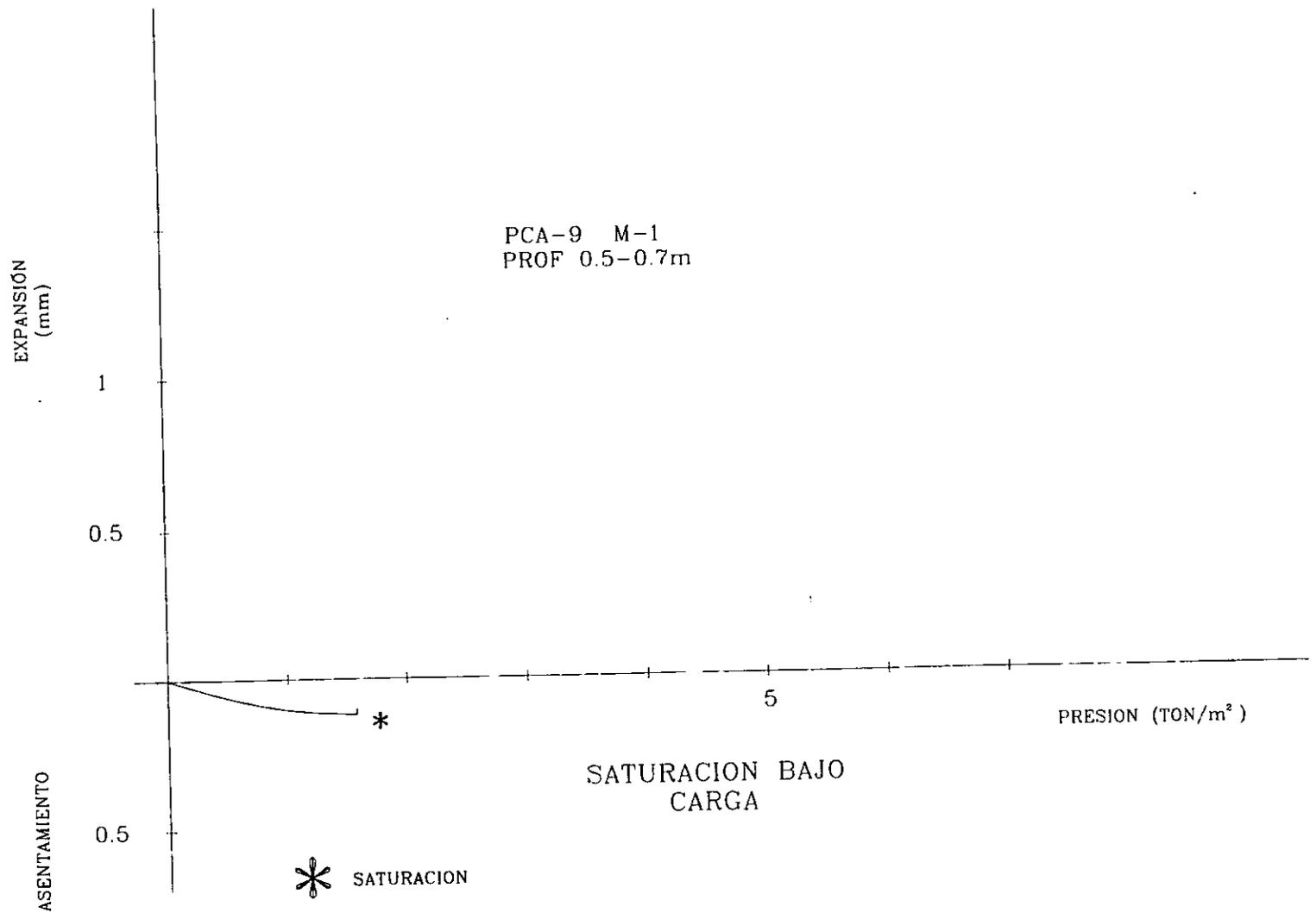
FIGURA No 74



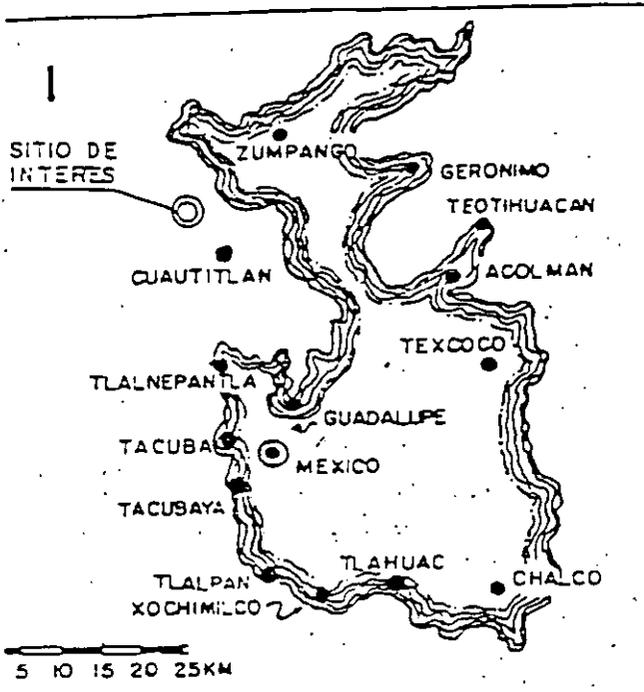




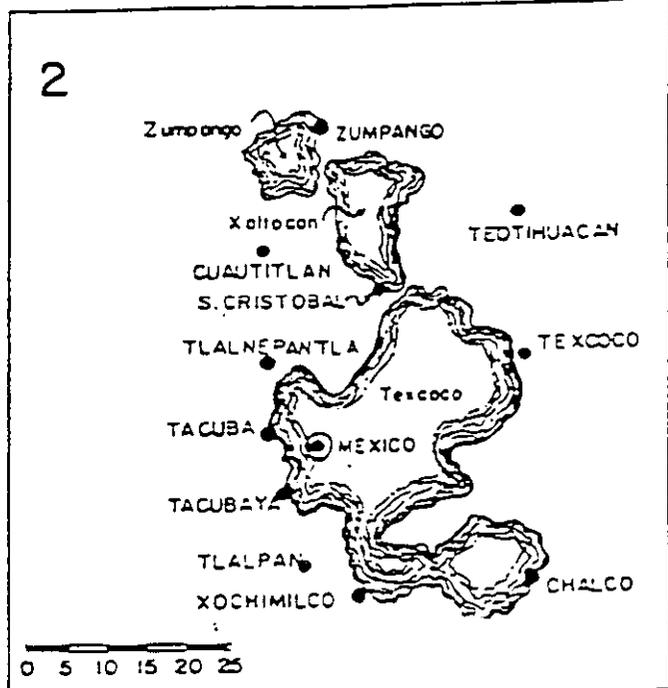




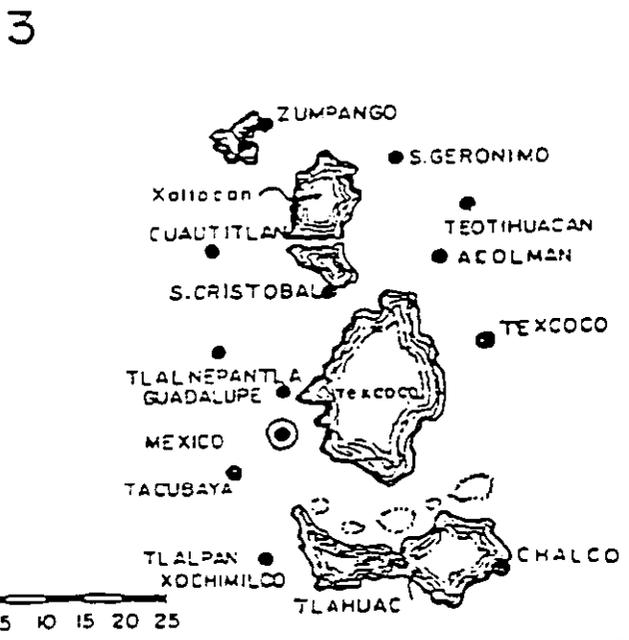




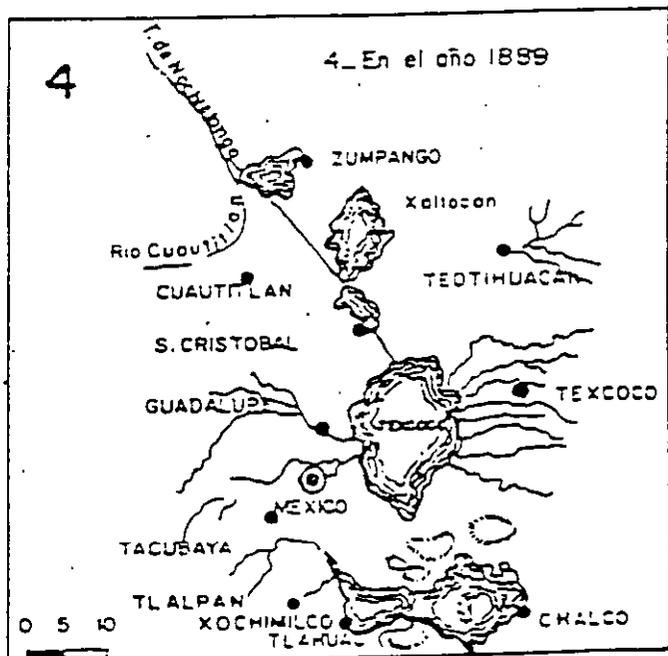
1... Las limites aproximados durante la epoca diluvial



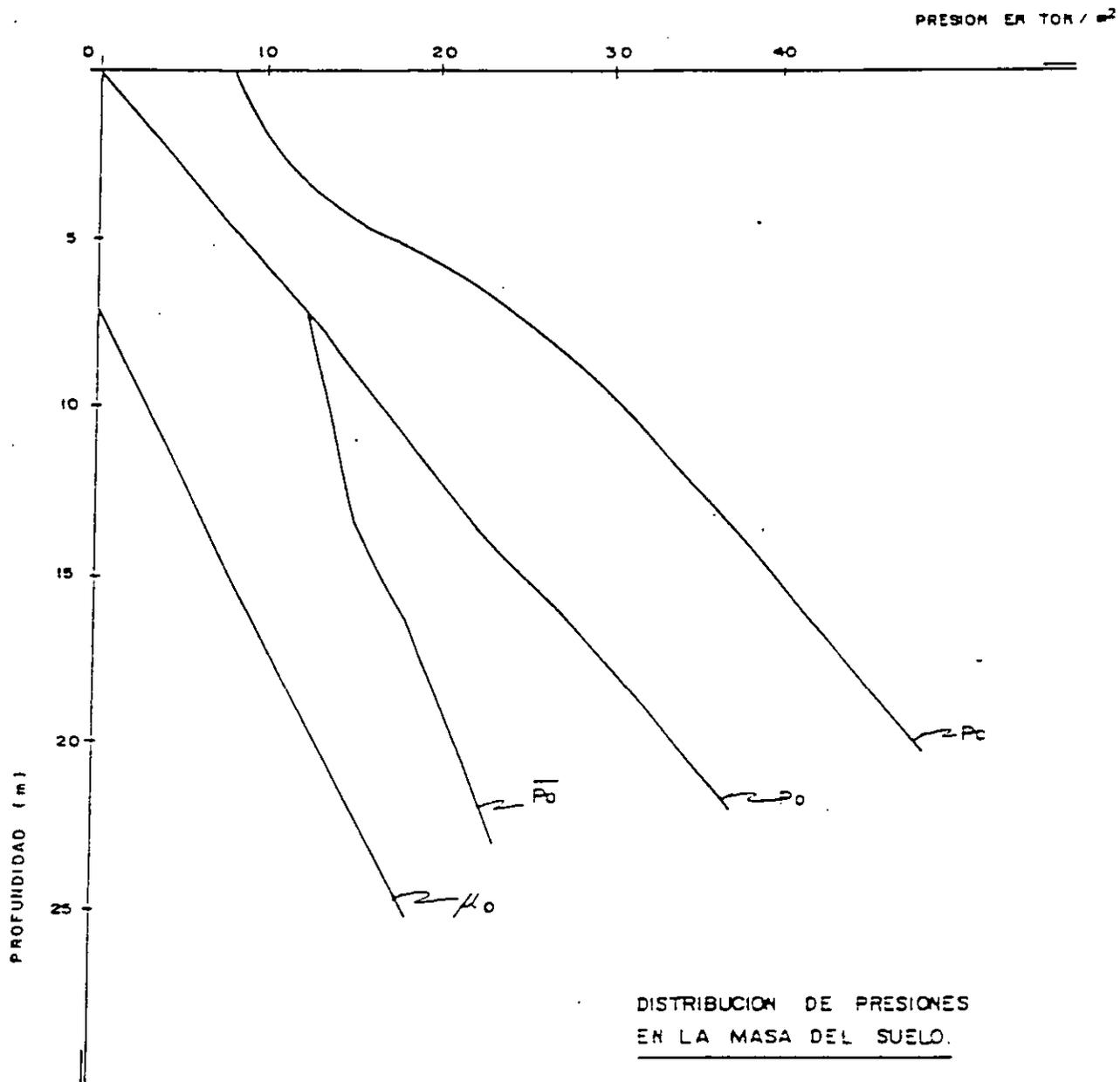
2... A comienzos del siglo XVI



3... A comienzos del siglo XIX



4... En el año 1899



- $\mu_0$  Presión hidrostática.
- $P_0$  Presión total de los materiales.
- $\bar{P}_0$  Presión efectiva de los materiales.
- $P_c$  Presión de preconsolidación.

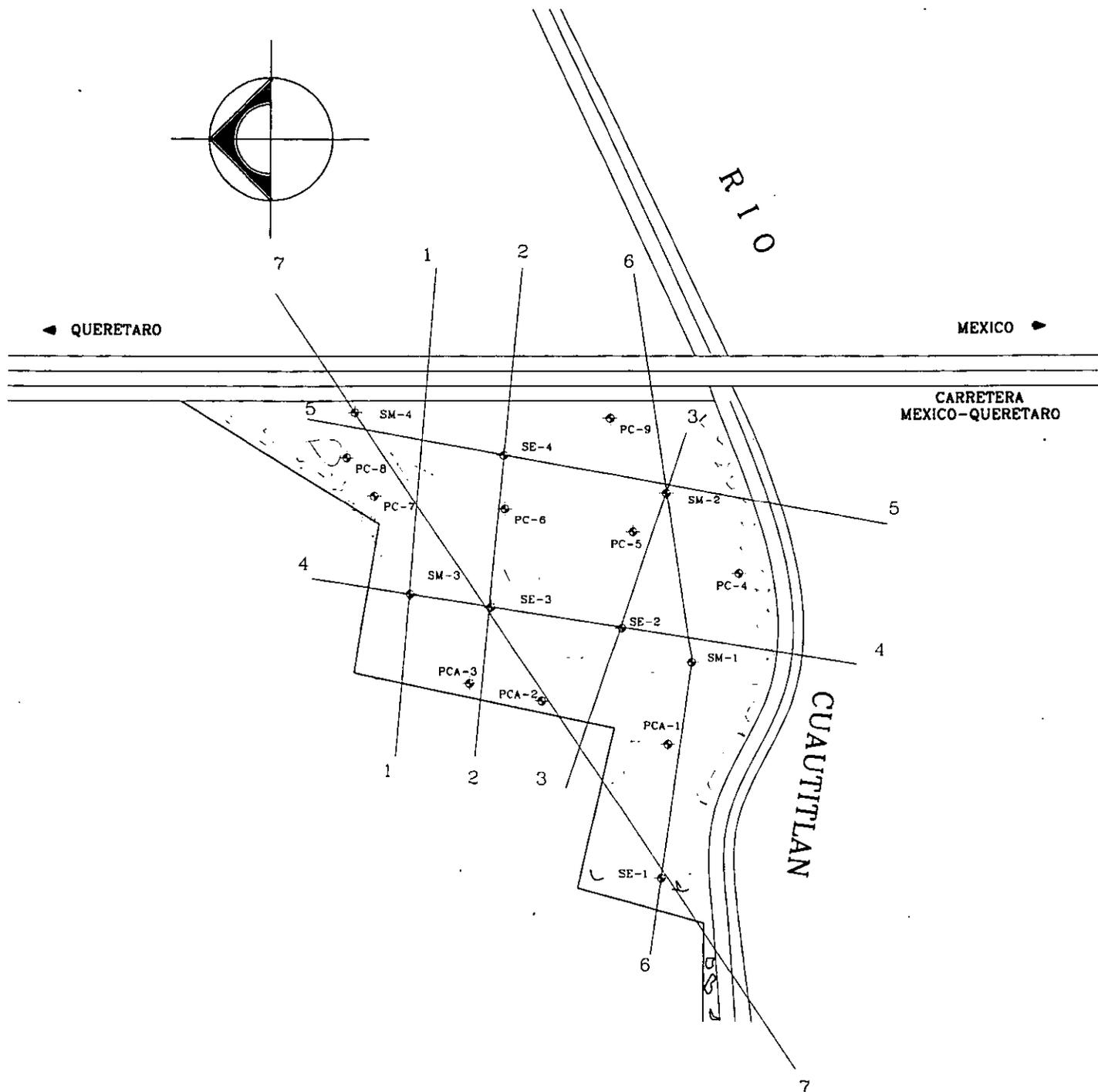
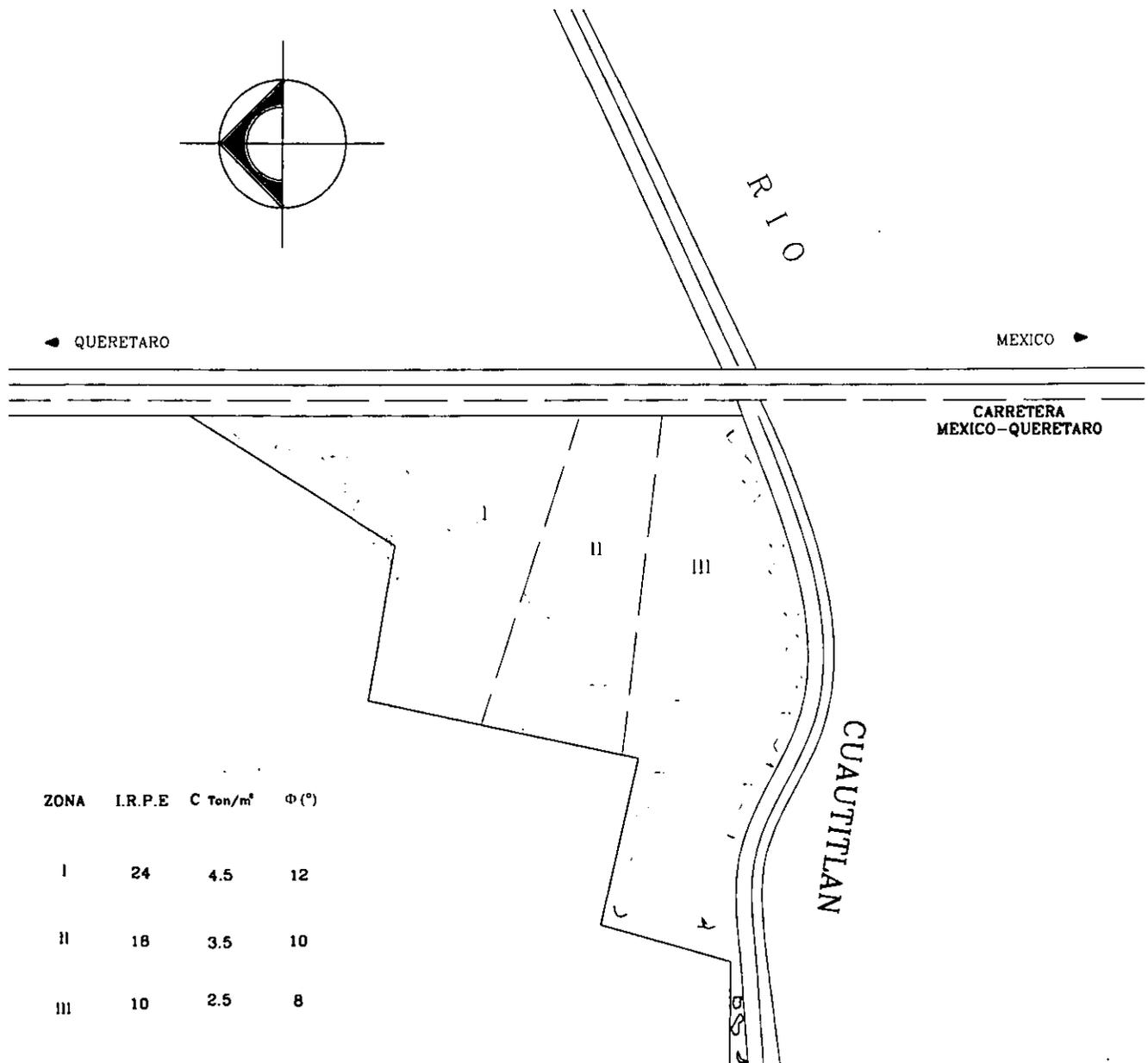


FIGURA 83 (b)



NOTA:

La resistencia al esfuerzo cortante de los depósitos superficiales del subsuelo aumenta al alejarse del rio Cuautitlan en base a ello se definieron las 3 zonas que se ilustran en la figura.

FIGURA 83 (b)

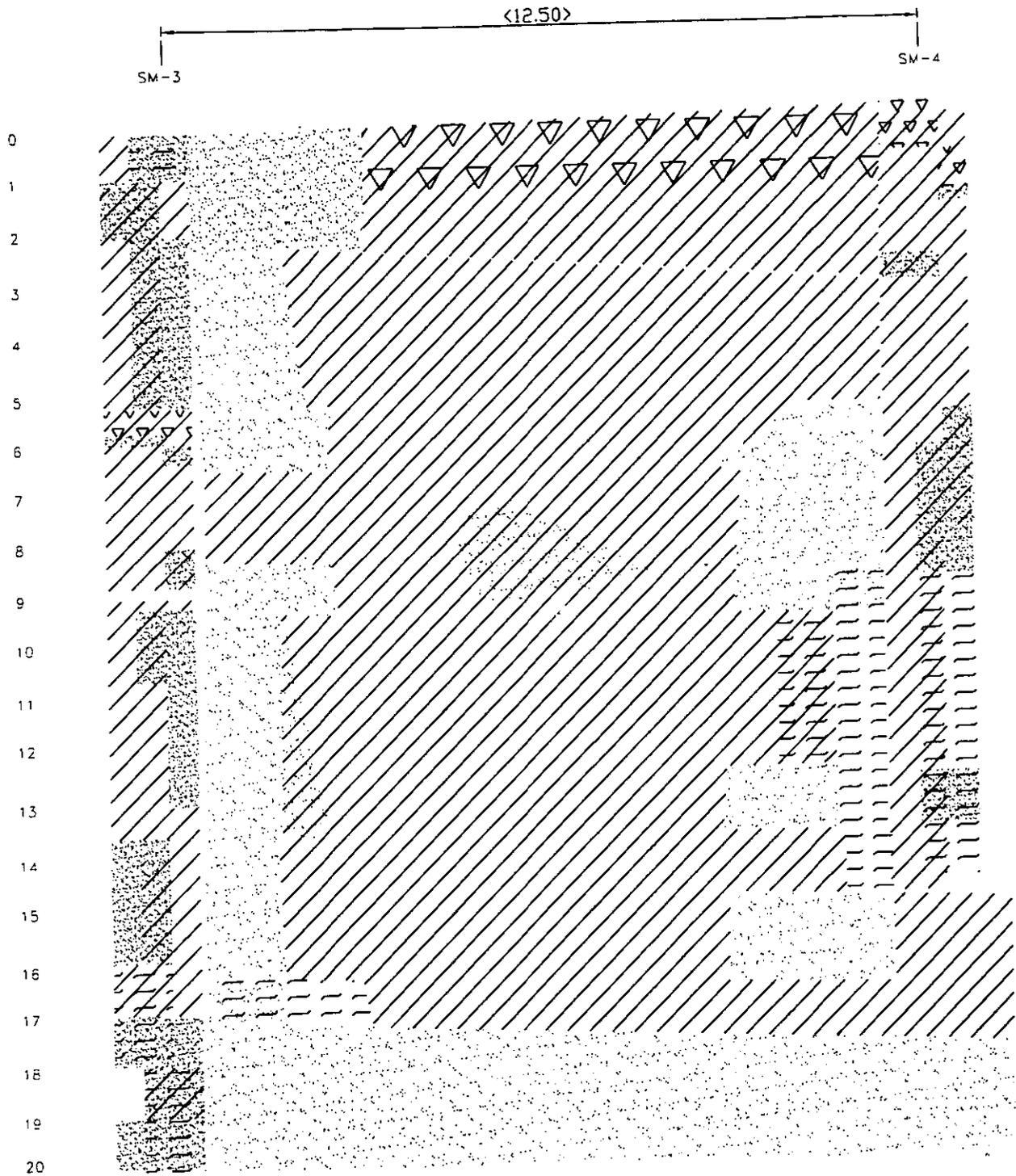


FIGURA 84

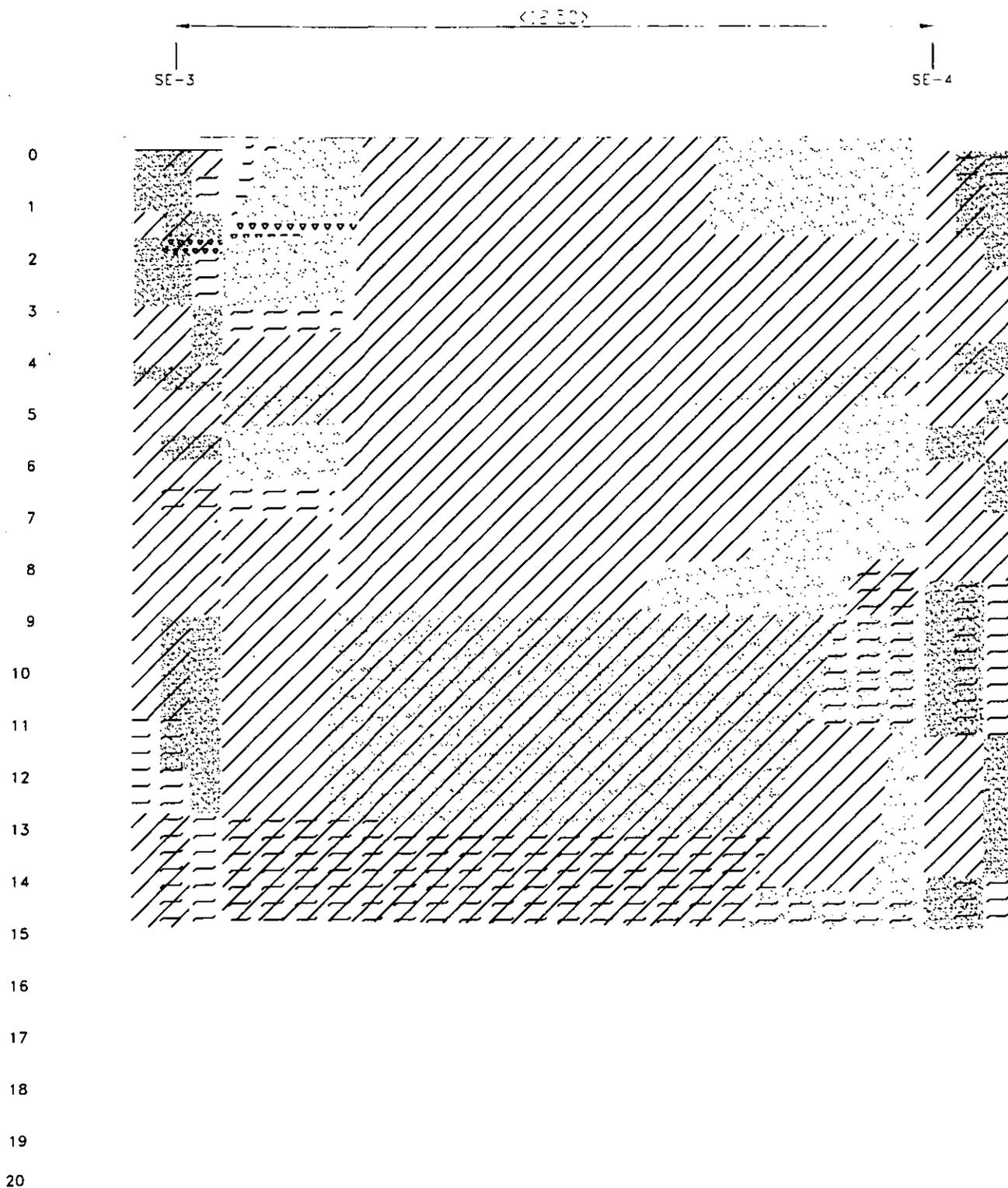


FIGURA 85

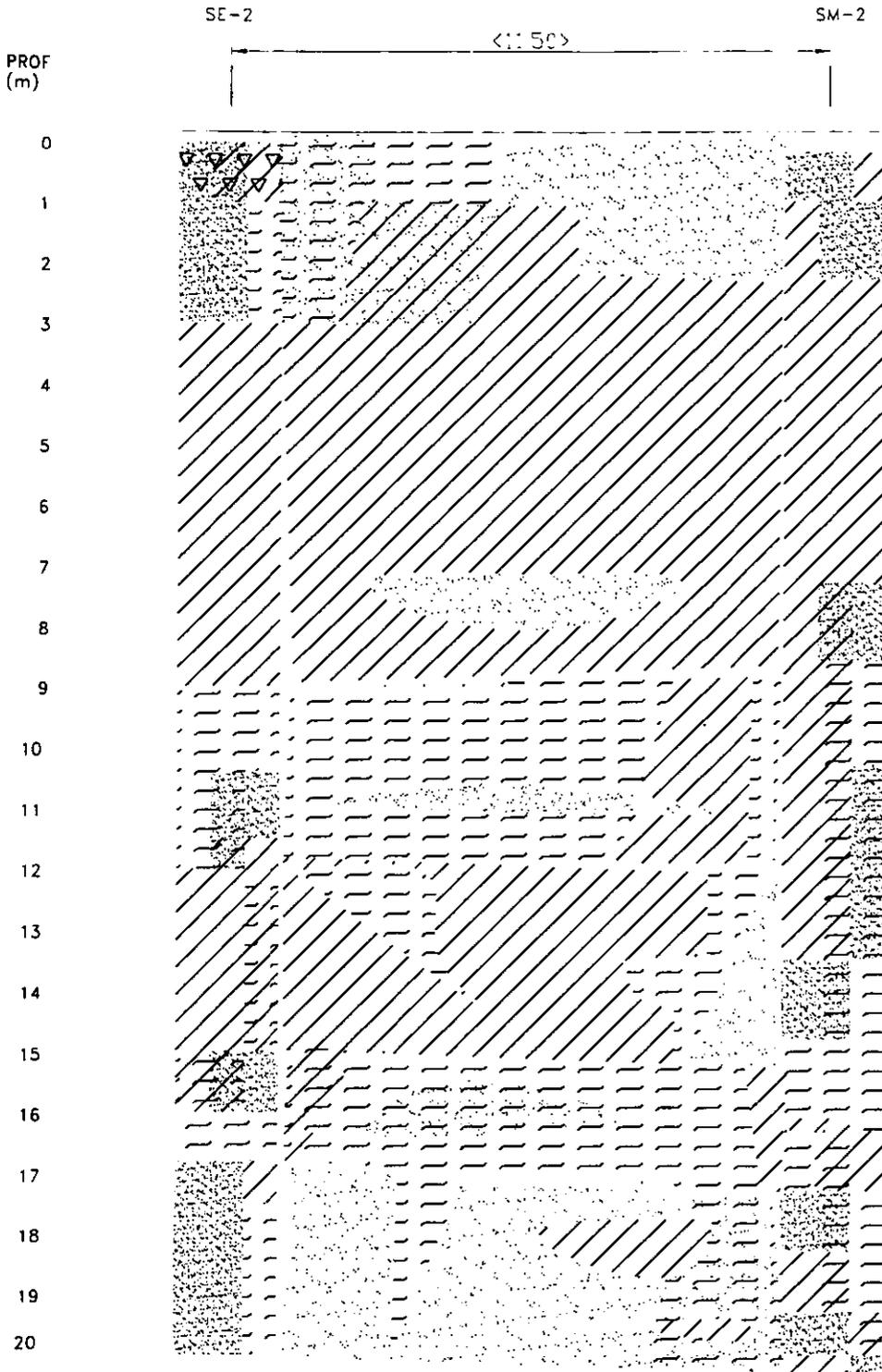
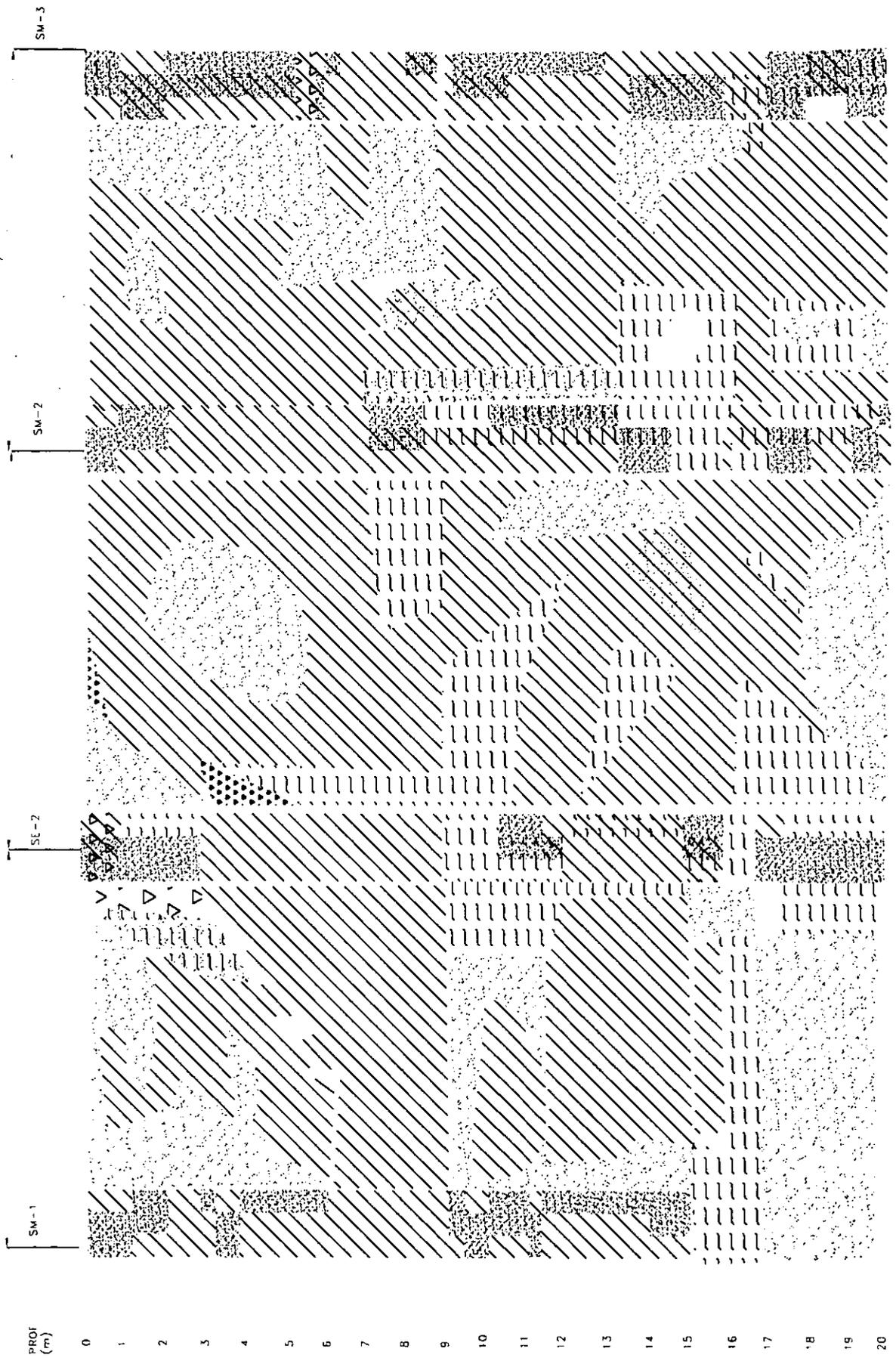


FIGURA 86



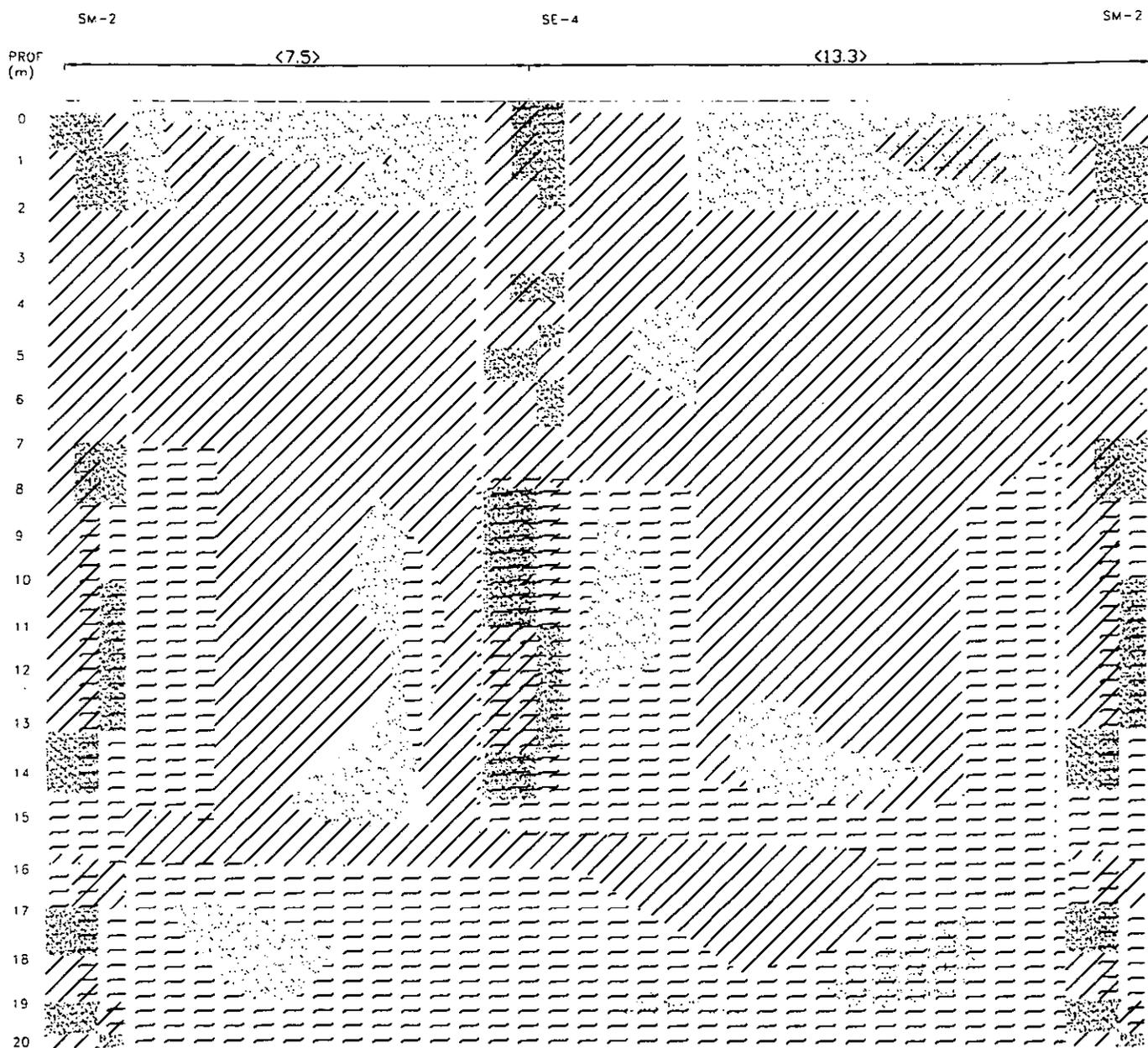


FIGURA 88

SW-2

SW-1

SE-1

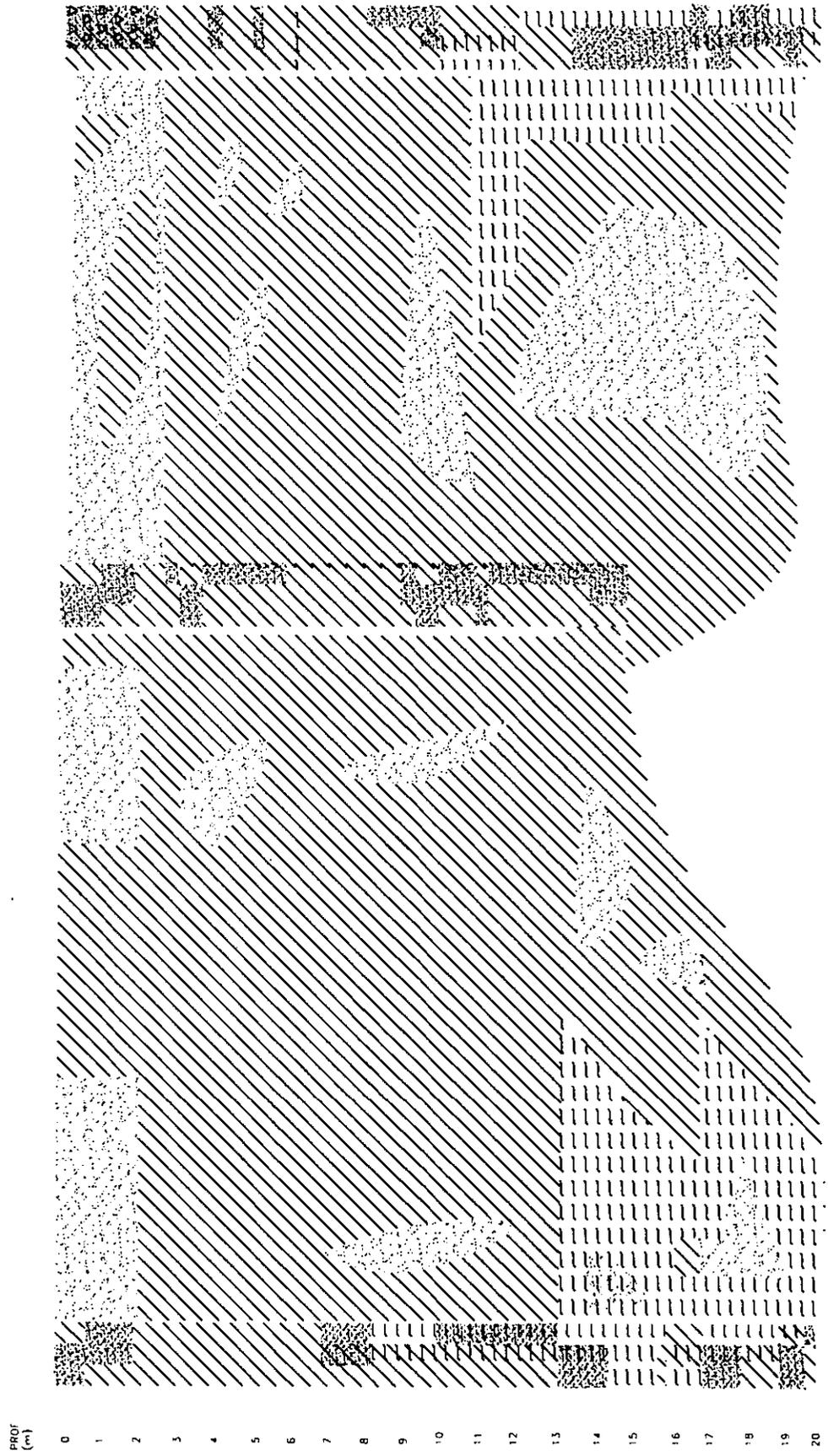


FIGURA 89



PROF  
(m)

7-7

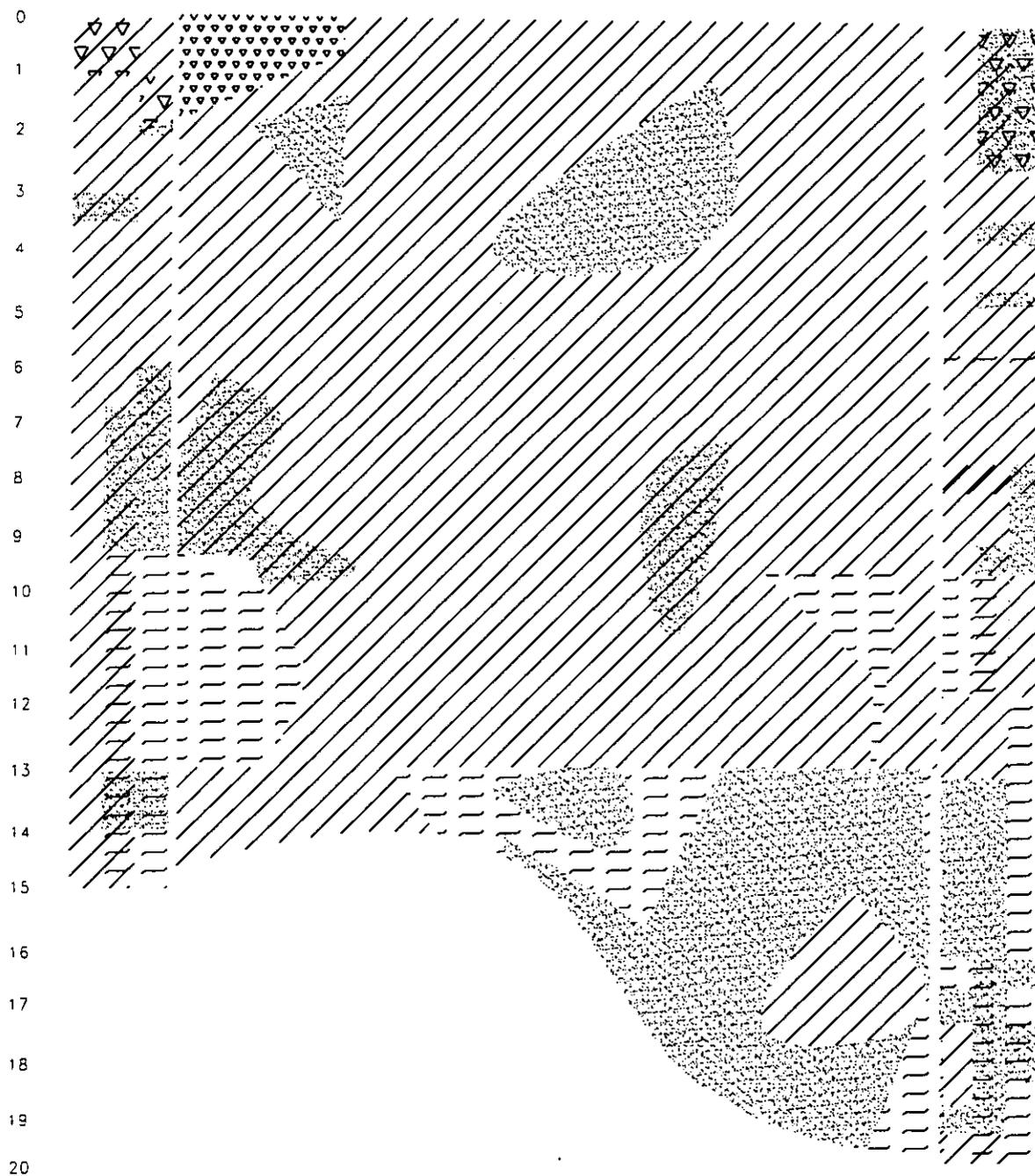


FIGURA 90

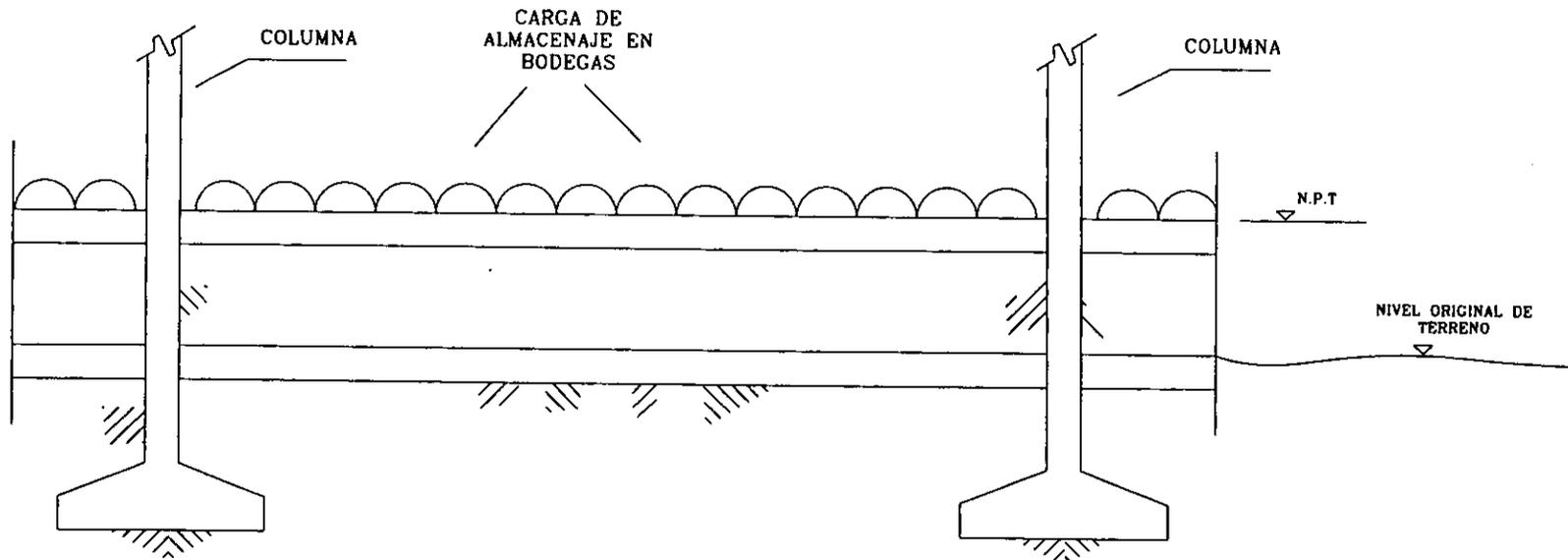
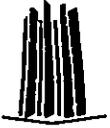
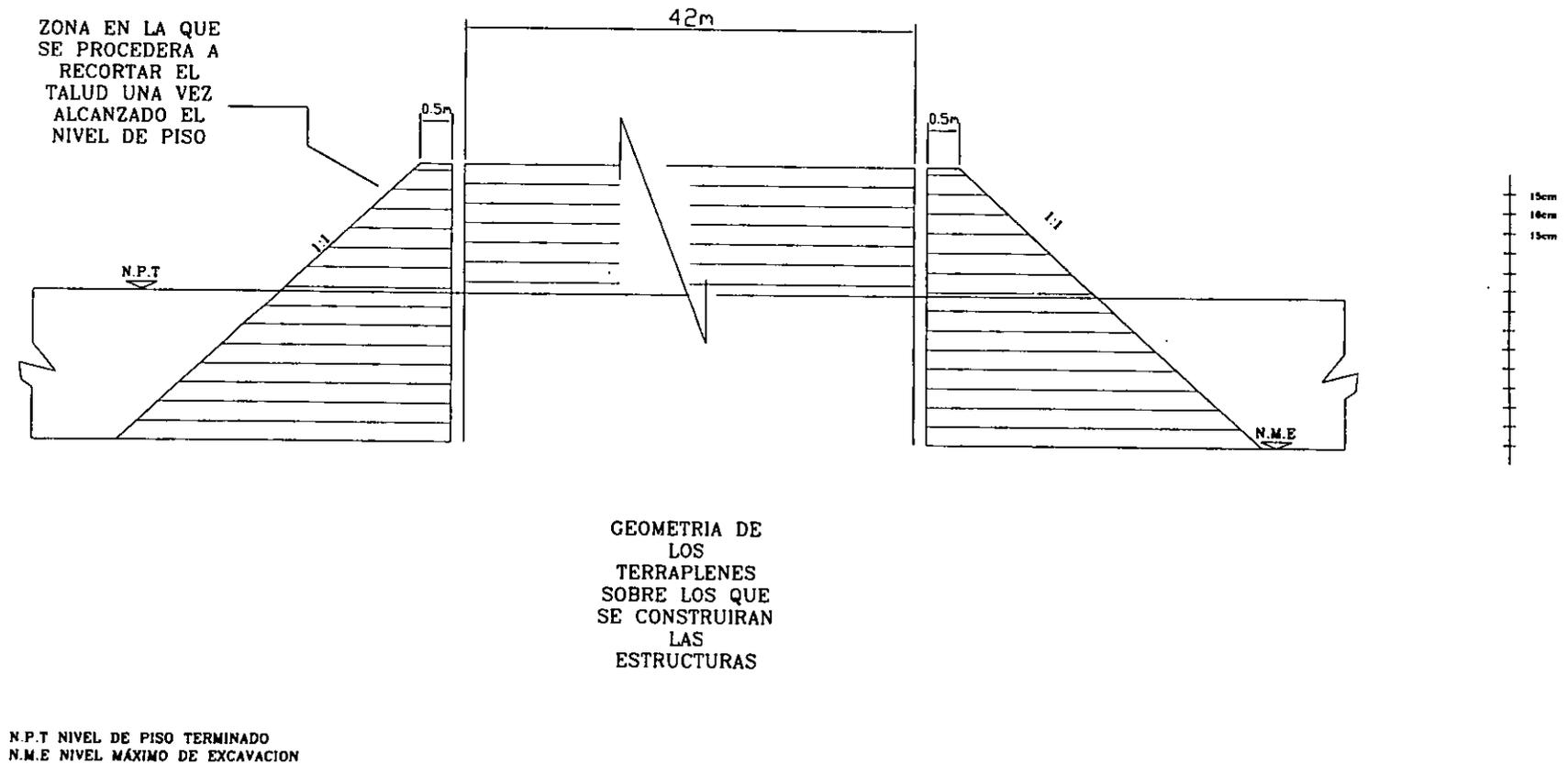
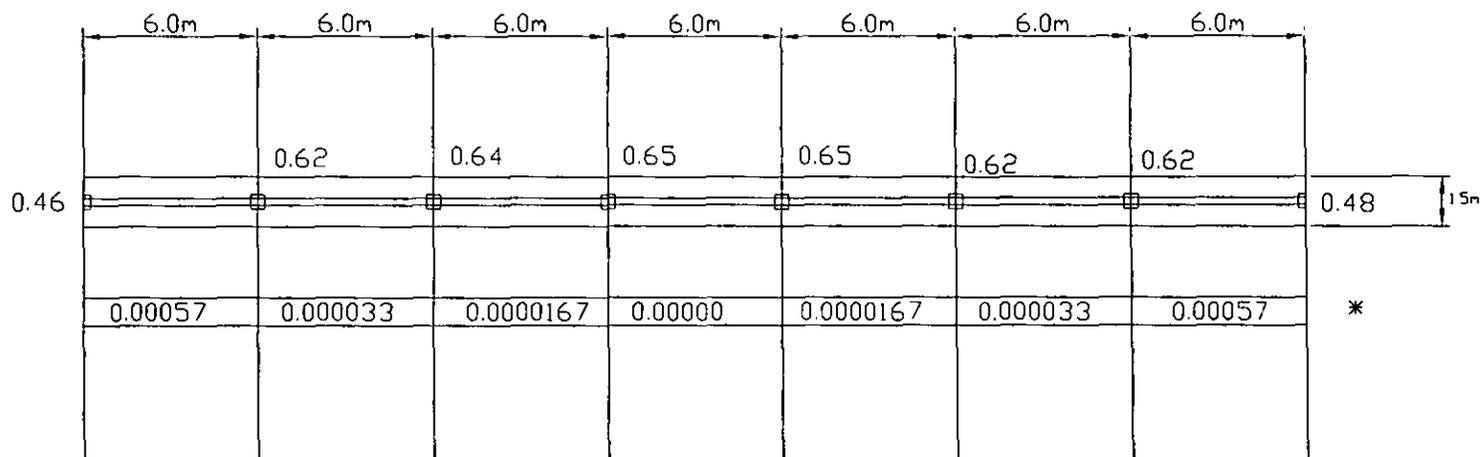


FIGURA 92

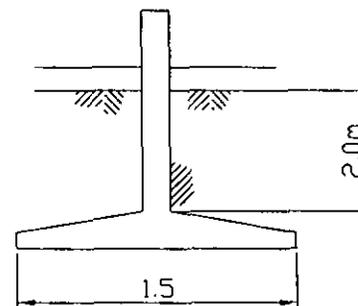


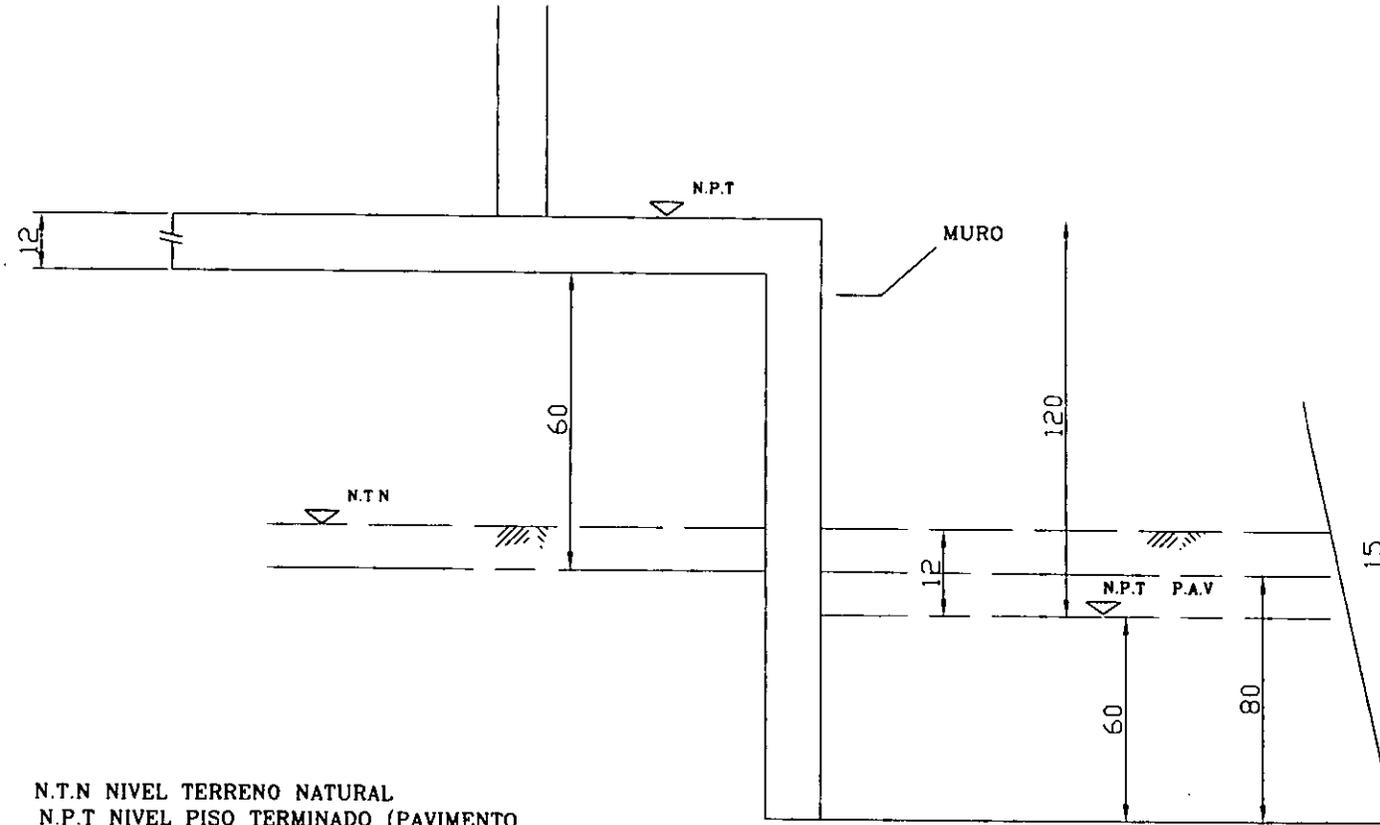


\* RELACION ENTRE EL ASENTAMIENTO  
DIFERENCIAL Y EL CLARO

LIMITE PERMISIBLE — 0.004

ASENTAMIENTOS MAXIMOS  
POR CONSOLIDACION EN ZAPATAS  
(en metros)

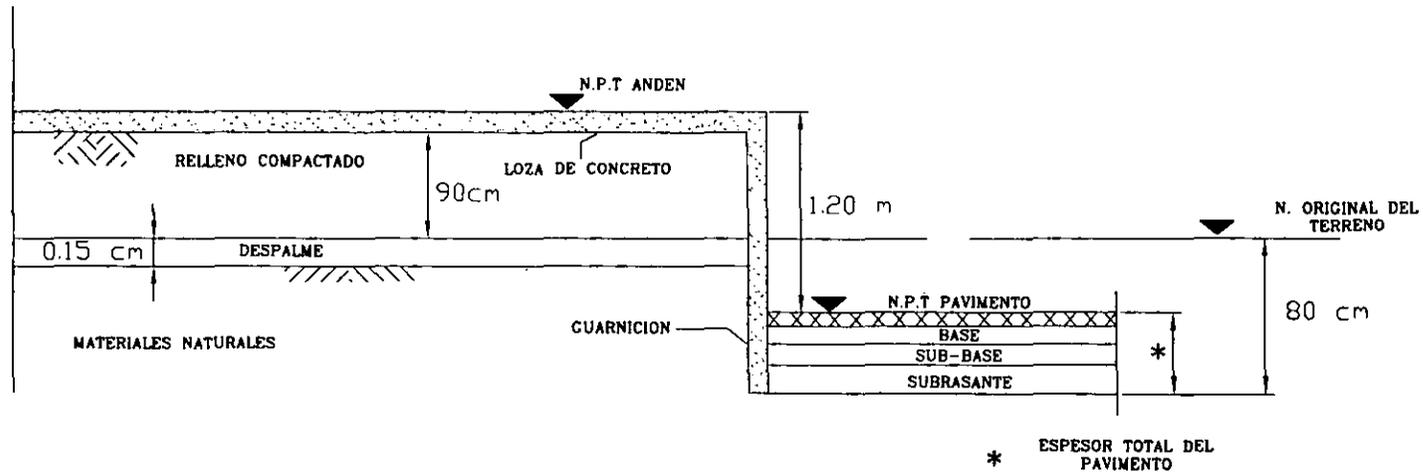




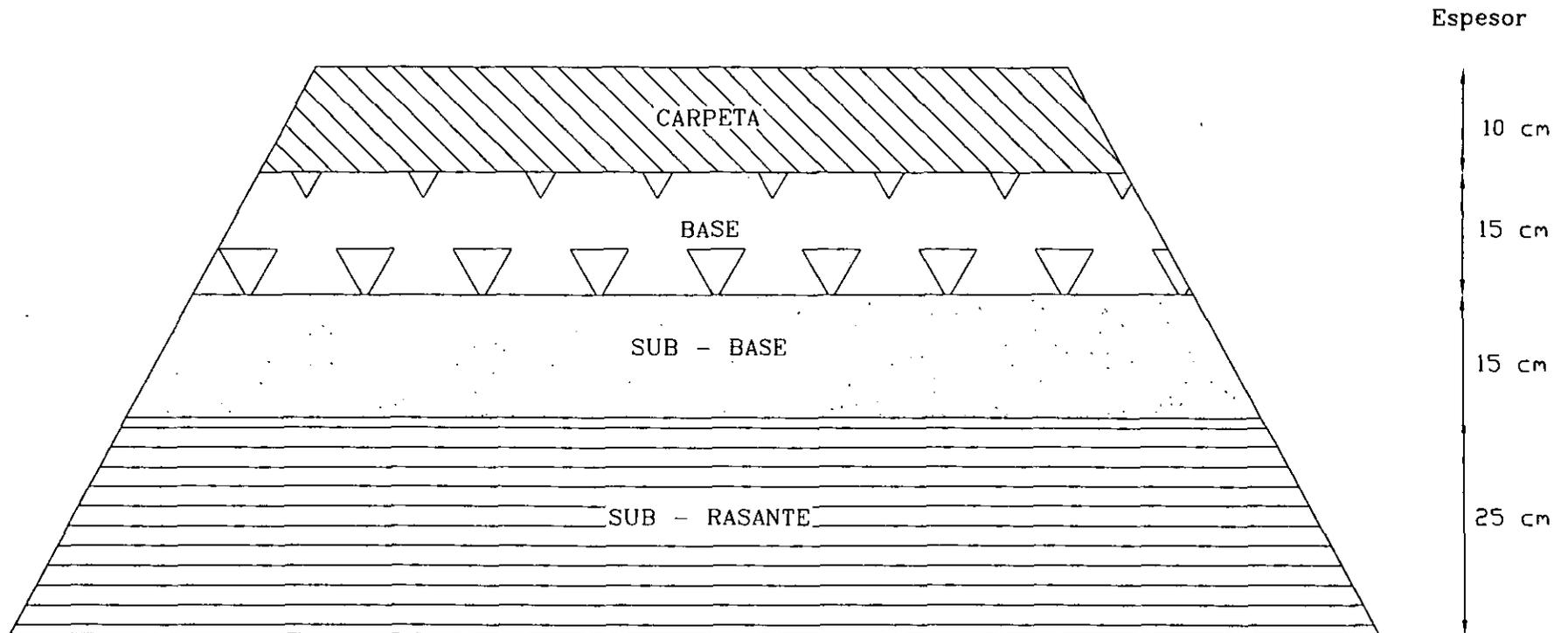
N.T.N NIVEL TERRENO NATURAL  
N.P.T NIVEL PISO TERMINADO (PAVIMENTO)

ALTERNATIVA PARA EL MOVIMIENTO DE  
TIERRAS

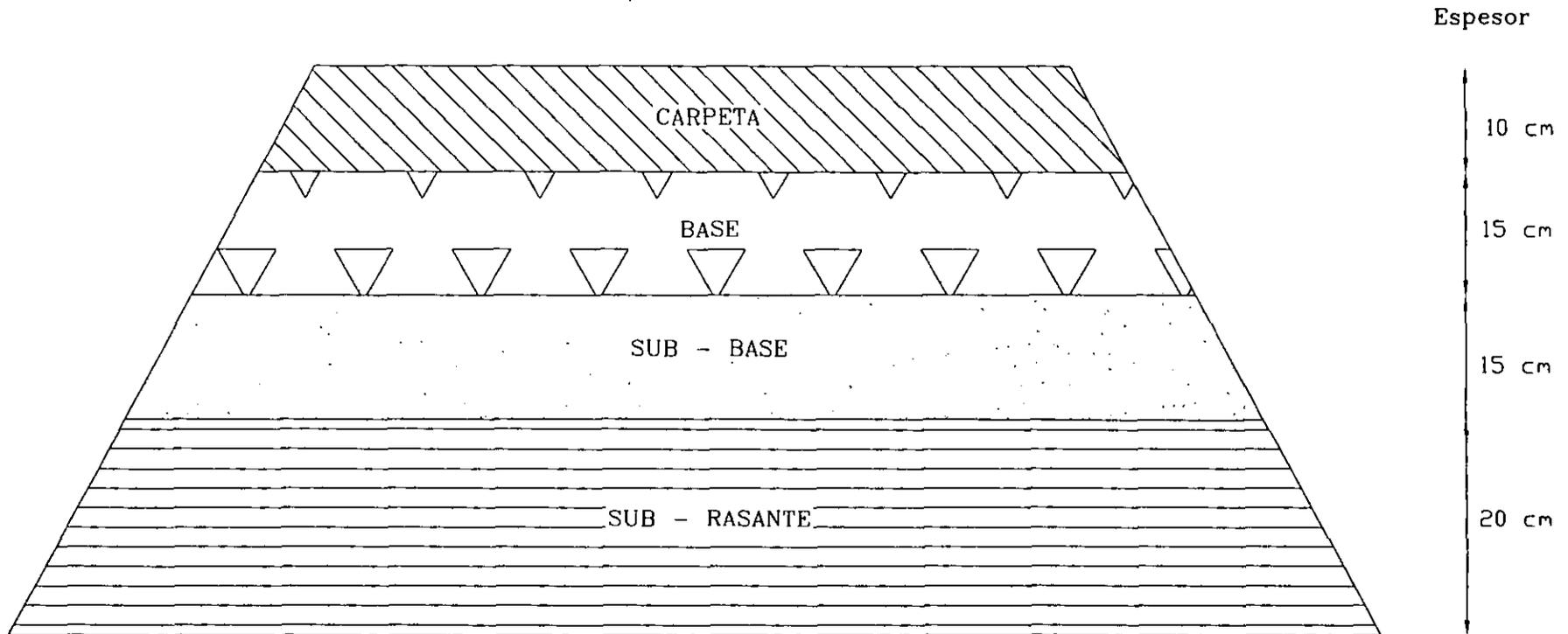
NOTA:  
COTAS EN CENTIMETROS



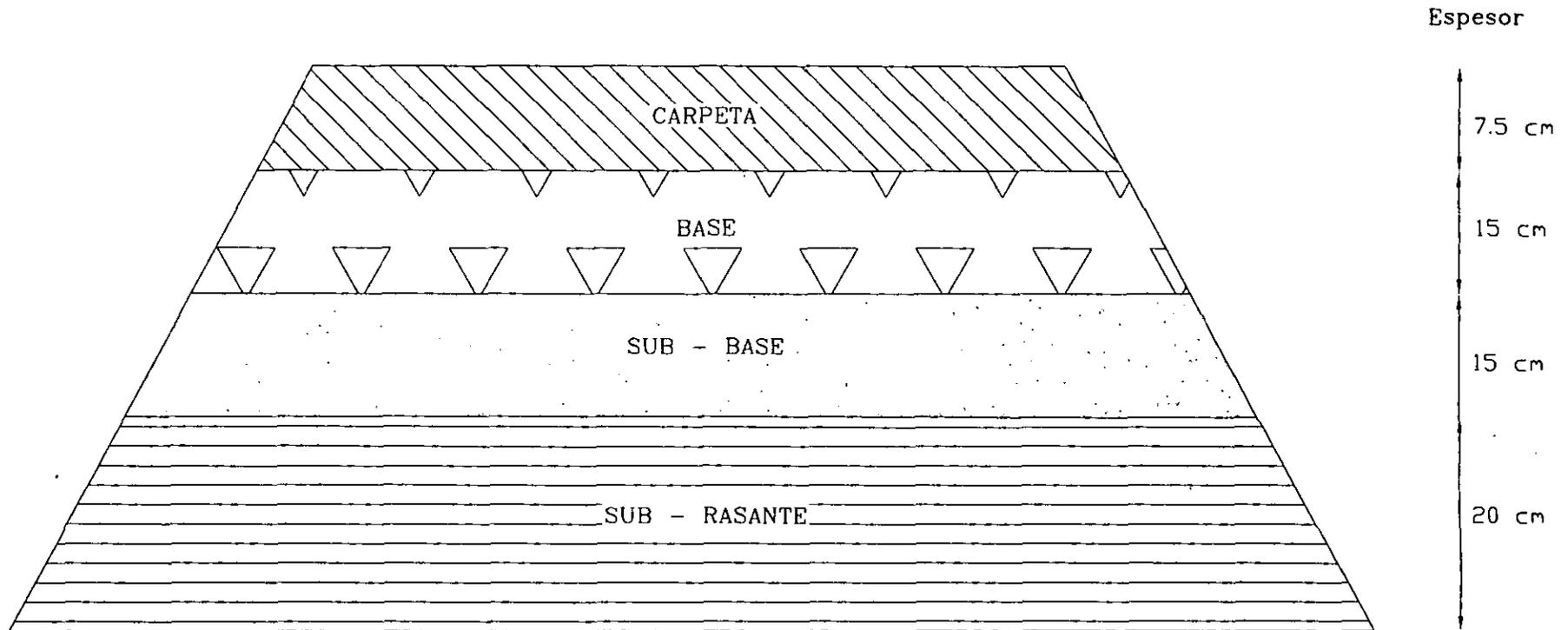
DIMENSIONAMIENTO DE LAS CAJAS PARA  
ALOJAR A LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES



SECCION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA  
CALLE DE ACCESO

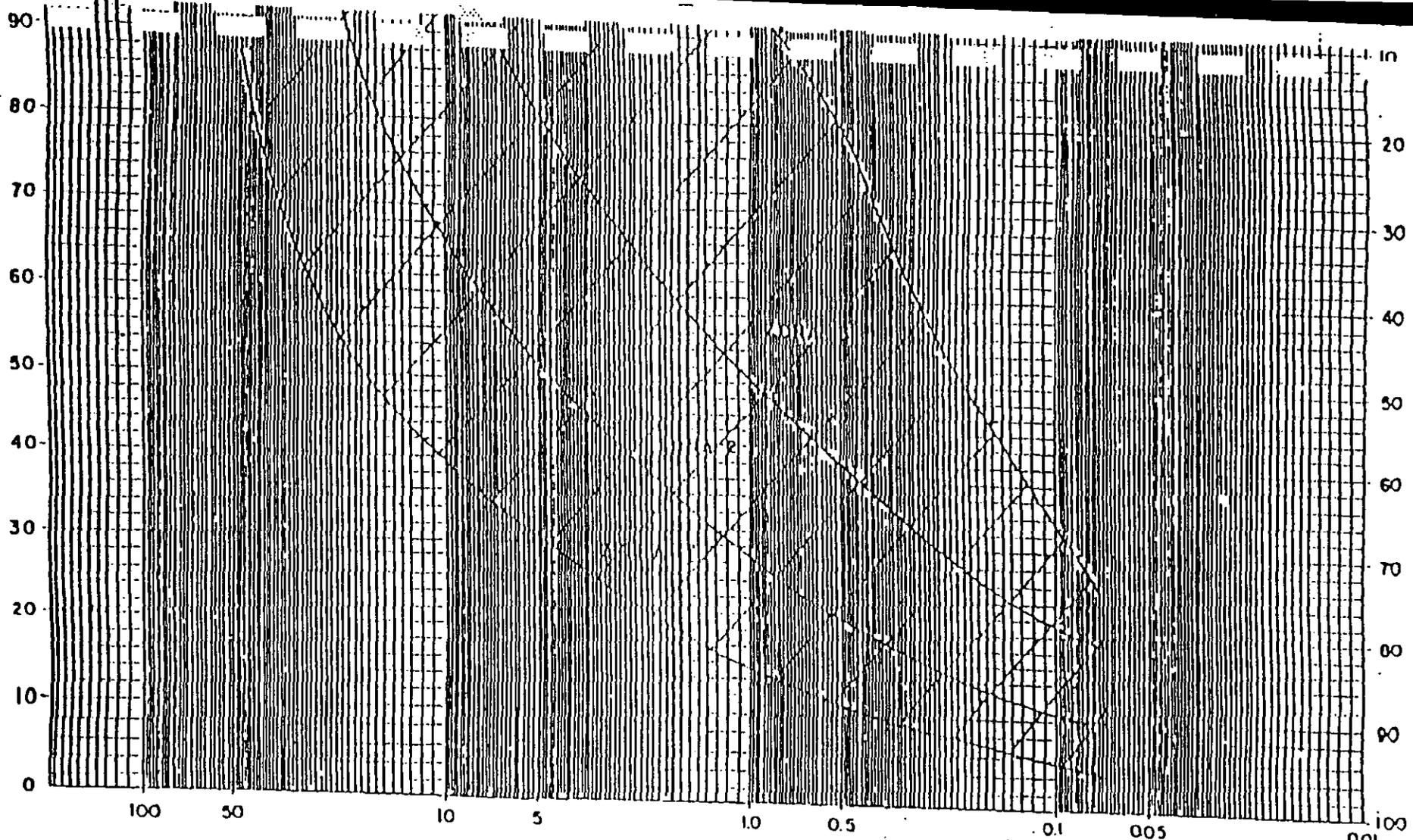


SECCION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LAS  
CALLES LATERALES



SECCION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL  
ANDEN DE CIRCULACION Y ESTACIONAMIENTO

% QUE PASA EN PESO



TAMAÑO DEL GRANO EN mm

BOLEOS	GRAVA				ARENA			FINOS
	GRUESA		FINA		GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA

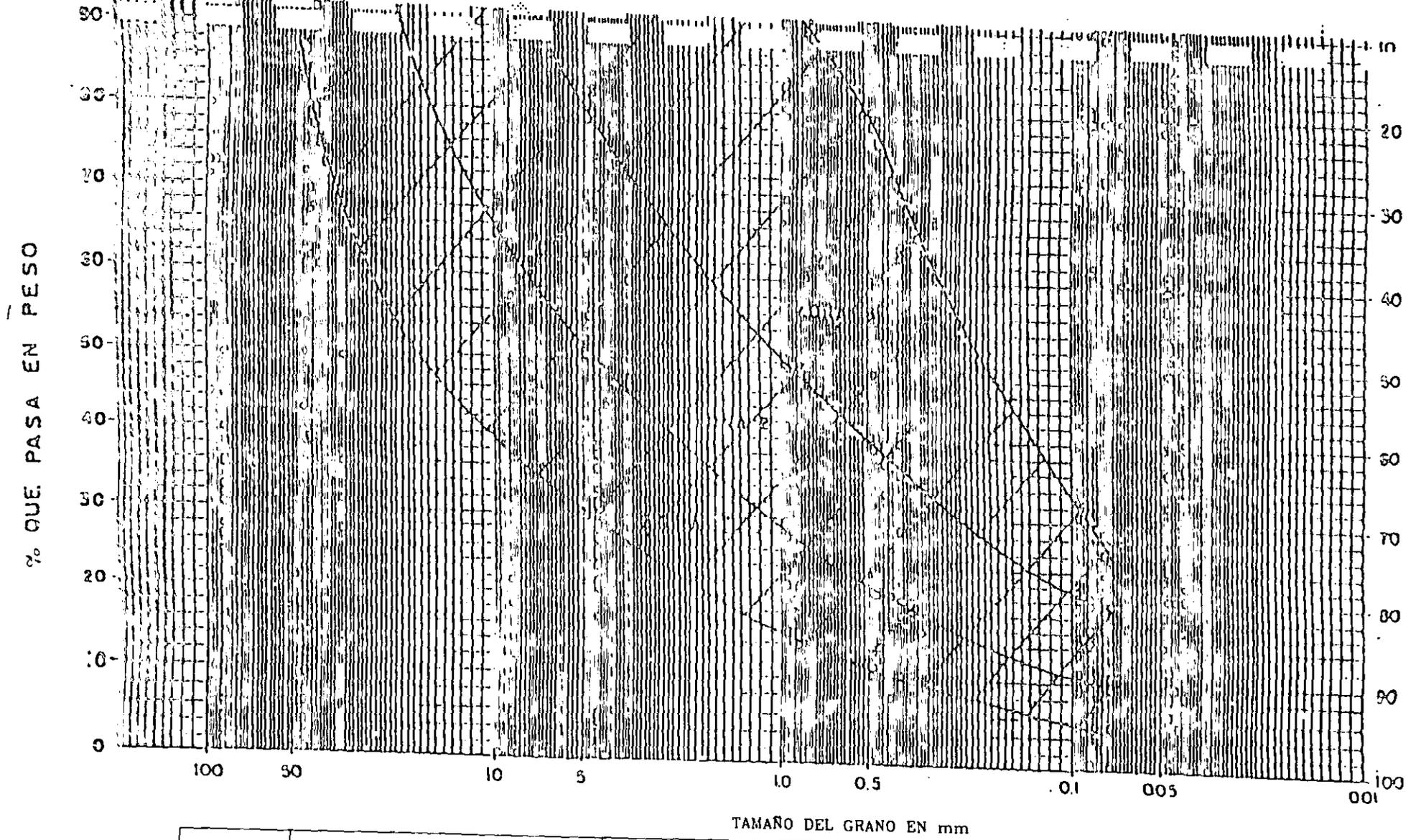
PROFUNDIDAD	MUESTRA	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> = D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> = (D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> / (D <sub>10</sub> × D <sub>60</sub> )	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCC
m	n°		mm	mm	mm			%	%	%	%	



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juárez

ZONAS GRANULOMETRICAS



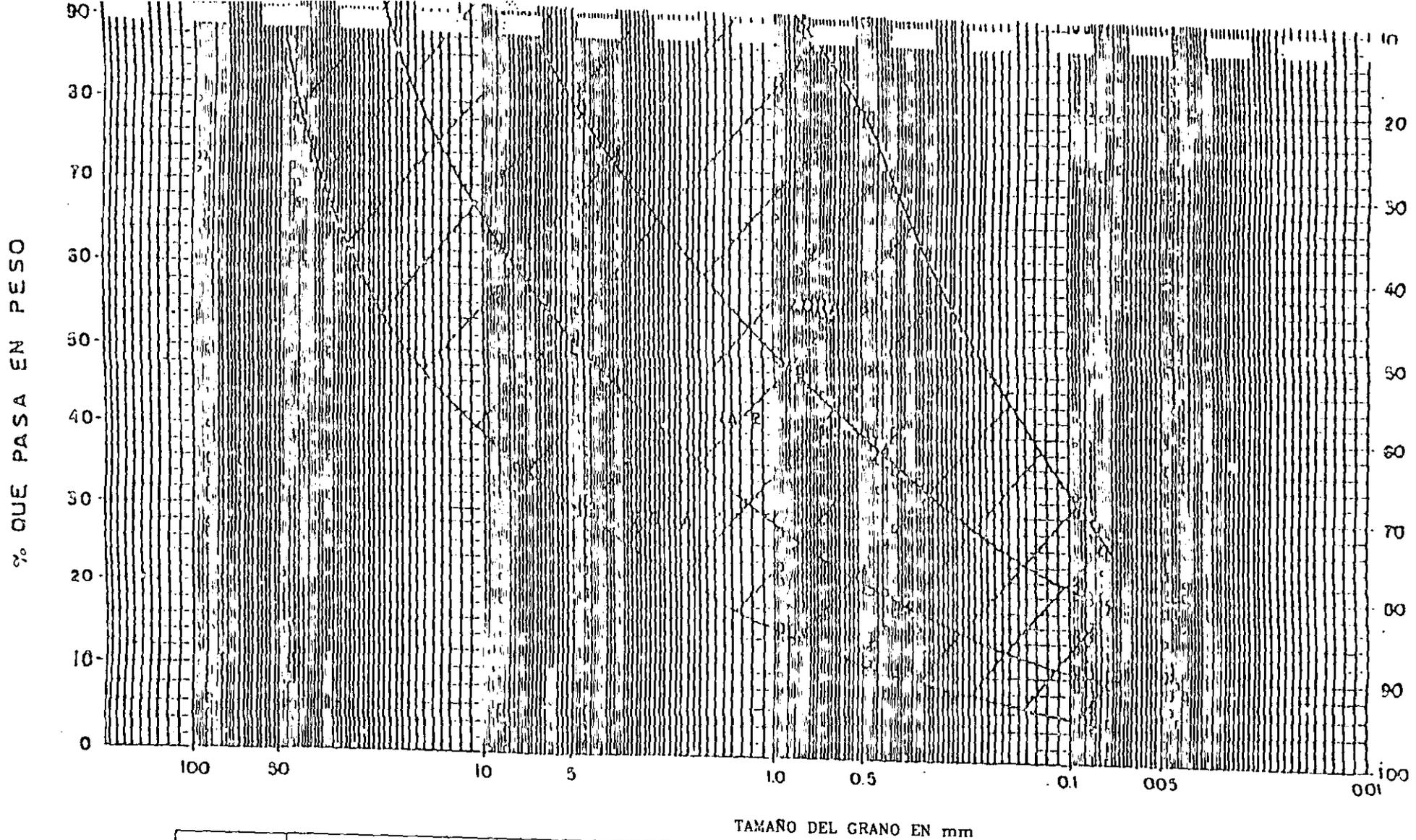
BOLEOS	GRAVA				A R E N A			FINOS LIMO Y/O ARCILLA
	GRUESA	FINA			GRUESA	MEDIANA	FINA	

PROFUNDIDAD	HUECITA	SÍMBOLO	$D_u$	$D_w$	$D_p$	$C_u = D_u/D_w$	$C_c = (D_w - D_p) / (D_u - D_p) \times 100$	GRAVA	ARENA	FIOS	contenido de agua natural	GRUPO SUELO
m	IP		mm	mm	mm			%	%	%	%	



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos  
 Autor Flavio Luviano Juárez

ZONAS GRANULOMETRICAS

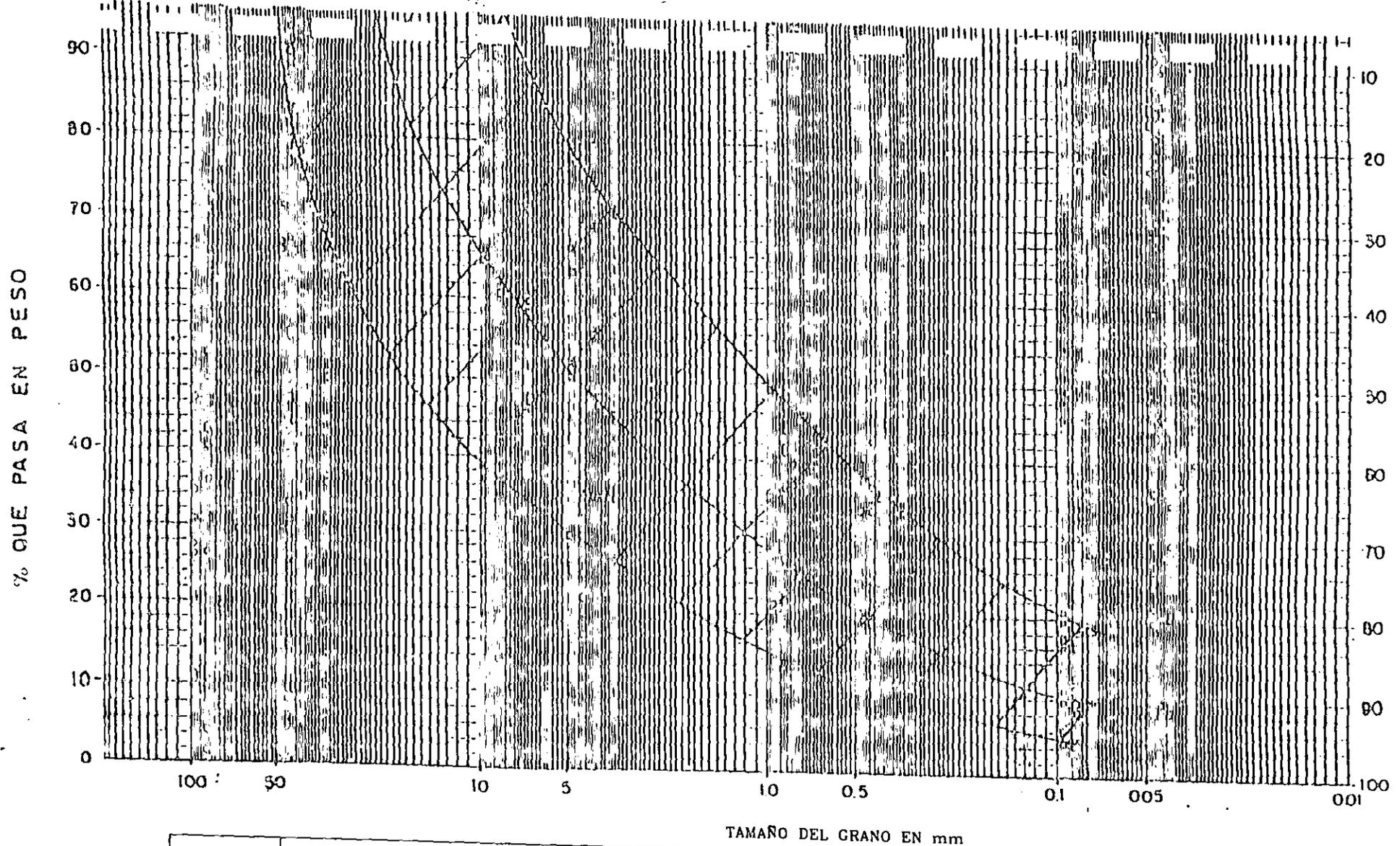


BOLEOS	GRAVA			ARENA			FINOS LIMO Y/O ARCILLA
	GRUESA	FINA		GRUESA	MEDIANA	FINA	

PROFUNDIDAD m	LUZERA m	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> = (D <sub>30</sub> - D <sub>10</sub> ) / (D <sub>60</sub> - D <sub>10</sub> ) x D <sub>10</sub>	GRAVA	ARENA	FILOS	CONTENIDO DE AGUA NATURAL	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm							


 Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos  
 Autor Flavio Luviano Juárez

ESPECIFICACION GRANULOMETRICA PARA SUB-BASE



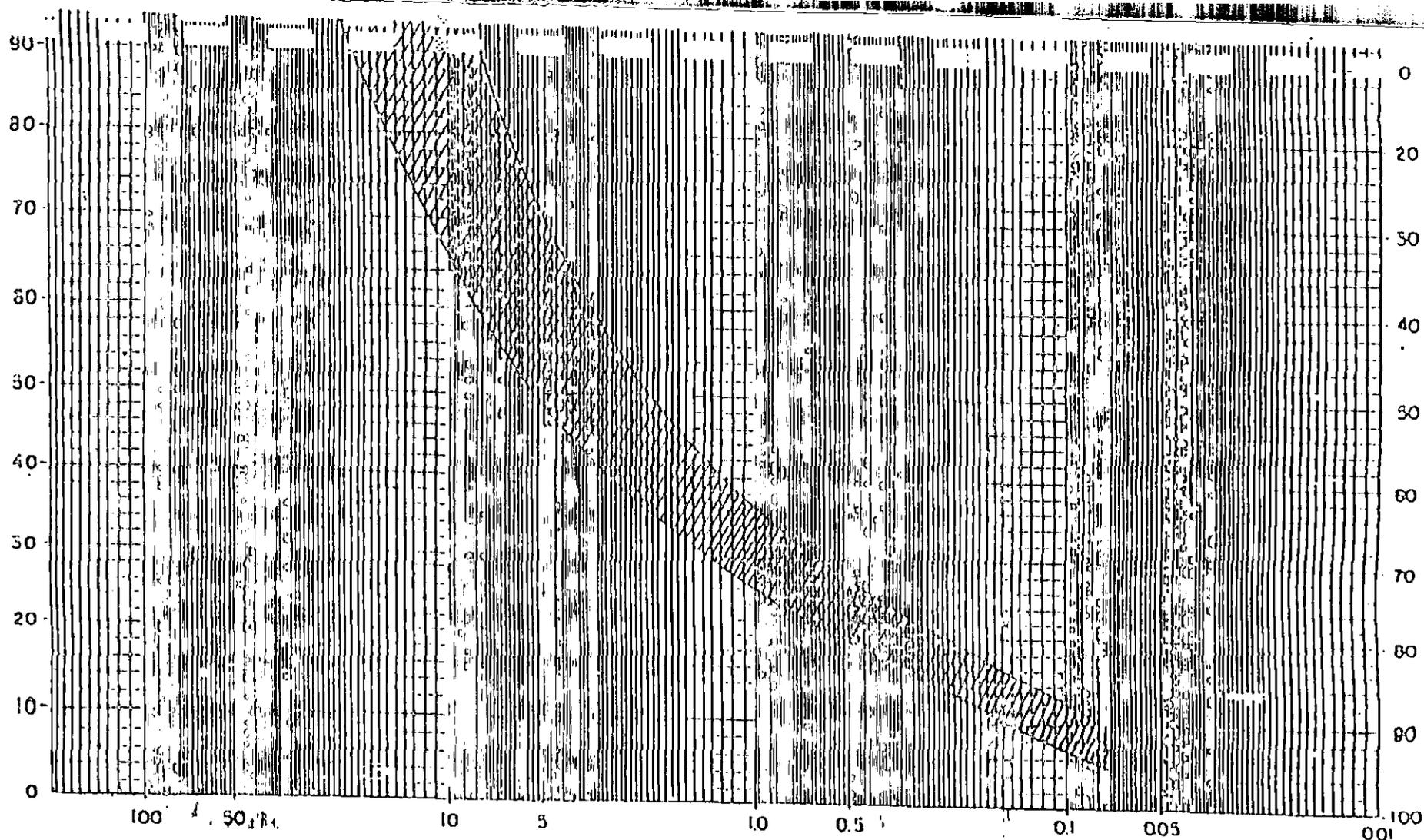
BOLEOS		GRAVA				A R E N A				FINOS	
		GRUESA		FINA		GRUESA		MEDIANA		FINO Y/O ARCILLA	

PROFUNDIDAD	MUESTRA	SIMBOLO	$D_1$	$D_3$	$D_5$	$C_u = D_60 / D_{10}$	$C_c = (D_{30} - D_{10}) / (D_{60} - D_{10})$	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua Natural	GRUPO SUCS
m	Nº		mm	mm	mm			%	%	%	%	

  
 Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos  
 Autor Flavio Luviano Juárez

ESPECIFICACION GRANULOMETRICA PARA BASE

% QUE PASA EN PESO



TAMAÑO DEL GRANO EN mm

BOLEOS	GRAVA				A R E N A			FINOS	
	GRUESA		FINA		GRUESA	MEDIANA	FINA	LIMO Y/O ARCILLA	

PROFUNDIDAD	EJECUTORA	SIMBOLO	D <sub>15</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> = D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	C <sub>c</sub> = (D <sub>30</sub> )/D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	contenido de agua natural	GRUPO SUCS
			mm	mm	mm							



Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor Flavio Luviano Juárez

ESPECIFICACION GRANULOMETRICA PARA CARPETA ASFALTICA

## ESTUDIOS DE PERMEABILIDAD

### 8.1- ANTECEDENTES

Se solicitó la ejecución de pruebas de permeabilidad en el predio que se encuentra a un costado de la Autopista México - Querétaro y el Río Cuautitlán, en Tepotzotlán, Estado de México, con la finalidad de conocer la permeabilidad del subsuelo en el predio de interés y en función de ésta, el gasto factible de infiltrar a éstos mediante pozos de absorción, perforados a una profundidad máxima de 70m de profundidad. La localización del sitio se muestra en la figura 1.

Se contempla inicialmente almacenar agua de lluvia (libre de contaminantes) en una cisterna y posteriormente infiltrarla al subsuelo mediante pozos de absorción.

Con el objeto de determinar la permeabilidad de los materiales del subsuelo y el gasto factible de infiltrar a éstos mediante pozos de absorción perforados hasta una profundidad máxima de 70 m, respecto al nivel actual del terreno se realizó un estudio geotécnico consistente en muestreo y exploración del subsuelo, pruebas de laboratorio y de permeabilidad.

En este trabajo de tesis se describen las actividades realizadas y se reportan los resultados obtenidos.

### 8.2- PERMEABILIDAD DEL SUBSUELO

#### 8.2.1 Generalidades de los pozos de absorción:

Para determinar las dimensiones que fijan volúmenes de líquido para absorción en función de la permeabilidad del terreno donde se colocarán el pozo o pozos de absorción, se necesitan determinar los dos datos.

- 1.- Volúmenes de líquidos recibidos en 24 horas por el pozo de absorción provenientes del tanque o cisterna.
- 2.- Determinar la permeabilidad del lugar o lugares escogidos para la localización de los pozos.

El primer punto se determinará fácilmente, puesto que la descarga mínima del tanque o cisterna del pozo de absorción es su propio volumen.

El segundo punto se determina prácticamente descargando en el lugar escogido para un pozo una cantidad determinada de líquido observando el tiempo que tarda en absorberse.

Pero como la permeabilidad ésta en función de las superficies absorbentes, largo, ancho, altura en caso de ser rectangular o bien diámetro, altura en caso de ser cilíndrico , entonces hay que dejar una medida constante y las demás variables en función de las más indicadas.

Por ejemplo, si la capa absorbente tiene un espesor muy grande el diámetro del pozo será menor que en el caso de esa sea pequeña porque así el diámetro tendrá que ser mayor.

Para determinar en forma aproximada la capacidad de un pozo de absorción se pueden utilizar los siguientes métodos:

A continuación se describen dos métodos de campo fáciles de realizar para la estimación aproximada de la capacidad de un pozo de absorción.

El primer método conocido como de Velocidad de infiltración ( o equivalente a tipo Lefranc a gasto variable) como se muestra en la figura 2, requiere del siguiente equipo:

- a) Una o dos pipas ó tanques con agua con descargas controladas con válvula.
- b) Tubo de PVC de 10.16cm (4") de diámetro o mayor, para acoplar a la descarga de la pipa.
- c) Sonda eléctrica
- d) Cronómetro
- e) Canalón

En la figura 2 se muestra el proceso para descargar el agua del tanque al pozo De absorción, así como una serie de observaciones que deberán ser respetadas para la correcta obtención de resultados.

La secuencia a seguir para desarrollar este método se describe a continuación:

1.- Colocar en el brocal del pozo, a 20cm de profundidad con respecto al nivel del terreno, una señal que sea fácilmente visible.

2.- Medir la profundidad del nivel freático. (Que para este caso no se tiene hasta la máxima profundidad explorada) .

3.- Realizar las pruebas que sean necesarias para conocer la cantidad de agua que será necesario verter en el pozo de absorción hasta lograr su estabilización en la señal previamente localizada.

En cada prueba que se realice deberá llevarse un control que indique el volumen de agua vertida, con objeto de facilitar las maniobras a realizar para el aforo definitivo.

4.- A continuación se procede a realizar el aforo definitivo utilizando un volumen de agua suficiente para asegurar el desarrollo de la prueba.

5.- Una vez estabilizada el agua en el pozo a la señal mencionada se interrumpirá la descarga desviando el chorro, accionando simultáneamente el cronómetro.

6.- Utilizando una sonda eléctrica se efectuarán lecturas de la evolución del agua en el pozo para intervalos de tiempo de 1 minuto, o bien para tiempos menores, dependiendo de la rapidez con que evolucione el nivel del agua hasta recuperar el nivel freático . En el caso de que el abatimiento del agua en el pozo sea muy rápido , se marcarán en la sonda diferentes de nivel en el pozo y los tiempos correspondientes en que se efectúan las lecturas. Posteriormente se obtendrán las profundidades del nivel del agua asociada a cada marca de la sonda.

7.- Se calculará el gasto utilizando la siguiente expresión:

$$Q \text{ pozo} = DL/Ta$$

donde

Q pozo= Gasto que es capaz de absorber el pozo en lts/seg

D= Diámetro del pozo en metros

L= Longitud del pozo en metros

Ta= Tiempo en minutos requeridos para obtener un abatimiento de 5cm en el pozo.

El segundo método es el llamado Método de coordenadas o de Purdue ó equivalente a prueba tipo Lefranc a gasto constante, como se muestra en la figura 3, el cual requiere para su ejecución el siguiente equipo:

a) Una o dos pipas ó tanques de agua, con descargas controladas con válvula.

- b) Tubo de PVC de 10.16 cm (4") de diámetro mínimo, para acoplar a la descarga de la pipa.
- c) Válvula.
- d) Escuadra de carpintero.
- e) Canalón.

El procedimiento a seguir en este método es igual en los primeros cuatro pasos, al método de Velocidad de infiltración o tipo Lefranc a gasto variable descrito precedentemente, por lo que a continuación se describirán únicamente los pasos restantes:

5.- Estabilizar mediante operaciones el nivel del agua en el pozo hasta la señal previamente localizada dentro del mismo.

Para la ejecución de las pruebas de permeabilidad se consideraron las características estratigráficas y físicas del subsuelo, determinadas en el predio de interés mediante sondeos de tipo mixto y exploratorios realizados en años anteriores de 15 y 20 m de profundidad, cuyos resultados se muestran en las figuras 4 a 11, se complementó el conocimiento de las características estratigráficas del subsuelo hasta 70 m de profundidad mediante un sondeo adicional realizado para este estudio y como parte del objetivo del mismo a 70 m de profundidad, muestreando los materiales entre 20 y 70 m y midiendo la resistencia de los materiales a ser atravesados que se muestran en las figuras 12 a 15.

### 8.3- MUESTREO Y EXPLORACION DEL SUBSUELO

Para determinar las características estratigráficas y físicas de los depósitos del subsuelo en el predio de interés, se efectuó un sondeo de tipo exploratorio a 70 m de profundidad, tomando en cuenta que de acuerdo a los sondeos realizados que se muestran en las figuras 4 a 11 en el sitio de interés en años anteriores con la ubicación que se muestra en la figura 16 se conocen las características estratigráficas y físicas del subsuelo en los primeros 20 m de profundidad del subsuelo y de acuerdo a la correlación de estos datos obtenidos en los sondeos realizados se determinó el área donde se juzgaba más adecuado realizar el sondeo exploratorio para conocer las características de los materiales del sitio de interés hasta 70 m de profundidad y por consiguiente realizar en esta perforación las pruebas de permeabilidad previstas.

Inicialmente se realizó el sondeo exploratorio de 0 a 20 m de profundidad avanzando con broca tricónica sin muestreo dado que en esta profundidad ya se tiene información de los materiales posteriormente y a partir de los 20m se realizó el sondeo de penetración estándar, con los registros de campo que se presentan en las figuras 17 a 21.

En el sondeo exploratorio se obtuvieron muestras representativas alteradas mediante la realización de la prueba de penetración estándar que consiste en hincar 60 cm el penetrómetro estándar que es un tubo hueco de 5.1 cm de diámetro y 3.5 de diámetro interior, mediante el impacto de un martinete de 63,5 Kg de peso que cae libremente desde una altura de  $76 \pm 1$ cm; el índice de resistencia a la penetración estándar de los materiales atravesados, corresponde al número de golpes necesarios para hincar los 30 cm intermedios del penetrómetro estándar. En el interior del penetrómetro se obtienen muestras representativas alteradas .

En las figuras 12 a 15 se presentan los perfiles del subsuelo explorado en el sitio de interés a 70 m de profundidad y completando sus primeros 20m con los sondeos realizados en años anteriores .

#### **8.4- PRUEBAS DE PERMEABILIDAD**

Para determinar el gasto que es factible infiltrar a los materiales del subsuelo mediante pozos de absorción de diferente diámetro , se realizaron cuatro pruebas de permeabilidad del tipo Lefranc a gasto constante a profundidades variables entre 6.0 y 25.0 m de profundidad, entre 20 y 40 m de profundidad, entre 20 y 60 m de profundidad y entre 20 y 70m de profundidad donde se observa que tienen diferentes espesores de la cámara filtrante.

De acuerdo a la información obtenida de los sondeos realizados en el sitio de interés en los años pasados y que fueron realizados para el análisis de la cimentación de la estructura proyectada se detectó un manto colgado de aguas freáticas entre 5 y 6m de profundidad y en la fecha que se realizó la exploración.

En función de la experiencia que se tiene en el área circundante al sitio de interés, las pruebas de permeabilidad que son más adecuadas son de tipo Lefranc a gasto constante, para ello se inyecta al pozo perforado hasta la profundidad establecida de agua limpia hasta el nivel superior dentro de la perforación hasta que se establezca durante 10 minutos .

Respecto al brocal superficial del ademe. A continuación se describe la forma en que se realizaron las pruebas de permeabilidad.

Para la ejecución de las pruebas de permeabilidad se efectuó un pozo a 70 m de profundidad denominado SE-1" con la siguiente secuencia de perforación y realización de las pruebas:

- a) Inicialmente se realizó avance con broca tricónica de 2 15/16" de diámetro sin muestreo hasta 20m de profundidad, dado que los materiales hasta esta profundidad ya fueron determinados en sondeos realizados para el análisis de cimentación del sitio de interés.
- b) Posteriormente se continuo la perforación estándar hasta 25m de profundidad, en donde se encontró un estrato arenoso poco limoso con gravillas de color gris entre 22.5 y 25 m de profundidad. El sondeo de penetración estándar se realiza con la finalidad de conocer las características de los materiales atravesados buscando materiales arenosos con gravas que contengan un bajo porcentaje de finos para los cuales se estima que tienen una capacidad de absorción adecuada.
- c) Se procedió a rimar con broca tricónica de 3 1/2" de diámetro hasta 5.8 m de profundidad, únicamente utilizando agua limpia. Se hincó a la brevedad posible y hasta 6m de profundidad ademe metálico recuperable NW de 3" de diámetro interior, con objeto de ademar los materiales existentes hasta la profundidad mencionada.
- d) Posteriormente se inyectó agua a presión con la finalidad de retirar el lodo bentonítico empleado para estabilizar las paredes de perforación, suspendiendo la inyección de agua hasta que el brocal de la perforación se observe el retorno de agua limpia.
- e) Se efectuó la primera prueba de permeabilidad que se tenía contemplado entre 20 y 30 m de profundidad con las consideraciones establecidas anteriormente, en la que la cámara filtrante quedo entre 6 y 25 m de profundidad.
- f) Concluida la primera prueba se procedió a profundizar la perforación hasta 40 m de profundidad para lo cual a partir de 25 m de profundidad se continuo la prueba de penetración estándar hasta 40 m de profundidad, con la finalidad de conocer las características de los materiales que se encuentran en estas profundidades y medir el índice de resistencia a la penetración estándar además de determinar un manto permeable donde poder realizar la segunda prueba de permeabilidad.

- g) Se perforó con broca tricónica de 3 1/2" de diámetro hasta 19.7 m de profundidad.
- h) Se procedió enseguida a introducir el ademe metálico recuperable de 3 1/2" de diámetro hincándolo a 20 m de profundidad, prosiguiendo a eliminar el lodo bentonítico dejado para estabilizar las paredes de la perforación por el método de penetración estándar mediante la inyección de agua a presión, suspendiendo este paso hasta que se observe que retorne a la superficie agua limpia.
- i) A continuación se rimo con broca tricónica de 2 15/16" de diámetro empleando solamente agua limpia durante la perforación llevándola hasta 40 m de profundidad, de esta manera se verifica que los materiales entre 20 y 40 m de profundidad que constituyen a la cámara filtrante queden libres de lodo bentonítico para proceder a efectuar la segunda prueba de permeabilidad.
- j) Se efectuó la segunda prueba de permeabilidad teniendo como longitud de cámara filtrante de 20 a 40 m de profundidad. De acuerdo a la prueba de penetración se observó capas interestratificadas de arena limosa y limo poco arenoso en ocasiones color gris y verdoso, con contenido de agua medio de 35%, y tomando en cuenta que el ademe metálico recuperable NW se hincó hasta 20 m de profundidad de tal manera que la cámara filtrante considerada quedo entre 20 y 40 m de profundidad.
- k) Concluida la segunda prueba de permeabilidad se continuo con el sondeo exploratorio hasta 50 m de profundidad utilizando herramienta de penetración estándar. Dado que a esta profundidad no se detectaron materiales con características aceptables para crear una cámara filtrante adecuada y tomando en cuenta que las dos primeras pruebas de permeabilidad dieron como resultado permeabilidades muy bajas y el tipo de materiales encontrados hasta el momento, se determinó la necesidad de profundizar 10 m adicionales a lo que se tenía proyectado, es decir a una profundidad de 60 m con respecto al nivel de la superficie del terreno.
- l) De acuerdo a la prueba de penetración estándar realizada entre 50 y 60 m de profundidad se detectó intercalaciones de arenas arcillosas y limosas con gravillas, arcillas arenosas y limos arenosos de color café y gris, con contenidos de agua medio de 30%, los cuales previo a la tercera prueba de permeabilidad se consideraron viables para el propósito perseguido.
- m) Una vez alcanzada la profundidad de 60 m se procedió a inyectar agua a presión con objeto de romper la capa perimetral impermeable del pozo que se forma por el lodo bentonítico de baja viscosidad para estabilizar las paredes durante la perforación.

- n) La inyección de agua se realizó por un lapso aproximadamente de 20 minutos, tiempo en el cual se observó que retornaba agua limpia verificando que los materiales que constituirán a la cámara filtrante comprendida entre 20 y 60 m de profundidad quede libre de todo elemento que pudiera interferir con la tercera prueba de permeabilidad.
- o) A partir de 20 y hasta 60 m de profundidad se realizó la tercera prueba de permeabilidad y con base en la información obtenida se determinó la permeabilidad de los materiales del subsuelo y en función de esta la capacidad de absorción del pozo mediante el que se infiltrará al subsuelo el agua almacenada. Sin embargo de acuerdo a la tercera prueba de permeabilidad realizada y a la experiencia que se tiene del área circundante se determinó profundizar la perforación 10 metros más a los alcanzados es decir hasta 70 m de profundidad.
- p) De acuerdo a la prueba de penetración estándar realizada entre 60 y 70 m de profundidad se continuo detectando intercalaciones de arenas arcillosas y limosas con gravillas, arcillas arenosas y limos arenosos de color café y gris con contenidos de agua medio de 28%, los cuales previo a la cuarta prueba de permeabilidad se consideraron como los más viables para el propósito perseguido.
- q) Una vez alcanzada la profundidad de 70 m se procedió a inyectar agua a presión con objeto de romper la capa perimetral impermeable del pozo que pudiera haber quedado para estabilizar las paredes durante la perforación entre 60 y 70 m de profundidad.
- r) La inyección de agua se realizó por un lapso aproximadamente de 20 minutos, tiempo en el cual se observó que retornaba agua limpia verificando que los materiales que constituirán la cámara filtrante comprendida entre 20 y 70 m de profundidad quede libre de elemento que pudiera interferir con la cuarta prueba de permeabilidad.
- s) A partir de 20 y hasta 70 m de profundidad se realizó la cuarta prueba de permeabilidad y con base a la información obtenida, se determinó la permeabilidad de los materiales del subsuelo y en función de esta la capacidad de absorción del pozo mediante el cual se infiltrará al subsuelo al agua almacenada.

Las pruebas de permeabilidad se efectuaron con flujo de agua constante a la perforación de acuerdo al siguiente procedimiento:

Se almacenó agua limpia en un tanque para inyectarla al pozo; el tanque y la perforación se encuentran conectados por medio de una manguera la que

contiene una válvula que se abre para introducir un gasto constante en la perforación, de tal manera que cuando el nivel superior del agua dentro de la perforación se estabilice al nivel del brocal, se mide enseguida el gasto que es capaz de absorber la cámara filtrante manteniendo estable la carga hidráulica. En la figura 3 se muestra un croquis de instalación y realización de las pruebas.

En las pruebas de permeabilidad se obtuvieron los siguientes gastos de infiltración y los registros de campo se presentan en las figuras 22 y 24:

Longitud de cámara Filtrante (m)	Gasto de absorción (l/s/min)
De 6 a 25 m	0.15
De 20 a 40 m	0.30
De 20 a 60 m	1.98
De 20 a 70 m	95.0

#### 8.4- PRUEBAS DE LABORATORIO

En las muestras representativas alteradas obtenidas mediante pruebas de penetración estándar se realizaron las siguientes pruebas de laboratorio.

- Clasificación en seco y húmedo
- Contenido natural de agua
- Análisis granulométrico

Las pruebas de laboratorio que se realizaron en las muestras obtenidas se efectuaron siguiendo las especificaciones establecidas en el manual de laboratorio de la S.A.R.H. .

Todas las muestras obtenidas se clasificaron en forma visual y al tacto, en estado húmedo y seco mediante pruebas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ; se determinó también su contenido de agua; en las figuras 25 a 28 se muestran los registros de laboratorio.

Las curvas granulométricas resultantes de los ensayos granulométricos efectuados en una batería de mallas de los materiales representativos de los estratos definidos en el sondeo realizado se presentan en las figuras 29 a 32.

En las figuras 12 a 15, se presentan gráficamente los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas en las muestras del sondeo exploratorio denominado SE-1", incluyendo los valores del índice de resistencia a la penetración estándar de los depósitos atravesados.

### 9- DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS Y FISICAS DEL SUBSUELO.

La zona de interés se encuentra al norte de la cuenca del valle de México, la cual de acuerdo a la zonificación geotécnica que marca el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en sus Normas Técnicas Complementarias de Cimentaciones se ubica en la Zona II denominada Zona de Transición en la que según Mooser dominan los depósitos producidos en la cuarta y quinta fase del vulcanismo, predominando la última característica por emisiones explosivas andesítico-dacíticas.

El relleno cuaternario de la cuenca de México pudo acumularse a consecuencia del cierre del dasagüe en el sur por erupciones volcánicas del grupo Chichinautzin, en la séptima fase del vulcanismo que ocurrió en la quinta fase de su formación.

Al igual que en la parte central de la cuenca sobre la que se encuentra la Ciudad de México afloran los depósitos de la formación clástica aluvial del grupo Chichinautzin, constituidos por arcilla, limo, arena, travertino y lava perimetralmente a la planicie de la zona analizada que esta en contacto con depósitos de ladera.

Al oriente esta la sierra de Guadalupe y el Río Hondo de Tepetzotlán, con las laderas de la Sierra Monte Bajo donde se encuentran abanicos volcánicos formados lahares, ignimbritas, capas de pómez ceniza y algunos depósitos fluviales que constituyen la llamada formación Tarango.

Al norte y Poniente la planicie esta en contacto con las laderas de la Sierra de Tepetzotlán y la de Monte Alto, constituidas por suelos tobáceos y pumíticos originados por lluvias de ceniza.

---

Al sur esta en contacto con las laderas de la Sierra de las Cruces, constituidas Por lavas, tobas, fenobasaltos y andesitas.

Las formaciones geológicas de los suelos que se localizan en esta zona son de origen aluvial y volcánico. En términos generales los suelos superficiales contienen restos de materia vegetal de poco espesor ( uno o dos metros ), posteriormente se encuentran los suelos correspondientes a las series clásticas fluvial y aluvial que están constituidos por materiales granulares aluviales y por depósitos superficiales de formación lacustre, principalmente arcillosa con intercalaciones de pómez, arena negra y vidrio volcánico; los depósitos de las formaciones de la sierra de la Cruces que son básicamente de las formaciones Tarango y Becerra constituidas principalmente por brecha andesítica con intercalaciones de pómez, arena y limo; así como de las sierras de Tepotzotlan y de Guadalupe constituidos por numerosos horizontes de toba, ceniza y capas de pómez.

El diseño de cimentaciones en el Distrito Federal y Zonas Metropolitanas aledañas presentan dificultades muy superiores a las que se encuentran en otras zonas urbanas. Retomando la historia geológica de esta zona, el valle de México es la unidad geográfica limitada al norte por las sierras de Tepotzotán, Tezontlalpan y Pachuca; al Sur por las sierras de Cuauhtzin y Ajusco, y al Oeste por las sierras de las cruces, Monte alto y Monte bajo.

De acuerdo a los resultados de los sondeos de exploración realizados las características estratigráficas del subsuelo en el sitio en general para los primeros 20 metros son las siguientes: entre la superficie y 5m de profundidad se encuentran capas interestratificadas de arena arcillosa, arcilla arenosa y arena poco limosa, de depósito aluvio lacustre, de consistencia media a firme los materiales de carácter friccionante; a continuación se tiene un depósito de arcillas lacustres de consistencia firme con espesor variable entre 4 y 6 m intercalados con estratos delgados de arena; finalmente a partir de una profundidad del orden de 10 m se tienen depósitos aluvio lacustre, predominando los aluviales de arena arcillosa, arcilla arenosa y arena limosa muy compactos. Las características estratigráficas descritas corresponden a lo que se ha denominado zona de transición entre depósitos predominantemente lacustres y depósitos pétreos, característicos de las riberas de lagos en la proximidad de sierras y lomerios. El sitio de interés se ubica en lo que eran las riberas de la laguna de Zumpango que en una época formaba un solo Lago junto con el Lago de Texcoco.

Las características estratigráficas y físicas del subsuelo determinadas en los dos sondeos realizados en años anteriores y más próximos al área seleccionada para la ejecución de pruebas de permeabilidad son las siguientes:

**SONDEO MIXTO SM-1**

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
0.00 - 0.60	Arcilla limo arenosa, café claro, contenido de agua de 15 % , de consistencia dura; índice de resistencia a la penetración estándar 15 golpes.
0.60 - 2.00	Arena poco arcillosa, café claro, de compacidad media contenido natural de agua de 11%, límite líquido de 29%, límite plástico de 13%, índice plástico de 16%, cohesión de 7.8 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 9 grados y peso volumétrico de 1.82 ton / m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU; granulometría compuesta por 66% de arena y 34 % de finos; índice de resistencia a la penetración estándar de 17 golpes y clasificación CL de acuerdo al SUCS
2.00 - 5.00	Arcilla arenosa, café claro, de consistencia dura ,contenido natural de agua de 18%, límite líquido de 27%, índice plástico de 10%; cohesión de 4.5 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 16 grados y peso volumétrico de 1.91 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU; granulometría compuesta por 66% arena y 34 % finos; índice de resistencia a la penetración estándar de 20 golpes y clasificación CL de acuerdo al SUCS.
5.00 - 5.60	Arcilla gris obscuro, con raíces fósiles, de consistencia muy dura, contenido natural de agua de 35%, límite líquido de 82%, límite plástico de 28%, índice plástico de 7%; índice de resistencia a la penetración estándar de 20 golpes y clasificación CH

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
5.60 - 6.00	Arcilla gris obscuro, con raíces fósiles, de consistencia muy dura, contenido natural de agua de 13%, índice de resistencia a la penetración estándar de 19 golpes y clasificación CL de acuerdo al SUCS.
6.00 - 6.60	Arcilla gris obscuro, con poca arena fina con contenido natural de agua de 25% índice de la resistencia a la penetración estándar de 18 golpes y granulometría de 19% de arenas y 81% de finos, densidad de sólidos de 2.48.
6.60 - 8.00	Arcilla gris obscuro, contenido natural de agua de 42%, limite líquido de 127.2%, limite plástico de 132.5%; cohesión de 6.7 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 6 grados y peso volumétrico de 1.46 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión triaxial rápida UU y clasificación CH de acuerdo al SUCS.
8.00 - 8.60	Arcilla gris obscuro, con poca arena fina, de consistencia muy dura, contenido natural de agua de 33%, índice de resistencia a la penetración estándar de 24 golpes.
8.60 - 9.20	Arcilla gris obscuro de consistencia muy dura, contenido natural de agua de 28% índice de resistencia a la penetración estándar de 29 golpes.
9.20 - 10.60	Arcilla arenosa fina gris verdoso, de consistencia muy dura, contenido natural de agua de 28.5%, limite líquido de 31%, limite plástico de 17%, índice plástico de 14%; cohesión de 6 ton/m <sup>2</sup> , peso volumétrico de 1.2 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión simple y clasificación CL de acuerdo al SUCS.

---

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
10.60 - 13.50	Arcilla arenosa fina gris verdoso, de consistencia muy dura, contenido natural de agua de 39%, cohesión de 2.2 ton/m <sup>2</sup> , y peso volumétrico de 1.82 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión simple; índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 40 y 50 golpes, granulométricamente compuesta por 15% de arenas y 85% de finos.
13.50 - 16.00	Arena fina gris verdoso poco arcillosa, de compacidad muy densa contenido natural de agua de 26%, cohesión de 2.2 ton/m <sup>2</sup> y peso volumétrico de 1.942 ton/m <sup>3</sup> , determinados en prueba de compresión simple ; índice de resistencia a la penetración estándar mayor a 50 golpes.
16.00 - 16.50	Arcilla limo arenosa, gris, con grumos duros, contenido natural de agua de 40%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor a 50 golpes.
16.50 - 17.20	Limo arenoso fino, gris, grumoso, contenido natural de agua de 41%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor a 50 golpes.
17.20 - 18.10	Arena fina limosa, gris, con poca arcilla en la parte inferior del estrato, contenido natural de agua de 33%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor a 50 golpes.
18.10 - 18.90	Limo arenoso, gris verdoso, contenido natural de agua de 33%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor a 50 golpes.

PROFUNDIDAD (m)  
18.90 - 20.00

DESCRIPCION

Arena fina limosa, gris verdoso, con contenido natural de agua de 28%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor de 50 golpes.

SONDEO EXPLORATORIO SE - 1

PROFUNDIDAD (m)  
0.00 - 2.40

DESCRIPCION

Arcilla arenosa, café, con raíces, contenido natural de agua promedio de 19.5%. límite Plástico de 17% e índice plástico de 20%, índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 4 y 10 golpes siendo 7 golpes el promedio, clasificación de acuerdo al SUCS CL.

2.40 - 3.80

Arcilla gris oscuro, contenido natural de agua promedio de 30%, límite líquido de 48%, límite plástico de 17% e índice plástico de 31%, índice de resistencia a la penetración estándar medio de 13 golpes, clasificación de acuerdo al SUCS CL.

3.80 - 4.20

Arcilla arenosa, gris oscuro, contenido de agua promedio de 28%, granulometrías compuesta por 40 % de arenas y 60% de finos, índice de resistencia a la penetración estándar de 17 golpes.

4.20 - 5.00

Arcilla gris oscuro, contenido natural de agua de 25%, índice de resistencia a la penetración estándar de 14 golpes.

5.00 - 5.40

Arcilla arenosa, gris oscura, de consistencia media, contenido natural de agua de 24%, índice de resistencia a la penetración estándar de 11 golpes.

---

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
5.40 - 8.00	Arcilla gris obscuro, de consistencia blanda a media, contenido natural de agua promedio de 65%, limite líquido de 104%, limite plástico de 46% e índice plástico de 58%, índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 8 y 23 golpes, granulométricamente compuesta por 2% de arena y 98 % de finos, densidad de sólidos igual a 2.45.
8.00 - 9.00	Arcilla gris verdoso, con poca arena fina, de consistencia media, contenido natural de agua promedio de 25%, limite líquido de 30%, limite plástico de 15% e índice plástico de 15%, índice de resistencia a la penetración estándar medio de 32 golpes.
9.00 - 9.80	Arcilla arenosa fina, gris verdoso, de consistencia media, contenido natural de agua de 28%, índice de resistencia a la penetración estándar de 30 golpes.
9.80 - 10.20	Limo arcilloso gris verdoso, de consistencia dura, grumoso y quebradizo, contenido natural de agua de 43%, índice de resistencia a la penetración estándar de 30 golpes.
10.20 - 12.00	Limo arcilloso, gris verdoso, de consistencia dura, grumoso y quebradizo, contenido natural de agua promedio de 28%, limite líquido de 51.8%, limite plástico de 27% e índice plástico de 24.8%, granulométricamente compuesta por 16% arena y 84% de finos, índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 22 a 39 golpes, clasificación de acuerdo al SUCS CH-MH
12.00 - 13.20	Arcilla limosa, gris verdoso, contenido natural de agua promedio de 41%, índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 34 y 49 golpes.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
13.20 - 16.50	Arena fina poco limosa, gris verdoso, compacidad muy densa, contenido natural de agua promedio de 18.8%, densidad de sólidos de 2.52, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor a 50 golpes, granulométricamente compuesta por 41% de arenas y 59 % de finos.
16.50 - 17.00	Limo arenoso fino, gris verdoso, contenido natural de agua de 35%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor a 50 golpes.
17.00 - 17.55	Arena fina limosa, gris verdoso, contenido natural de agua de 27%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor a 50 golpes.
17.55 - 18.90	Arcilla limo arenosa fina, gris verdoso, contenido natural de agua de 36%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor de 50 golpes.
18.90 - 19.30	Arena fina limosa, gris verdoso, contenido natural de agua de 22%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor de 50 golpes.
19.30 - 20.00	Limo arcilloso con arena, gris verdoso, contenido natural de agua de 20%, índice de resistencia a la penetración estándar de mayor a 50 golpes.

En general las características estratigráficas de los materiales del subsuelo, definidas mediante el Sondeo Exploratorio SE-1" realizado, presenta la siguiente secuencia:

**SONDEO EXPLORATORIO SE-1"**

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
0.00 - 20.00	Avance con broca tricónica, las características de los materiales en este espesor, se tomaron de los sondeos realizados con anterioridad en el predio de interés.
20.00 - 20.35	Arcilla poco limosa, gris , con escasa arena fina, con contenido de agua promedio de 42 % , de consistencia dura , índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 31 golpes
20.35 - 20.70	Arena fina media, poco limosa, gris, con contenido de agua medio de 26 %, de compacidad media, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 18 golpes.
20.70 - 21.25	Arcilla poco limo arenosa, gris, con contenido de agua medio de 40%, de consistencia muy firme, índice medio de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 25 golpes.
21.25 - 23.00	Arena fina a media, poco limosa, gris claro, con contenido de agua medio de 21%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de composición granulométrica de 16% de grava, 66% de arena y 18% de finos.
23.00 - 23.60	Arcilla poco limo arenosa, fina, gris con contenido de agua medio de 26%, de consistencia dura, índice medio de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
23.60 - 24.20	Arena fina a media, poco gruesa, gris, con escaso limo, contenido de agua medio de 18%, compacta, índice medio de resistencia a la penetración estándar(IRPE) de más de 50 golpes.
24.20 - 30.20	Arcilla poco limosa, gris verdoso, con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 33%, de consistencia variable de muy firme a dura, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de más de 50 golpes.
30.20 - 31.40	Arcilla gris, con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 30%, de consistencia dura, índice medio de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes.
31.40 - 33.60	Arcilla poco limosa, gris y gris verdoso oscuro, con contenido de agua medio de 33%, de consistencia variable de muy firme a dura, índice medio de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 25 a más de 50 golpes.
33.60 - 34.80	Arcilla poco limosa gris, con algunas gravas hasta 1/2", con contenido de agua medio de 16%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes; de composición granulométrica de 44% de gravas, 44% de arena y 12% de finos.
34.80 - 37.20	Arcilla poco limosa, gris oscuro, con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 37%, de consistencia muy firme, índice de resistencia a la penetración estándar(IRPE) medio de 27 golpes; de composición granulométrica de 4% gravas y 27% finos.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
37.20 - 34.80	Arcilla, gris verdoso oscuro, con poca arena fina, con contenido de agua medio de 35%, de consistencia dura, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes.
38.40 - 39.00	Arena fina, media y gruesa, poco arcillosa, Gris, con contenido de agua medio de 23%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes, compacta.
39.00 - 40.80	Arcilla poco limosa, gris y gris verdoso, con poca arena fina, con contenido de agua medio variable de 27 a 64% de consistencia dura, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes.
40.80 - 42.60	Arena poco limosa, gris con algunos grumos duros del mismo material, con contenido de agua medio de variable de 49%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes.
42.60 - 53.00	Arcilla poco limosa, gris claro y café grisáceo, con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 29%, de consistencia dura, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes.
53.00 - 56.00	Arcilla arenosa, café grisáceo, con algunas gravillas, con contenido de agua medio de 30% de consistencia dura, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
56.00 - 56.40	Arcilla poco limosa, gris claro y café grisáceo, con arena fina, con contenido de agua medio de 46%, de consistencia dura, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes.
56.40 - 59.00	Limo poco arcilloso, café con poca arena fina, con contenido de agua medio de 26%, de consistencia dura, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes.
59.00 - 62.00	Arena poco limosa, gris, con contenido de agua medio de 22%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes, compacta; de composición granulométrica de 65% gravas, 54% de arena y 40% de finos.
62.00 - 70.60	Arena fina limosa, gris, con contenido de agua medio de 29%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de más de 50 golpes, compacta.

#### 10- CALCULO DE PERMEABILIDADES

Con los datos obtenidos en campo se procedió a determinar el coeficiente de permeabilidad de cada uno de los estratos del subsuelo en los que se realizaron las pruebas, aplicando la siguiente expresión <sup>1</sup>

$$K = \frac{Q}{CH}$$

<sup>1</sup> Instrucciones generales para la ejecución de pruebas de permeabilidad tipo Lefranc. Consultivo Técnico, S:A:R:H

donde :

K= coeficiente de permeabilidad del estrato, en m/seg

Q= gasto infiltrado en la cámara filtrante, en m<sup>3</sup>/seg

H= carga hidráulica media de la cámara filtrante, correspondiente al nivel de estabilización del agua en m.

C= coeficiente de forma de la cámara filtrante, dado por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{2\pi}{2.3036} \log_{10} \left( \frac{d \left( L + \frac{L^2 - 1}{d} \right)}{d \left( \frac{L^2 - 1}{d} \right)} \right)$$

siendo :

L= longitud de la cámara filtrante, en m .

d= diámetro de la cámara filtrante, en m

A continuación se presentan los resultados de las permeabilidades obtenidas en los estratos en los que se realizó cada prueba :

Profundidad de la cámara filtrante (m)	Permeabilidad K (cm/seg)
De 6.0 a 25.0	$6.86 \times 10^{-7}$
De 20 a 40.0	$1.30 \times 10^{-6}$
De 20 a 60.0	$2.28 \times 10^{-6}$
De 20 a 70.0	$7.25 \times 10^{-5}$

En las figuras 12 a 15 se presenta un perfil del subsuelo y sus permeabilidades correspondientes de acuerdo con las pruebas realizadas. Las permeabilidades obtenidas corresponden a considerar una permeabilidad media uniforme en los materiales que se encuentran al nivel en que se ubica la cámara filtrante.

Dado que el espesor en que se perforaron las cámaras filtrantes se tienen estratos de suelo con características de permeabilidad diferentes, las permeabilidades determinadas se deben de manera importante a la capa de mayor permeabilidad existente a nivel de la cámara filtrante.

En general se encontró que hasta la profundidad en que se efectuaron pruebas de permeabilidad los materiales tienen un contenido de finos suficiente para hacerlos poco permeables, por lo que tienen poca capacidad para ubicar en ellas pozos de absorción con gastos capaces de inyectar al subsuelo el agua que se pretende infiltrar.

#### 11- GASTOS DE ABSORCION

De acuerdo a las pruebas de permeabilidad ejecutadas, se concluye que los materiales que ofrecen mayores permeabilidades de los estratos explorados se encuentran entre 50 y 70 m de profundidad.

Se calculó el gasto que es posible infiltrar en el subsuelo a través de los estratos existentes entre 50 y 70 m de profundidad mediante la construcción de pozos de absorción de diferentes diámetros de cámara filtrante, mediante la siguiente fórmula:

$$Q = KCH$$

donde :

Q= gasto que es posible infiltrar con una carga hidráulica H, en m<sup>3</sup>/seg  
C= coeficiente de forma de la cámara filtrante.

En los análisis se consideró una permeabilidad de  $7.25 \times 10^{-5}$  cm/seg y una carga hidráulica de 50m para una cámara de infiltración ubicada entre 20 y 70 m de profundidad; obteniéndose los gastos de absorción que se indican a continuación, para diferentes diámetros de cada cámara filtrante:

DIAMETRO DEL POZO DE ABSORCIÓN (m)	GASTO DE ABSORCIÓN DEL POZO (LTS/SEG)
0.10	1.64
0.15	1.75
0.20	1.83
0.25	1.90
0.30	1.96

De acuerdo con los resultados anteriores y las dimensiones y operación de las cisterna de almacenamiento se escogerá la opción en cuanto al número y diámetro de los pozos que económicamente resulte más óptima, sin embargo se recomienda que los pozos que se construyan se realicen en la cercanía al lugar donde se realizaron las pruebas de permeabilidad y con una profundidad de la cámara filtrante entre 20 y 75 m de profundidad, es decir 5 metros adicionales a los explorados con el objeto de suministrar a éstos un gasto mayor al especificado.

## **12.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**

A continuación se presentan las recomendaciones generales para la instalación de los pozos de absorción.

Pozos a 75m de profundidad.

- a) Se perforará hasta 75m de profundidad con un diámetro de 10 cm mayor al diámetro que tendrá el pozo a la profundidad de la cámara filtrante, utilizando como fluido de perforación, así como para mantener estables las paredes de la perforación, lodo bentonítico.
- b) Se introducirá un ademe metálico ciego cuyo diámetro exterior sea de 5cm menor al diámetro de la perforación y se hincará hasta 20 m de profundidad, procediendo enseguida a extraerse todo el lodo bentonítico que quedó dentro del ademe, mediante la inyección de agua limpia suficiente para limpiar la barrenación.
- c) Se sellará el espacio anular que quede entre el ademe y las paredes de la perforación inyectando mediante un tubo que llegue al fondo de la perforación, con una lechada agua - cemento. Para no tener infiltraciones del pozo hacia los materiales superior. (ver figura 33).
- d) Una vez fraguado el cemento, indicado en el inciso, se procederá con la perforación de la cámara filtrante, utilizándose como fluido de perforación y transporte de azolve únicamente agua. Esta longitud de perforación se debe hacer con la mayor rapidez posible.
- e) Durante la perforación de la cámara filtrante se deberán extraer muestras de la cámara, las que deberán ser entregadas a la supervisión para su análisis.

- f) Inmediatamente al término de la perforación del pozo se procederá a su lavado, inyectando agua con una bomba en forma continua e ininterrumpida, hasta que el brocal del pozo esté brotando agua limpia, libre de sólidos y coloides en suspensión.
- g) Se deberán extraer todos los sedimentos sólidos depositados en el fondo de la excavación.
- h) Una vez efectuada la limpieza del pozo se introducirá un ademe metálico ranurado a cedazo, en la parte inferior y ciego en la parte superior, de diámetro 10 cm menor al diámetro del pozo . El ranurado quedará a la profundidad en que se encuentre la cámara filtrante, como se muestra en la figura 33
- i) Se rellenará el espacio que quede comprendido entre el cedazo y la pared de la excavación con un material de filtro que cumple con la granulometría indicada en la figura 34. Se deberá tener cuidado de no introducir material de filtro dentro del ademe ranurado.
- j) En caso de requerirse más de un pozo de absorción se ubicarán con una separación de 10m entre si.
- k) Con el objeto de no disminuir la permeabilidad del manto permeable por la infiltración de partículas finas a la cámara filtrante, se deberá dejar reposar el agua por inyectar al subsuelo, que podrá ayudar utilizando un floculante.
- l) Se procederá posteriormente al pistoneado del pozo, procediendo de inmediato a probar la capacidad de filtración del pozo ya instalado.

### **13- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Para conocer las características estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo en el sitio de interés se realizaron 4 sondeos de tipo mixto, denominados SM-1 a SM-4, con profundidad de 20m los sondeos SM-1 y SM-2 y de 15m los sondeos SM-3 y SM-4, cuatro sondeos de tipo exploratorio denominados SE-1 a SE-4 con profundidad de 15m, los sondeos SE-3 y SE-4 , y nueve pozos a cielo abierto a 3m de profundidad denominados PCA-1 a PCA-9.

Los sondeos mixtos se efectuaron combinando el muestreo inalterado con muestreador Shelby, con el muestreo alterado mediante la realización de la prueba de penetración estándar. El muestreo inalterado se llevó a cabo con tubos de acero de pared delgada de 10cm de diámetro y 1m de longitud con el extremo inferior afilado y unido al superior a un cabezal con una válvula que permite el alivio de la presión durante el hincado.

Las muestras representativas alteradas, se obtuvieron mediante la prueba de penetración estándar, que consiste en determinar el índice de resistencia a la penetración estándar de los materiales atravesados, correspondiente al número de golpes necesarios para hincar 30 cm de penetrómetro estándar, mediante el impacto de un martinete de 63.5 kg que cae libremente desde 76 cm.

Los sondeos exploratorios se realizaron aplicando la prueba de penetración estándar, obteniendo muestras representativa alteradas.

Las características estratigráficas de los depósitos superficiales del subsuelo se determinaron mediante la excavación de nueve pozos a cielo abierto a 3m de profundidad, en los que se obtuvieron muestras inalteradas de los materiales representativos y se registro la estratigrafía de las paredes de los pozos mediante técnicas de clasificación de campo.

En las muestras representativas alteradas obtenidas mediante la prueba de penetración estándar, se hicieron las siguientes pruebas de laboratorio:

- Clasificación visual y al tacto, en húmedo y en seco
- Contenido de agua
- Límites de consistencia y / o granulometría
- Densidad de sólidos

En las muestras inalteradas obtenidas mediante muestreo con tubo Shelby y el labrado de muestras cúbicas de los pozos a cielo abierto, además de las anteriores pruebas, se hicieron:

- Compresión axial no confinada
- Peso volumétrico natural
- Compresión triaxial no consolidada -no drenada
- Consolidación unidimensional

En las muestras cúbicas inalteradas labradas de la subrasante en los pozos a cielo abierto excavados, se hicieron las siguientes pruebas de laboratorio:

- Clasificación visual y al tacto, en húmedo y en seco
- Contenido de agua
- Límites de consistencia
- Saturación bajo carga
- Contracción lineal
- Próctor estándar
- Valor relativo de soporte (CBR), en estado inalterado
- Valor relativo de soporte en muestra recompactada al 90% incorporando al material 4 % de cal.
- Valor relativo de soporte, en muestra recompactada al 90 %, incorporando al material 2 % de cal.

Las pruebas de laboratorio se realizaron siguiendo las especificaciones establecidas en el manual de laboratorio de la S.A.R.H.

De acuerdo a los resultados de los sondeos de exploración realizados las características estratigráficas del subsuelo en el sitio en general son las siguientes entre la superficie y 5m de profundidad se encuentran capas interestratificadas de arena arcillosa, arcilla arenosa y arena poco limosa, de depósito aluvio - lacustre , De consistencia media a firme los materiales de carácter cohesivo y de compacidad media los materiales de carácter friccionante ; a continuación se tiene un depósito de arcillas lacustres de consistencia firme con espesor variable entre 4 y 6 m intercalado por estratos delgados de arena; finalmente a partir del orden de una profundidad de 10m se tienen depósitos aluvio - lacustre predominando los aluviales, de arena arcillosa, arcilla arenosa y arena limosa muy compactos. Las características estratigráficas corresponden a la que se ha denominado como zona de transición entre depósitos pétreos, característicos de las riberas de lagos .en la proximidad de sierras o lomerios.

El nivel freático se detecto en promedio a 7.0m de profundidad, respecto al nivel del terreno actual en la fecha en que se realizó la exploración se consideró que hasta la máxima profundidad explorada no se presentó abatimientos piezométricos.

Del análisis de la figura 83(a) se concluye que en general los depósitos arcillosos son preconsolidados presentándose una presión de preconsolidación del orden de 15 ton/m<sup>2</sup> mayor que la presión efectiva de los materiales del subsuelo.

Considerando las características arquitectónicas y estructurales de los edificios proyectados, en particular la magnitud y distribución de las cargas que la estructura transmitirá a la cimentación que de acuerdo al estructurista se muestran en la figura 2, considerando una carga viva de 350 kg/cm<sup>2</sup>; y las propiedades estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo en particular que entre 1.2 y 9.0m de profundidad se tienen materiales arcillo arenosos de resistencia media y baja compresibilidad, subyacentes por un depósito de arcilla lacustre muy preconsolidada; en base a lo anterior se juzga que la alternativa de cimentación más adecuada será mediante zapatas corridas, desplantadas a 1.2m de profundidad, respecto al nivel actual de la superficie del terreno, en la figura 91 se muestra la distribución de zapatas consideradas en los análisis .

Considerando los resultados de los trabajos de exploración del subsuelo y de las pruebas de laboratorio, se encontró que la resistencia del esfuerzo cortante de los depósitos superficiales del subsuelo aumenta al alejarse del Río Cuautitlán ,en base a ello se definieron tres zonas con límites que se muestran en la figura 83(b); en la zona I correspondiente a la más alejada al río se consideraron como condiciones medias de los materiales de apoyo de las zapatas un índice de resistencia a la penetración estándar de 24 golpes, una cohesión de 4.5 ton/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna de 12° obtenidos en las pruebas de compresión triaxial no consolidada - no drenada realizadas en la zona II correspondiente a la parte intermedia se tiene un índice de resistencia a la penetración estándar de 18 golpes, una cohesión de 3.5 ton/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna de 10° y en la zona III, la más próxima al río, se tiene un índice de resistencia a la penetración estándar de 10 golpes, una cohesión de 2.5 ton/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna de 8°.

A continuación se presentan los resultados del análisis de la cimentación elegida.

Para el dimensionamiento de las zapatas se deberá considerar que el Reglamento de Construcciones indica tomar la carga que resulte mayor de las siguientes condiciones:

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

En el caso de la combinación de cargas (en particular los que incluyan solicitaciones sísmicas) que den lugar a excentricidades actuando a una distancia "e" del eje centroidal del cimiento, el ancho efectivo de éste deberá considerarse igual a:

$$B' = B - 2e$$

Donde:

B' : ancho reducido, en m

B: ancho de la zapata, en m

e= excentricidades con respecto al centroide de área de cimentación.

De acuerdo a las características estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo en el sitio de interés, el coeficiente sísmico que deberá considerarse en el análisis dinámico será de 0.32

Considerando la combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad máxima, más el peso de la cimentación, afectadas por un factor de 1.4, deberá verificarse que la desigualdad siguiente se satisfaga:

$$\frac{\sum QF_c}{A} < RF_R$$

Donde:

$\sum Q$ : Suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada en, ton.

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

A= Area de apoyo de la zapata de cimentación, en, m<sup>2</sup>

R= Capacidad de carga de los materiales que subyacen a la zapata de cimentación.

$F_R$ = Factor de resistencia igual a 0.7

Considerando la combinación de cargas permanentes y cargas vivas con intensidad instantánea y acción accidental más crítica (sismo), más el peso de la cimentación, afectadas por un factor de carga de 1.1, deberá comprobarse que la desigualdad siguiente se satisfaga:

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

Donde:

$F_c$ = Factor de carga, que para este caso es igual a 1.1

$R$ = Capacidad de carga de los materiales que subyacen a la zapata de cimentación.

$F_R$ = Factor de resistencia igual a 0.7

Para estimar los asentamientos que sufrirán las estructuras a largo plazo por efecto de las deformaciones elásticas y viscoplásticas, que provocarán los materiales del subsuelo las sobrecargas impuestas por el proyecto se consideró la distribución de zapatas mostradas en la figura 91, las que aplicaron una presión de contacto de 7 ton/m<sup>2</sup>, además considerando que para sobreelevar el nivel de piso al nivel del andén se empleará un terraplen, como se indica en la figura 92 y 93, se consideró el área cubierta por las estructuras una sobrecarga uniformemente distribuida de 1.8 ton/m<sup>2</sup>, y finalmente el incremento de carga debido al almacenamiento en los locales comerciales se consideró el arreglo en la figura 93, con algunos locales con la carga máxima de estiba de 2 ton/m<sup>2</sup>, otros con una carga media de 1 ton/m<sup>2</sup> y otros sin carga.

En el análisis se empleó un programa de computadora que determina la distribución del incremento de esfuerzos en el subsuelo por efectos de las cargas aplicadas de acuerdo a la teoría de Boussinesq y en base a estos los asentamientos tomando en cuenta las presiones efectivas actuales del subsuelo y las características de estratificación y compresibilidad de los depósitos arcillosos afectados por las sobrecargas aplicadas, considerando la variación de estos últimos en el área cubierta por el proyecto. Se obtuvieron los asentamientos que se muestran en la figura 93, considerando la cimentación flexible, es decir sin modificar los movimientos por efecto de la rigidez de la estructura, resultando valores admisibles tanto en cuanto a los valores de los asentamientos totales como los hundimientos diferenciales, aun considerando que algunos locales mantuvieron condiciones de estiba máxima junto a otros vacíos por periodos importantes.

En base a lo anterior el peralte de las contratrabes de las zapatas considerado de 2m, de acuerdo al croquis de la figura 94, se considera suficiente y dará lugar a que prácticamente se reduzcan a valores mínimos los hundimientos diferenciales.

A continuación se indica el procedimiento constructivo para la excavación que alojará a las zapatas de cimentación:

- a) Las excavaciones necesarias para alojar a las zapatas de cimentación se podrán hacer empleando maquinaria hasta 0.2m arriba del nivel de desplante, en la última capa se excavará a mano para evitar el remoldeo del material de apoyo.
- b) Deberá verificarse que al nivel de desplante recomendado no se tengan rellenos en cuyo caso deberán eliminarse y sustituirse con tepetate compactado al 95% en capas de 15cm de espesor.
- c) Una vez alcanzado el nivel de desplante recomendado, se deberá verificar que no existan materiales de relleno a la profundidad de desplante recomendada.
- d) Se colocará a la brevedad posible una plantilla de concreto pobre que proteja al material de remoldeo y fisuramiento por pérdida de humedad.
- e) Se procederá a colocar el armado y colocar las zapatas.

El nivel de piso de andenes se eligió para compensar cortes y terracerías, considerando que los materiales que se excaven para alojar los pavimentos se emplearon en la construcción de terraplenes sobre los que se apoyará la loza de piso al nivel de andén.

Para efectos del presente análisis que el nivel de piso terminado de andén será de 0.85m, respecto al nivel medio de la superficie o actual del terreno, como se indica en la figura 95. La elección definitiva del nivel de piso de andén deberá hacerse mediante un análisis más detallado del movimiento de tierra que considere la topografía actual de la superficie del terreno y los volúmenes de excavación y de terracerías de es la siguiente:

1.- Se despalmara la superficie completa, dentro del área en que se efectuará el movimiento de tierras a una profundidad de 15cm. El material producto del despalme que contenga materia orgánica se retirará del área al lugar indicado por la dirección de obra, el material restante se acamellonará en los linderos del área para ser usado en la construcción de los terraplenes en los que se apoyará la loza de piso del nivel de andén.

2.- En las áreas en las que se vaya a colocar el terraplén, antes de su construcción se deberán escarificar la superficie del terreno natural hasta una profundidad de 15cm, compactándolo al 90% proctor estándar.

3.- Todas las referencias topográficas existentes en el lugar se respetarán durante la construcción, tales como; alineamientos, niveles, señalamientos, etc, reponiéndose en que caso de que se dañen o alteren.

4.- A fin de poder emplear en la construcción de los terraplenes los materiales arcillosos producto de las excavaciones que alojarán los pavimentos y dado que éstos son plásticos se les adicionará cal hidratada en un porcentaje de 4% en peso, aproximadamente.

5.- En caso de requerirse material importado para la construcción del terraplén podrán ser utilizadas mezclas de gravas, arenas y material fino (tepetate) que satisfagan las siguientes especificaciones:

Límite líquido	40% máximo
Índice Plástico	20% máximo
Contracción lineal	5% máximo
Valor relativo de soporte (CBR)	10% mínimo
Contenido de agua óptimo	30% máximo -
Peso volumétrico seco máximo	1.3 ton/m <sup>3</sup> mínimo

6.- Los materiales con los que se construirán las plataformas se disgregarán hasta el grado de no presentar grumos o terrones y se mezclarán en forma mecánica hasta obtener una revoltura homogénea en su constitución y granulometría, incorporando cal hidratada en un porcentaje de 4% en peso.

7.- Los materiales que constituirán los terraplenes ya mezclados y con el contenido de agua óptimo, previamente determinado en el laboratorio, se colocarán en capas de 20 cm de espesor, como máximo, compactadas al 90 % de su peso volumétrico seco máximo según la prueba proctor estándar, hasta alcanzar el nivel del lecho inferior de la loza de piso del nivel de andén empleando rodillo pata de cabra.

8.- Se deberán efectuar pruebas de compactación en las capas compactadas para verificar el porcentaje de compactación alcanzado en la construcción. Se recomienda hacer una prueba de consistencia en una cala volumétrica, por cada 50 m<sup>3</sup> de material compactado

9.- Para el control de compactación, se recomienda que desde las primeras capas tendidas se desarrolle un terraplén de prueba, para definir el número de pasadas óptimo con el equipo elegido.

El proceso de compactación será controlado por el laboratorio de mecánica de suelos, usando la expresión:

$$\% \text{ de compactación} = \frac{\gamma_d \text{ sitio}}{\gamma_d \text{ óptimo}} \times 100$$

Requiriéndose como mínimo el 90%

10.- Una vez alcanzado el nivel del lecho inferior del piso de andén se efectuarán las excavaciones que alojarán las zapatas y contratrabes. Deberá preverse la existencia de un muro perimetral que confine los terraplenes; como se muestra en la figura 96.

El pavimento flexible que se construirá en las distintas zonas de circulación de vehículos dentro del centro de Acopio se diseñó aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, Para un período de vida útil de veinte años, considerando que la superficie del terreno natural es sensiblemente horizontal, que los depósitos superficiales del subsuelo son materiales cohesivos y homogéneos en toda el área y que están constituidos por arcilla poco arenosa, café, con distintas tonalidades, cuyo contenido de agua medio es de 22%, valor relativo de soporte en estado natural promedio de 2.9% y en especímenes recompactados al 90% de su peso volumétrico seco máximo PVSM obtenido en la prueba próctor estándar de 5.1% y recompactadas al 95% de su PVM de 8.6%.

De acuerdo a la cantidad de bóvedas y cajones de estacionamiento que contempla el proyecto, se estima que arriba al centro 1000 vehículos diarios, de los cuales el 40% serán de carga y el 60% automóviles y camionetas ligeras, las cuales circularán por diferentes carriles y zonas, dando lugar a que existan áreas con diferente flujo vehicular, lo que dará que como resultado el pavimento tenga área de distintos espesores.

Para el diseño de la sección estructural de pavimentos se consideraron los siguientes parámetros de resistencia de los elementos que la formarán.

CBR suelo de cimentación	2.9%	
CBR Capa Subrasante	15%	Compactada al 90%
CBR Capa sub-base	50%	Compactada al 95%
CBR Capa base	80%	Compactada al 98%

El valor relativo de soporte crítico,  $CBR_c$  se obtuvo mediante la siguiente expresión:

$$CBR_c = CBR (1-CV)$$

En la cual:

CBR: valor relativo de soporte

C: factor que depende del nivel de confianza, considerando de 80%

V: coeficiente de variación de los valores de prueba, considerada de 15% para el suelo natural y 5% para los otros materiales.

Se obtuvieron los siguientes valores del valor relativo de soporte crítico:

CBRc suelo natural	2.6%
CBRc capa subrasante	14.4%
CBRc capa sub-base	48%
CBRc capa base	76.8%

Se estimo que el tránsito diario anual inicial, TPDA, será de 1000 vehículos, que

Tipo de vehículo	TPDAi	Composición	Proporción	
			Cargados	Vacios
T3-S2 Tractor de 3 ejes con Semiremolque de dos ejes	60	0.06	1	0
T2-S2 Tractor de 2 ejes con Semiremolque de 2 ejes	20	0.02	1	0
C-3 Camión de 3 ejes	160	0.16	1	0
C-2 Camión de 2 ejes	80	0.08	0.5	0.5
A'-2 Camión ligero con Capacidad hasta de 3ton	80	0.08	0.1	0.9
A2 Automóvil	600/E1000	0.60/E1.0	0	1

El tránsito equivalente o número de cargas estándar, de 8.2 ton por eje, acumulado al final del período de análisis,  $\Sigma L$ , requiere de la determinación de los coeficientes de daño por eje y por vehículo, el que se calculo mediante el empleo de la siguiente expresión:

$$\Sigma L = (TDPA) (C_D) (C_T) \sum_{i=1}^p C_i (w_i \Sigma dm + (1 - w_i) \Sigma dv)$$

Donde:

$C_i$  = proporción de cada tipo de vehículo (i) en la corriente de tránsito (composición).

$C_D$  = proporción del número de vehículos en el carril de proyecto (distribución direccional)

$C_T$  = coeficiente de acumulación del tránsito al cabo de veinte años de operación, con una tasa de crecimiento anual de 3%, obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$C_T = 365 \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{R} \right]$$

En la cual:

$n$  = número de años de servicio

$r$  = tasa de crecimiento anual

$dm$  = coeficiente de daño del vehículo tipo i cargado

$dv$  = coeficiente de daño del vehículo tipo i vacío

$TDPA$  = volumen de tránsito diario promedio anual en el año inicial de operación.

$W_i$  = proporción de vehículos cargados por cada tipo de vehículo, i

$\Sigma L$  : número de aplicaciones de carga estándar producidas por p tipo de vehículos durante n años.

Los coeficientes de daño varían con la profundidad y el tipo de vehículo, se considero las condiciones correspondientes a un camino tipo "B", se tendrán los siguientes coeficientes:

Tipo de vehículo		Coeficiente de daño bajo carga máxima (dm)				Coeficiente de daño vacío de (dv)			
		Z=0	Z=15	Z=30	Z=60	Z=0	Z=15	Z=30	Z=60
T3-S2	1*	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.079	0.019	0.010
	2*	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.017	0.017	0.001
	3**	<u>2.000</u>	<u>1.615</u>	<u>1.072</u>	<u>1.089</u>	<u>2.000</u>	<u>0.017</u>	<u>0.017</u>	<u>0.001</u>
	Σ=	5.000	3.491	2.250	2.249	5.000	0.113	0.053	0.012
T2-S2	1*	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.071	0.016	0.009
	2*	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.071	0.016	0.009
	3***	<u>2.000</u>	<u>1.615</u>	<u>1.072</u>	<u>1.089</u>	<u>2.000</u>	<u>0.012</u>	<u>0.001</u>	<u>0.001</u>
	Σ=	4.000	3.110	2.661	2.790	4.000	0.154	0.033	0.019
C-3	1*	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.106	0.028	0.016
	2**	<u>2.000</u>	<u>1.615</u>	<u>1.072</u>	<u>1.089</u>	<u>2.000</u>	<u>0.021</u>	<u>0.002</u>	<u>0.001</u>
	Σ=	3.000	1.876	1.178	1.160	3.000	0.127	0.030	0.017

Tipo de vehículo		Coeficiente de daño bajo carga máxima (dm)				Coeficiente de daño vacío de (dv)			
		Z=0	Z=15	Z=30	Z=60	Z=0	Z=15	Z=30	Z=60
C-2	1*	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.044	0.009	0.004
	2*	<u>1.000</u>	<u>1.234</u>	<u>1.483</u>	<u>1.630</u>	<u>1.000</u>	<u>0.044</u>	<u>0.009</u>	<u>0.004</u>
	E=	2.000	1.495	1.589	1.701	2.000	0.088	0.018	0.008
A'2	1*	0.268	0.003	0.000	0.000	0.268	0.001	0.000	0.000
	2*	<u>0.268</u>	<u>0.061</u>	<u>0.023</u>	<u>0.015</u>	<u>0.268</u>	<u>0.001</u>	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>
	Σ=	0.536	0.064	0.023	0.015	0.536	0.002	0.000	0.000

\*Eje sencillo

\*\*Eje tandem

La carpeta se diseño como una capa superficial empleando profundidad de daño Z=0 cm, la base para una profundidad de daño Z=15cm, la sub-base para una profundidad de daño de Z=30cm y para la capa subrasante la profundidad de daño empleada Z=60cm y el número de cargas estándar acunulado al final del análisis  $\Sigma L$ , o tránsito equivalente obtenido en el siguiente:

Area Capa	Camino de Acceso	Calles Laterales	Andenes de circulación y estacionamiento
	$\Sigma L$	$\Sigma L$	$\Sigma L$
Carpeta	$5.2 \times 10^6$	$2.6 \times 10^6$	$1.3 \times 10^6$
Base	$3.1 \times 10^6$	$1.6 \times 10^6$	$0.8 \times 10^6$
Sub-base	$2.2 \times 10^6$	$1.1 \times 10^6$	$0.6 \times 10^6$
Terracerías	$2.2 \times 10^6$	$1.1 \times 10^6$	$0.6 \times 10^6$

Como se estima un buen control de construcción y conservación adecuada se eligió un nivel de confianza  $Q_u=0.7$

Para establecer los espesores equivalentes,  $Z_i$ , mínimos requeridos sobre una capa, se utilizó el nomograma de diseño indicado en el instructivo de Diseño de Pavimentos, correspondiente al nivel de confianza,  $Q_u=7$  y los argumentos de entrada  $\Sigma L$  y  $CBR_c$ , que se muestra en la figura 96

El espesor real de una capa cualquiera se obtiene dividiendo el espesor equivalente de dicha capa por su coeficiente de resistencia estructural, así, que es igual a 2 para carpetas de concreto asfáltico y de 1 para las otras capas. En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos:

Material de capa	$CBR_c$	Espesor equivalente para $Z=0$ cm	Espesor equivalente para $Z=15$ cm	Espesor equivalente para $Z=30$ cm	Espesor equivalente para $Z=60$ cm
Carpeta	-----	$Z_1=17$ cm			
Base	76.8		$Z_2=23$ cm		
Sub-base	48.0			$Z_3=28$ cm	
Subrasante	14.4				$Z_4=75$ cm
Suelo de cimentación	2.6				

Espesor de carpeta (espesor).	$Z_1 = 17$ cm (espesor equivalente), $Z_1 a_1 = 8.5$ cm
Espesor de base	$Z_2 - Z_1 = 23 - 17 = 6$ cm*
Espesor de sub-base	$Z_3 - Z_2 = 28 - 23 = 5$ cm*
Espesor de subrasante	$Z_4 - Z_3 = 75 - 28 = 47$ cm

Considerando razones constructivas y de durabilidad, el espesor del pavimento será :

Capa	Espesor
Carpeta	10cm
Base	15cm
Sub-base	15cm
Terracería	25cm**

Material de capa	CBR <sub>c</sub>	Espesor equivalente para Z=0 cm	Espesor equivalente para Z=15cm	Espesor equivalente para Z=30cm	Espesor equivalente para Z=60cm
Carpeta	-----	Z <sub>1</sub> =14cm			
Base	76.8		Z <sub>2</sub> =20cm		
Sub-base	48.0			Z <sub>3</sub> =25cm	
Subrasante	14.4				Z <sub>4</sub> =70cm
Suelo de cimentación	2.6				

Espesor de carpeta (espesor).	Z <sub>1</sub> = 14cm (espesor equivalente), Z <sub>1</sub> a <sub>1</sub> = 7 cm
Espesor de base	Z <sub>2</sub> -Z <sub>1</sub> = 20-14= 6cm*
Espesor de sub-base	Z <sub>3</sub> -Z <sub>2</sub> = 25-20= 5cm*
Espesor de subrasante	Z <sub>4</sub> -Z <sub>3</sub> = 70-25=45cm

Considerando razones constructivas y de durabilidad, el espesor del pavimento será :

Capa	Espesor
Carpeta	10cm
Base	15cm
Sub-base	15cm
Terracería	20cm**

\*Por especificación el espesor mínimo es de 15cm

\*\* Al aumentar el espesor de la base por especificaciones; se admite reducir el espesor del terraplén.

**ANDEN DE CIRCULACION Y ESTACIONAMIENTO**

Material de capa	CBR <sub>c</sub>	Espesor equivalente para Z=0 cm	Espesor equivalente para Z=15cm	Espesor equivalente para Z=30cm	Espesor equivalente para Z=60cm
Carpeta	-----	Z <sub>1</sub> =11cm			
Base	76.8		Z <sub>2</sub> =18cm		
Sub-base	48.0			Z <sub>3</sub> =23cm	
Subrasante	14.4				Z <sub>4</sub> =65cm
Suelo de cimentación	2.6				

Espesor de carpeta (espesor).	Z <sub>1</sub> = 11cm (espesor equivalente), Z <sub>1</sub> a <sub>1</sub> = 5.5 cm
Espesor de base	Z <sub>2</sub> -Z <sub>1</sub> = 18-11= 7cm*
Espesor de sub-base	Z <sub>3</sub> -Z <sub>2</sub> = 23-18= 5cm*
Espesor de subrasante	Z <sub>4</sub> -Z <sub>3</sub> = 65-23=42cm

Considerando razones constructivas y de durabilidad, el espesor del pavimento será :

Capa	Espesor
Carpeta	7.5cm
Base	15cm
Sub-base	15cm
Terracería	20cm**

El coeficiente de permeabilidad depende fundamentalmente del tamaño promedio de los poros, los que a su vez dependen de la distribución de dimensiones de partículas, forma de las mismas y estructura del suelo. En general cuando más pequeñas sean las partículas, menor será la dimensión media de los poros, e inferior el coeficiente de permeabilidad.

La presencia de un pequeño porcentaje de finos en un suelo de grano grueso, produce un valor de **k (coeficiente de permeabilidad)** significativamente más pequeño que el del mismo suelo sin finos. Para un suelo determinado, el coeficiente de permeabilidad es una función de la relación de huecos. Si el depósito en un suelo esta estratificado como es nuestro caso, la permeabilidad para un flujo paralelo a la dirección de la estratificación es superior a la correspondiente a un flujo perpendicular a la dirección de la estratificación, así mismo en caso que hubiera la presencia de fisuras en una arcilla produce un valor de permeabilidad superior al de un material no fisurado, lo anterior se observa en la siguiente tabla:

Muy buen drenaje ↓		Buen drenaje ↓		Mal drenaje ↓		Prácticamente impermeables ↓	
Coeficiente de permeabilidad (m/s)							
1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup> 10 <sup>-8</sup> 10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-10</sup>
Gravas limpias	Arenas limpias y mezclas de arena con grava		Arenas muy finas, sedimentos y láminas de arcilla-sedimento		Arcillas no fisuradas y arcillas-sedimentarias (>20% arcilla)		
	Arcillas disecadas y fisuradas						

Se efectuó la ejecución de pruebas de permeabilidad en el predio que se encuentra a un costado de la Autopista México - Querétaro y el Rio Cuatitlán, en Tepotzotlán, Estado de México, con la finalidad de conocer la permeabilidad el subsuelo en el predio de interés y en función de ésta, el gasto factible de infiltrar a éstos mediante pozos de absorción, perforados a una profundidad máxima de 70 m de profundidad. La localización del sitio de interés se muestra en la figura 1

Se contempla inicialmente almacenar el agua de lluvia (libre de contaminantes) en una cisterna y posteriormente infiltrarla al subsuelo mediante pozos de absorción.

Con el objeto de determinar la permeabilidad de los materiales del subsuelo y el gasto factible de infiltrar a éstos mediante pozos de absorción perforados hasta una profundidad máxima de 70 m, respecto al nivel actual del terreno se realizó un estudio geotécnico consistente en muestreo y exploración del subsuelo, pruebas de laboratorio y de permeabilidad.

Para determinar las dimensiones que fijan volúmenes de líquido para absorción en función de la permeabilidad del terreno donde se colocarán el pozo o pozos de absorción, se necesitan determinar los siguientes dos datos:

- 1.- Volúmenes de líquidos recibidos en 24 horas por el pozo de absorción provenientes del tanque o cisterna.
- 2.- Determinar la permeabilidad del lugar o lugares escogidos para la localización del los pozos.

El primer punto se determina fácilmente, puesto que la descarga mínima del tanque o cisterna al pozo de absorción es su propio volumen.

El segundo punto se determina prácticamente descargando en el lugar escogido para un pozo una cantidad determinada de líquido observando el tiempo que tarda en absorberse.

Pero como la permeabilidad está en función de las superficies absorbentes, largo, ancho, altura en caso de ser rectangular o bien diámetro, altura en caso de ser cilíndrico, entonces hay que dejar una medida constante y las demás variables en función de las más indicadas.

Por ejemplo, si la capa absorbente tiene un espesor muy grande el diámetro del pozo será menor que en el caso de que esa sea pequeña porque así el diámetro tendrá que ser mayor.

Par la ejecución de las pruebas de permeabilidad se consideraron las características estratigráficas y físicas del subsuelo, determinadas en el predio de interés mediante sondeos de tipo mixto y exploratorios realizados en años anteriores de 15 y 20 m de profundidad, cuyos resultados se muestran en las figuras 4 a 11, se complementó el conocimiento de las características estratigráficas del subsuelo hasta 70 m de profundidad mediante un sondeo Adicional realizado para este estudio y como parte del objetivo del mismo a 70 m de profundidad, muestreando los materiales entre 20 y 70 m y midiendo la resistencia de los materiales a ser atravesados que se muestran en las figuras 12 a 15.

Para determinar las características estratigráficas y físicas de los depósitos del subsuelo en el predio de interés, se efectuó un sondeo de tipo exploratorio a 70 m de profundidad, tomando en cuenta que de acuerdo a los sondeos realizados que se muestran en la figuras 4 a 11 en el sitio de interés en años anteriores con la ubicación que se muestran en la figura 16, se conocen las características estratigráficas y físicas del subsuelo en los primeros 20 m de profundidad del subsuelo y de acuerdo a la correlación de estos datos obtenidos de los sondeos realizados se determinó el área donde se juzgaba más adecuado realizar -----

sondeo exploratorio para conocer las características de los materiales del sitio de interés hasta 70 m de profundidad y por consiguiente realizar en esta perforación las pruebas de permeabilidad previstas.

Inicialmente se realizó el sondeo exploratorio de 0 a 20 m de profundidad avanzando con broca tricónica sin muestreo dado que en esta profundidad ya se tiene información de los materiales, posteriormente y a partir de los 20 m se realizó el sondeo de penetración estándar. (figuras 17 a 21)

En el sondeo exploratorio se obtuvieron muestras representativas alteradas mediante la realización de la prueba de penetración estándar que consiste en hincar 60 cm el penetrómetro estándar que es un tubo hueco de 5.1 cm de diámetro y 3.5 cm de diámetro interior, mediante el impacto de un martinete de 63.5 Kg de peso que cae libremente desde una altura de  $76 \pm 1$  cm; el índice de resistencia a la penetración estándar de los materiales atravesados, corresponde al número de golpes necesarios para hincar los 30 cm intermedios del penetrómetro estándar. En el interior del penetrómetro se obtienen muestras representativas alteradas.

En las figuras 12 a 15 se presentan los perfiles del subsuelo explorado en el sitio de interés a 70 m de profundidad y complementado en sus primeros 20 m con los sondeos realizados en años anteriores.

Para determinar el gasto que es factible infiltrar a los materiales del subsuelo mediante pozos de absorción de diferentes diámetro, se realizaron tres pruebas de permeabilidad del tipo Lefranc, cada una con diferente longitud de cámara filtrante.

Se efectuaron cuatro pruebas de permeabilidad tipo Lefranc a gasto constante a profundidades variables entre 6.0 y 25.0 m de profundidad entre 20 y 40 m de profundidad y entre 20 y 70 m de profundidad, donde se observa que tienen diferentes espesores de la cámara filtrante.

De acuerdo a la información obtenida de los sondeos realizados para el análisis de la cimentación de la estructura proyectada se detectó un manto colgado de aguas freáticas entre 5 y 6 m de profundidad y en la fecha que se realizó la exploración.

En función de la experiencia que se tiene en el área circundante al sitio de interés, las pruebas de permeabilidad que son más adecuadas son de tipo Lefranc a gasto constante, para ello se inyecta al pozo perforado hasta la profundidad establecida agua limpia hasta el nivel superior dentro de la perforación hasta que se estabilice durante 10 minutos. Midiendo enseguida el gasto que es capaz de absorber la cámara filtrante manteniendo estable la carga hidráulica. Los niveles de estabilización de agua fueron medidos con respecto al brocal superficial del ademe.

A continuación se describe la forma en que se realizaron las pruebas de permeabilidad.

Para la ejecución de las pruebas de permeabilidad se efectuó un pozo a 70 m de profundidad denominado SE- 1" con la siguiente secuencia de perforación y realización de las pruebas:

Inicialmente se realizó avance con broca tricónica de 2 15/16" de diámetro sin muestreo hasta 20 m de profundidad, dado que los materiales hasta esta profundidad ya fueron determinados en sondeos realizados para el análisis de cimentación del sitio de interés.

Posteriormente se continuo la perforación realizado la penetración estándar hasta 25 m de profundidad, en donde se encontró un estrato arenoso poco limoso con gravillas de color gris entre 22.5 y 25 m de profundidad. El sondeo de penetración estándar se realiza con la finalidad de conocer las características de los materiales atravesados buscando materiales arenosos con gravas que contengan un bajo porcentaje de finos para los cuales se estima que tienen una capacidad de absorción adecuada.

Se procedió a rimar con broca tricónica de 3 1/2" de diámetro hasta 5.8 m de profundidad, únicamente utilizando agua limpia. Se hincó a la brevedad posible, únicamente utilizando agua limpia. Se hincó a la brevedad posible y hasta 6 m de profundidad ademe metálico recuperable NW de 3" de diámetro interior, con objeto de ademar los materiales existentes hasta la profundidad mencionada.

Posteriormente se inyectó agua a presión con la finalidad de retirar el lodo bentonítico empleado para estabilizar las paredes de la perforación, suspendiendo la inyección de agua hasta que en el brocal de la perforación se observe el retorno de agua limpia.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

Se efectuó la primera prueba de permeabilidad que se tenía contemplado entre 20 y 30 m de profundidad con las consideraciones establecidas anteriormente, en que la cámara filtrante quedó entre 6 y 25 m de profundidad. En el anexo fotográfico se presenta un reporte de los trabajos realizados, donde se muestra la maquinaria y herramienta utilizada para la ejecución de las pruebas de permeabilidad ejecutadas y el lugar donde se realizaron.

Concluida la primera prueba se procedió a profundizar la perforación hasta 40 m de profundidad para lo cual a partir de 25 m de profundidad se continuo la prueba de penetración estándar hasta 40 m de profundidad, con la finalidad de conocer las características de los materiales que se encuentran en estas. Profundidades y medir el índice de resistencia a la penetración estándar además de determinar un manto permeable donde poder realizar la segunda prueba de permeabilidad.

Se perforó con broca tricónica de 3 1/2" de diámetro hasta 19.7 m de profundidad.

Se procedió enseguida a introducir el ademe metálico recuperable de 3 1/2" de diámetro hincándolo a 20 m de profundidad, prosiguiendo a eliminar el lodo bentonítico dejado para estabilizar las paredes de la perforación por el método de penetración estándar mediante la inyección de agua a presión, suspendiendo este paso hasta que se observe que retorna a la superficie agua limpia..

A continuación se rimo con broca tricónica de 2 15/16" de diámetro empleando solamente agua limpia durante la perforación llevándola hasta 40 m de profundidad, de esta manera se verifica que los materiales entre 20 y 40 m de profundidad que constituyen la cámara filtrante queden libres de lodo bentonítico para proceder a efectuar la segunda prueba de permeabilidad.

Se efectuó la segunda prueba de permeabilidad teniendo como longitud de cámara filtrante de 20 a 40 m de profundidad. De acuerdo a la prueba de penetración se observó capas interestratificadas de arena limosa y limo poco arenoso en ocasiones color gris y verdoso, con contenido de agua medio de 35%, y tomando en cuenta que el ademe metálico recuperable NW se hincó hasta 20 m de profundidad de tal manera que la cámara filtrante considerada quedó entre 20 y 40 m de profundidad.

Concluida la segunda prueba de permeabilidad se continuo con el sondeo exploratorio hasta 50 m de profundidad utilizando la herramienta de penetración estándar. Dado que a esta profundidad no se detectaron materiales con características aceptables para crear una cámara filtrante adecuada y tomando en cuenta que las dos primeras pruebas de permeabilidad dieron como resultado permeabilidades muy bajas y el tipo de materiales encontrados hasta el momento, se determinó la necesidad de profundizar 10 m adicionales a lo que se tenía proyectado, es decir a una profundidad de 60 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno.

De acuerdo a la prueba de penetración estándar realizada entre 50 y 60 m de profundidad se detectó intercalaciones de arenas arcillosas y limosas con gravillas, arcillas arenosas, y limos arenosos de color café y gris, con contenidos de agua medio de 30%, los cuales previo a la tercera prueba de permeabilidad se consideraron viables para el propósito perseguido

Una vez alcanzada la profundidad de 60 m se procedió a inyectar agua a presión con objeto de romper la capa impermeable del pozo que se forma por el lodo bentonítico de baja viscosidad para estabilizar las paredes durante la perforación.

La inyección de agua se realizó por un lapso aproximadamente de 20 minutos, tiempo en el cual se observó que retornaba agua limpia verificando que los materiales que constituirán la cámara filtrante comprendida entre 20 y 60 m de profundidad quede libre de todo elemento que pudiera interferir con la tercera prueba de permeabilidad.

A partir de 20 y hasta 60 m de profundidad se realizó la tercera prueba de permeabilidad y con base en la información obtenida, se determinó la permeabilidad de los materiales del subsuelo y en función de esta la capacidad de absorción del pozo mediante el que se infiltrará al subsuelo el agua almacenada. Sin embargo de acuerdo a la tercera prueba de permeabilidad realizada y a la experiencia que se tiene del área circundante se determinó profundizar la perforación diez metros más a los alcanzados es decir hasta 70 m de profundidad.

De acuerdo a la prueba de penetración estándar realizada entre 60 y 70 m de profundidad se continuo detectando intercalaciones de arenas arcillosas y limosas con gravillas, arcillas arenosas, y limos arenosos de color café y gris, con contenidos de agua medio de 28 %, los cuales previo a la cuarta prueba de permeabilidad se consideraron como los más viables para el propósito perseguido.

Una vez alcanzada la profundidad de 70 m se procedió a inyectar agua a presión con objeto de romper la capa perimetral impermeable del pozo que pudiera haber quedado para estabilizar las paredes durante la perforación entre 60 y 70 m de profundidad.

La inyección de agua se realizó por un lapso aproximadamente de 20 minutos, tiempo en el cual se observó que retornaba agua limpia verificando que los materiales que constituirán a la cámara filtrante comprendida entre 20 y 70 m de profundidad quede libre de todo elemento que pudiera interferir con la cuarta prueba de permeabilidad

A partir de 20 y hasta 70 m de profundidad se realizó la cuarta prueba de permeabilidad y con base en la información obtenida, se determinó la permeabilidad de los materiales del subsuelo y en función de esta la capacidad de absorción del pozo, que se infiltrará al subsuelo el agua almacenada.

Las pruebas de permeabilidad se efectuaron con flujo de agua constante a la perforación de acuerdo al siguiente procedimiento:

Se almacenó agua limpia en un tanque para inyectarla al pozo; el tanque y la perforación se encuentran conectados por medio de una manguera la que contiene una válvula que se abre para introducir un gasto constante en la perforación, de tal manera que cuando el nivel superior de agua dentro de la perforación se estabilice en al nivel del brocal, se mide enseguida el gasto que es capaz de absorber la cámara filtrante manteniendo estable la carga hidráulica. En la figura 3 se muestra un croquis de la instalación y realización de las pruebas.

En las pruebas de permeabilidad se obtuvieron los siguientes gastos de infiltración y los registros de campo se presentan en las figuras 22 a 24:

Longitud de la cámara filtrante (m)	Gasto de absorción (lts/min)
6 a 25 m	0.15
20 a 40 m	0.30
20 a 60 m	1.98
20 a 70 m	95.0

En las muestras representativas alteradas obtenidas mediante pruebas de penetración estándar se realizaron las siguientes pruebas de laboratorio.

- Clasificación en seco y húmedo
- Contenido natural de agua
- Análisis granulométrico

Las pruebas de laboratorio que se realizaron en las muestras obtenidas se efectuaron siguiendo las especificaciones establecidas en el Manual de Laboratorio de la S.A.R.H

Todas las muestras obtenidas se clasificaron en forma visual y al tacto, en estado húmedo y seco mediante pruebas del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) ; se determinó también su contenido de agua; en las figuras 25 a 28 se muestran los registros de laboratorio.

Las curvas granulométricas resultantes de los ensayos granulométricos efectuados en una batería de mallas de los materiales representativos de los estratos definidos en el sondeo realizado se presentan en las figuras 29 a 32.

En las figuras 12 a 15, se presentan gráficamente los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas en las muestras del sondeo exploratorio denominado SE-1", incluyendo los valores del índice de resistencia a la penetración estándar de los depósitos atravesados

Con los datos obtenidos en campo se procedió a determinar el coeficiente de permeabilidad de cada una de los estratos del subsuelo en los que se realizaron las pruebas, aplicando la siguiente expresión:

$$K = \frac{Q}{CH}$$

K= coeficiente de permeabilidad del estrato, en m/seg

Q= gasto infiltrado en la cámara filtrante, en m<sup>3</sup> / seg

H= carga hidráulica media de la cámara filtrante, correspondiente al nivel de estabilización del agua, en m

C= coeficiente de forma de la cámara filtrante, dado por la siguiente ecuación :

$$C = \frac{2\pi}{2.3026} \frac{d \sqrt{\frac{L^2}{d^2} - 1}}{\log_{10} \left( \frac{L}{d} + \sqrt{\frac{L^2}{d^2} - 1} \right)}$$

siendo :

L= longitud de la cámara filtrante, en m

d= diámetro de la cámara filtrante, en m

A continuación se presentan los resultados de las permeabilidades obtenidas en los estratos en los que se realizó cada prueba:

Profundidad de la cámara filtrante (m)	Permeabilidad K (cm/seg)
6.0 a 25.0	$6.86 \times 10^{-7}$
20.0 a 40.0	$1.30 \times 10^{-6}$
20.0 a 60.0	$2.28 \times 10^{-6}$
20.0 a 70.0	$7.25 \times 10^{-5}$

En las figuras 12 a 15 se presentan un perfil del subsuelo y sus permeabilidades correspondientes de acuerdo con las pruebas realizadas. Las permeabilidades obtenidas corresponden a considerar una permeabilidad media uniforme en los materiales que se encuentran al nivel en que se ubica la cámara filtrante. Dado que el espesor en que se perforaron las cámaras filtrantes se tienen estratos de suelo con características de permeabilidad diferentes, las permeabilidades determinadas se deben de manera importante a la capa de mayor permeabilidad existente al nivel de la cámara filtrante.

En general se encontró que hasta la profundidad en que se efectuaron pruebas de permeabilidad los materiales tiene un contenido de finos suficiente para hacerlos poco permeables, por lo que tienen poca capacidad para ubicar en ellas pozos de absorción con gastos capaces de inyectar al subsuelo el agua que se pretende infiltrar.

De acuerdo a las pruebas de permeabilidad ejecutadas, se concluye que los materiales que ofrecen mayores permeabilidades de los estratos explorados se encuentran entre 50 y 70 m de profundidad.

Se calculo el gasto que es factible infiltrar en el subsuelo a través de los estratos existentes entre 50 y 70 m de profundidad mediante la construcción de pozos de absorción de diferentes diámetros de cámara filtrante, mediante la siguiente fórmula:

$$Q = K C H$$

donde :

Q= gasto que es posible infiltrar con una carga hidráulica H , en m<sup>3</sup>/seg

C= coeficiente de forma de la cámara filtrante.

En los análisis se consideró una permeabilidad de  $7.25 \times 10^{-5}$  cm/seg Y una carga hidráulica de 50 m para una cámara de infiltración ubicada entre 20 y 70 m de profundidad; obteniéndose los gastos de absorción que se indican a continuación, para diferentes diámetros de cada cámara filtrante:

Diámetro del pozo De absorción (m)	Gasto de absorción Del pozo (lts/seg)
0.10	1.64
0.15	1.75
0.20	1.83
0.26	1.90
0.30	1.96

De acuerdo a los resultados anteriores y las dimensiones y operación de la cisterna de almacenamiento se escogerá la opción en cuanto al número y diámetro de los pozos que económicamente resulte más óptima, sin embargo se recomienda que los pozos que se construyan se realicen en la cercanía al lugar donde se realizaron las pruebas de permeabilidad como se muestra en la figura 16 y con una profundidad de la cámara filtrante entre 20 y 75 m de profundidad.

ANEXO

DE

FIGURAS

(PERMEABILIDAD)

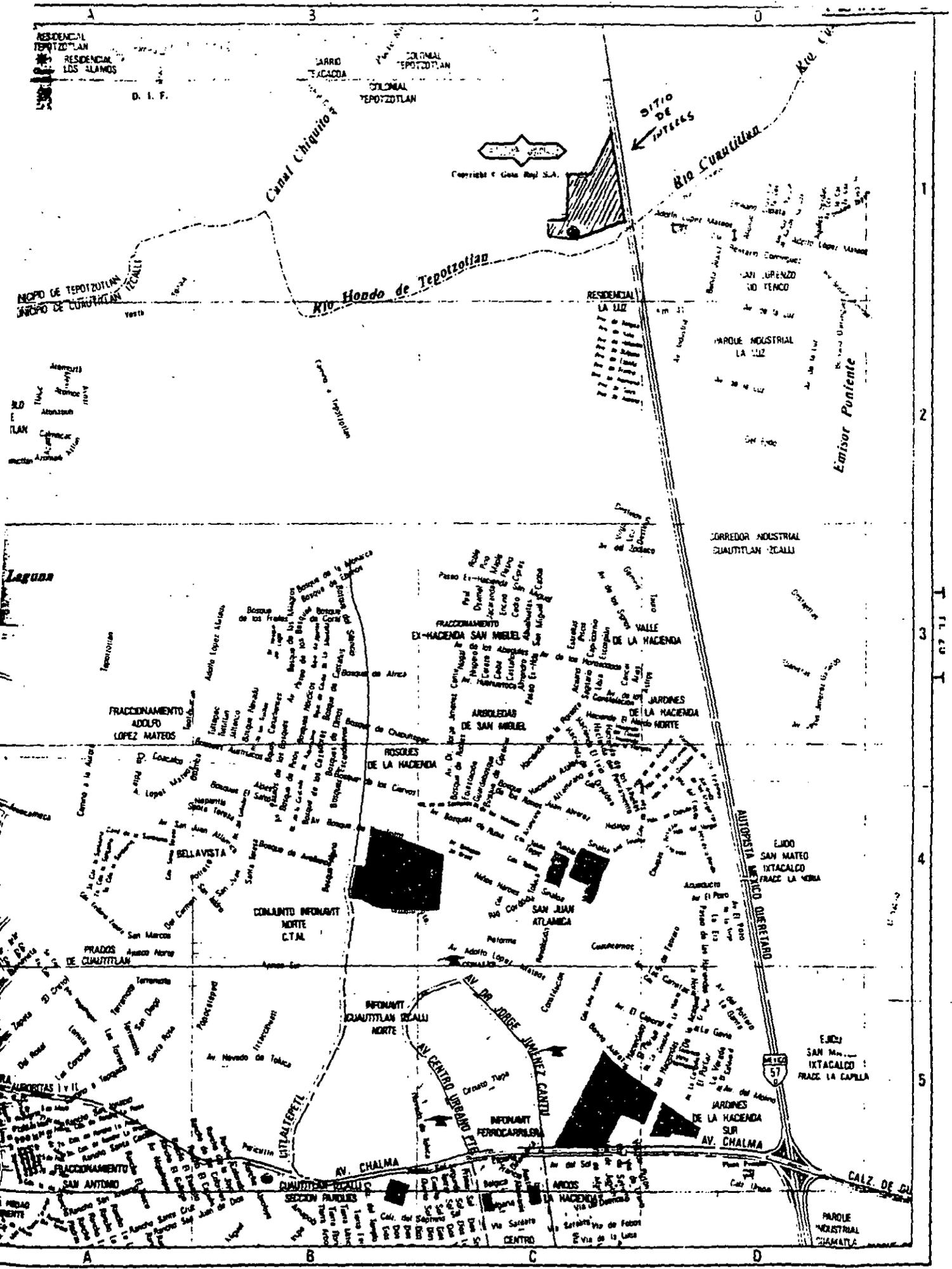
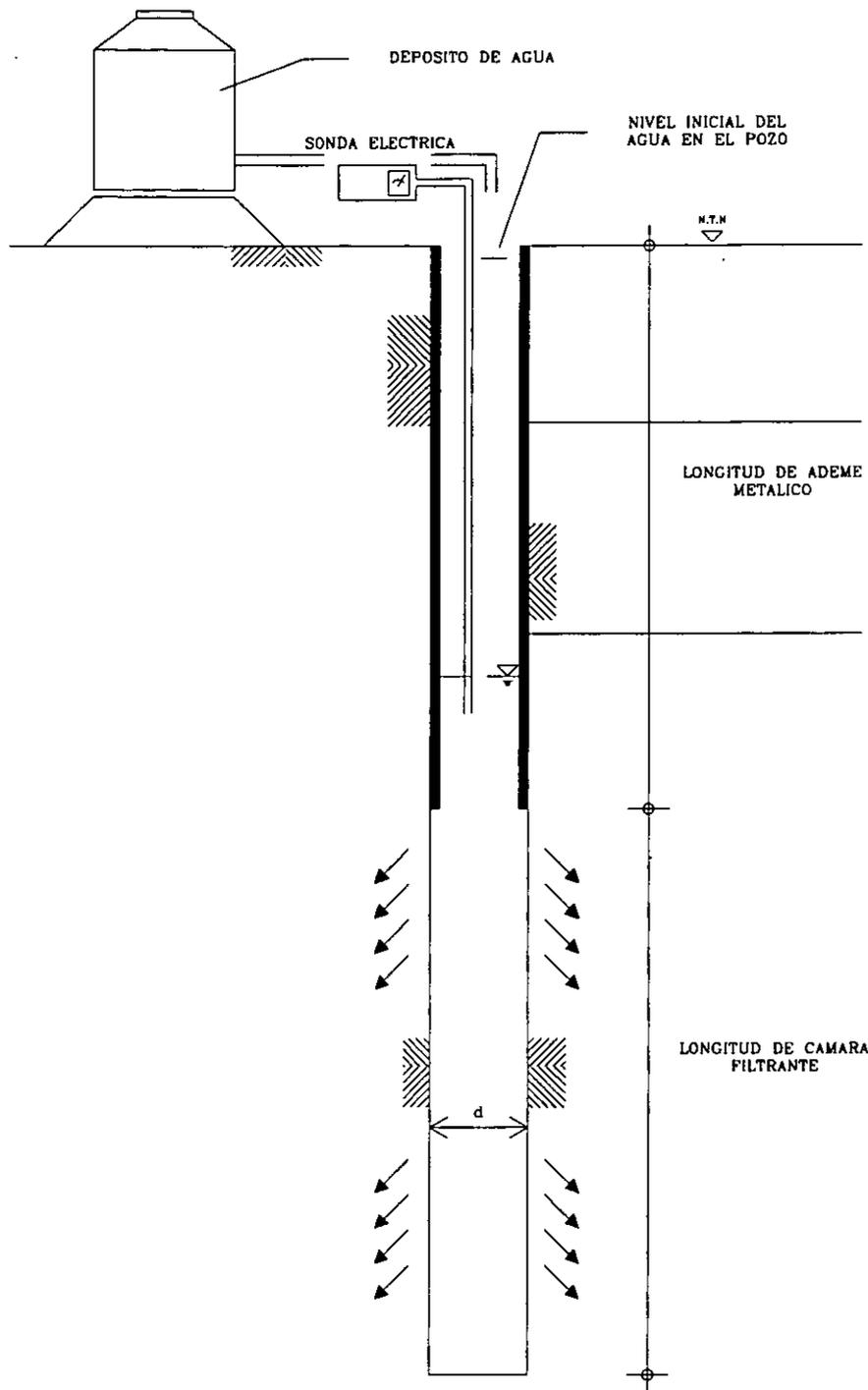
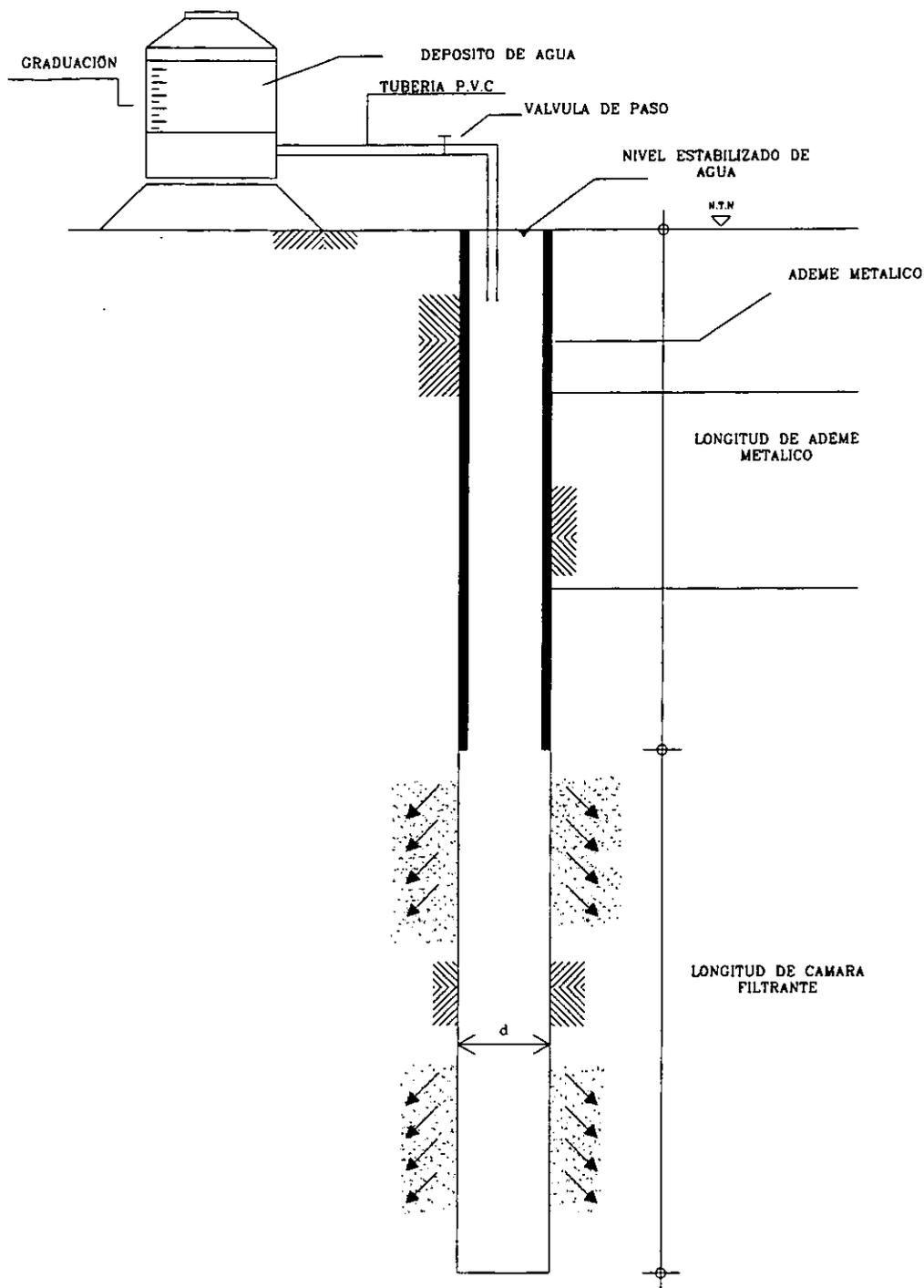


FIGURA 1



DISPOSITIVO PARA REALIZAR LA PRUEBA LE FRANC A FLUJO VARIABLE



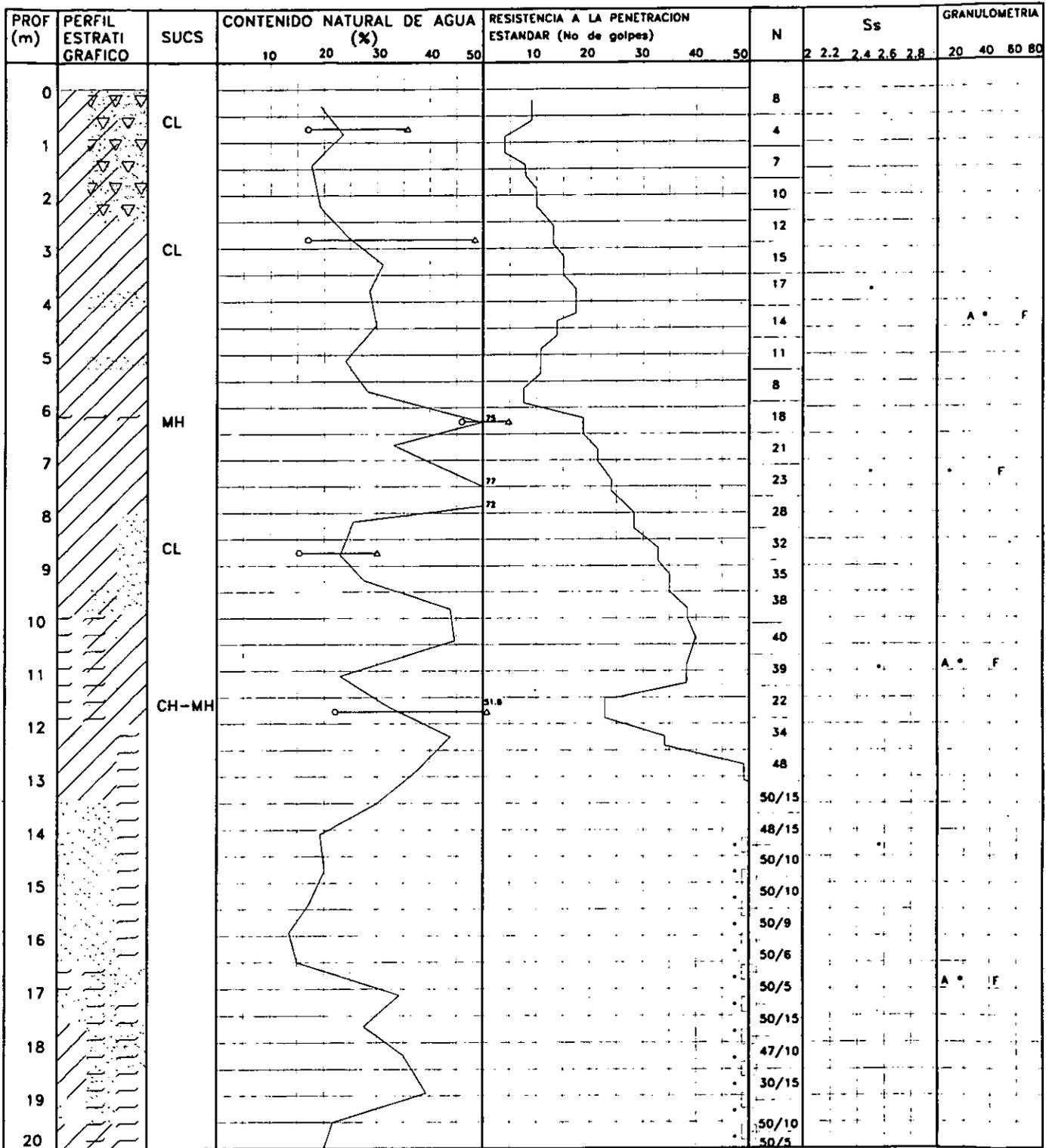
DISPOSITIVO PARA REALIZAR LA PRUEBA LE FRANC A GASTO CONSTANTE.



# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

OBRA No LOCALIZACION CENTRO DE ACOPIO  
TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
TIPO DE SONDEO: EXPLORATORIO SE-1  
COTA NAF



**SIMBOLOGÍA**

- [Symbol: Shell] CONCHILLAS
- [Symbol: Silt] LIMO
- [Symbol: Organic Matter] MAT. ORGANICA
- [Symbol: Fill] RELLENO
- [Symbol: Clay] ARCILLA
- [Symbol: Gravel] GRAVA
- [Symbol: Sand] ARENA

\* Avance con broca triconica Tr > de 50 golpes

LP ○ ——— Δ LL

N = NÚmero de golpes para 30 cm. No. de golpes / penetración en cm.

Ss = densidad de sólidos

G = grava

A = arena

P = finos

FIGURA No 4









Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

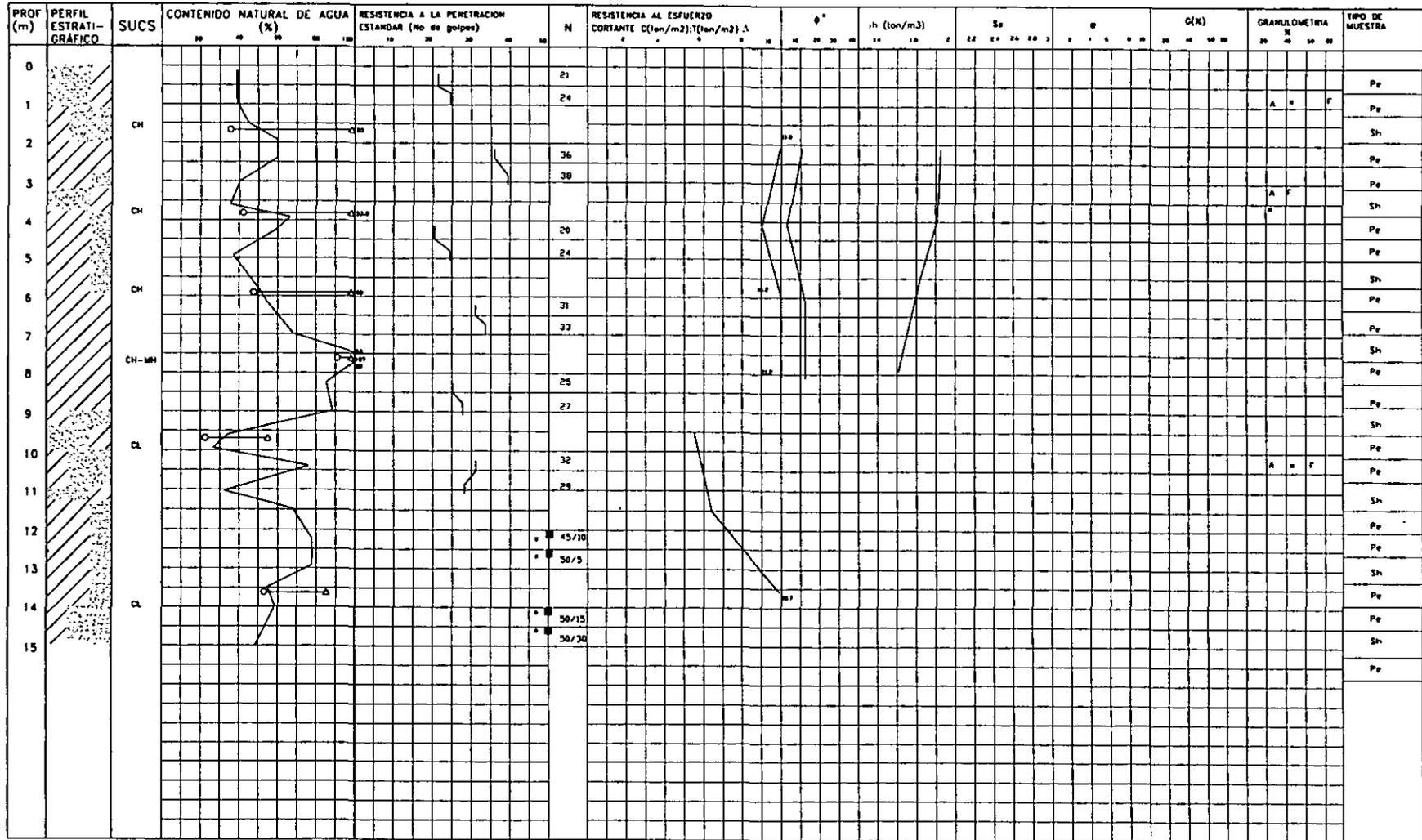
Autor: Flavio Luviano Juárez

OBRA No \_\_\_\_\_

LOCALIZACION \_\_\_\_\_

TIPO DE SONDEO SM-1

COTA \_\_\_\_\_ m N. A. F \_\_\_\_\_ m



SIMBOLOGIA



LP ○ ——— Δ LL  
N = Número de golpes para 30 cm.  
No. de golpes / penetración en cm.

Avance con broca tricónica  
> de 50 golpes  
N = número de golpes  
No. de golpes por penetración en cm

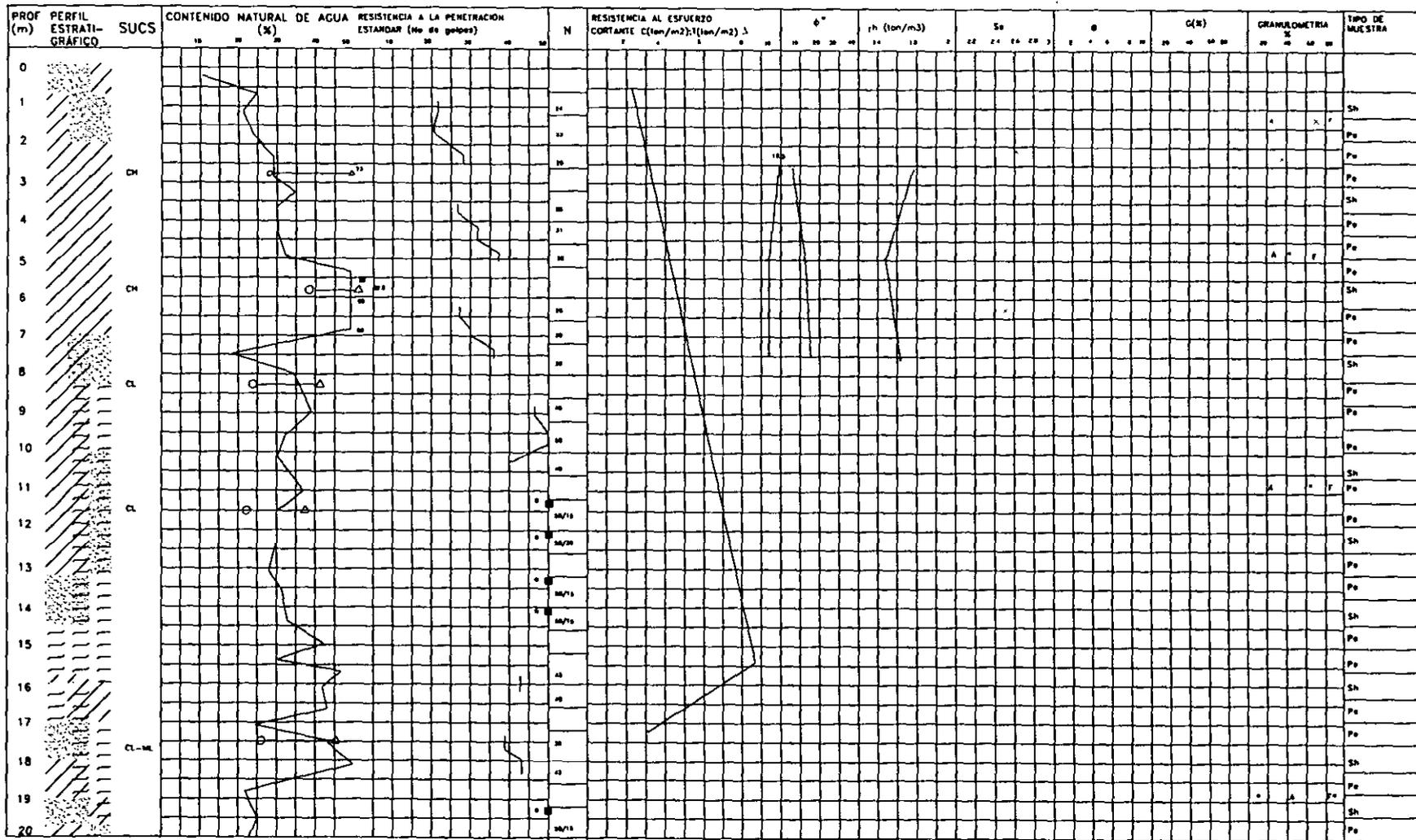
C = cohesión  
T = torcometro  
φ = ángulo de fricción interna  
rh = peso volumétrico húmedo

Se = densidad de sólidos  
e = relación de vacíos  
Cr = grado de saturación  
+ = cohesión en triaxial UU

C = grava  
A = arena  
F = fino  
\* Triaxial CD

Pe = penetración standar  
Sh = muestreo con tubo shelby  
D = muestreo con tubo Denison  
+ Triaxial CU

FIGURA No 8



SIMBOLOGÍA

- CONCHILLAS
- LIMO
- MAT. ORGANICA
- RELLENO
- ARCILLA
- GRAVA
- ARENA

LP ○ — △ LL

N = Número de golpes para 30 cm.  
No. de golpes / penetración en cm.

Avance con broca tricónica  
> de 50 golpes  
N = número de golpes  
No. de golpes por penetración en cm

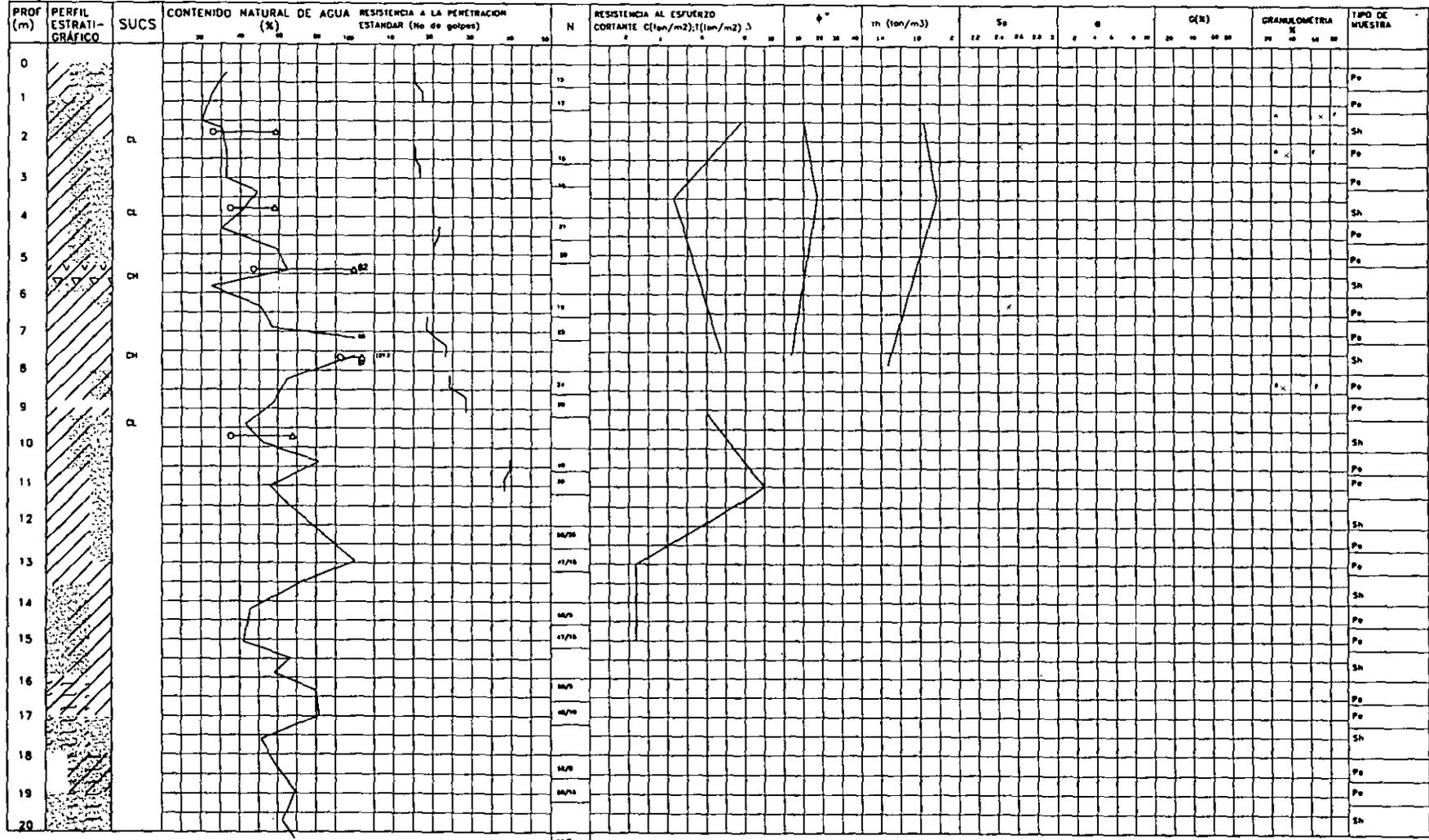
C = cohesión  
T = torcometro  
 $\phi$  = ángulo de fricción interna  
 $\gamma_h$  = peso volumétrico húmedo

S<sub>w</sub> = densidad de sólidos  
e = relación de vacíos  
Gr = grado de saturación  
+ = cohesión en triaxial UU

G = grava  
A = arena  
F = finos  
• Triaxial CD

Pe = penetración standar  
Sh = muestreo con tubo shelby  
D = muestreo con tubo Denison  
+ Triaxial CU

FIGURA No 9



SIMBOLOGÍA



LP O — LL N = Número de golpes para 30 cm. No. de golpes / penetración en cm.

Avance con broca tricónica > de 50 golpes

N = número de golpes

No. de golpes por penetración en cm

C = cohesión

T = torcometro

φ = ángulo de fricción interna

γ = peso volumétrico húmedo

S<sub>u</sub> = densidad de sólidos

e = relación de vacíos

Gr = grado de saturación

+ = cohesión en triaxial UU

C = grava

A = arena

F = finos

\* Triaxial CD

Pe = penetración standar

Sh = muestreo con tubo Shelby

D = muestreo con tubo Denison

+ Triaxial CU









# Proyecto de Tesis, Mecánica de Suelos

Autor: Flavio Luviano Juarez

OBRA No 2000-32  
 LOCALIZACION CENTRO DE ACOPIO  
 TEPOTZOTLAN, EDO DE MEX  
 TIPO DE SONDEO: EXPLORATORIO SE-1"  
 COTA NAF

PROF (m)	PERFIL ESTRATI GRAFICO	SUCS	CONTENIDO NATURAL DE AGUA (%)					RESISTENCIA A LA PENETRACION ESTANDAR (No de golpes)					N	Ss					GRANULOMETRIA				
			10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		2	2.2	2.4	2.6	2.8	20	40	60	80	
60																							
61																							
62														50/8									
63																							
64															50/6								
65																							
66																							
67																50/20							
68																							
69																							
70																50/20							

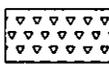
## SIMBOLOGÍA



CONCHILLAS



LIMO



MAT. ORGANICA



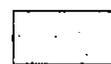
RELLENO



ARCILLA



GRAVA



ARENA

LP ○ ——— Δ LL

N = Número de golpes para 30 cm.  
 No. de golpes / penetración en cm.

Ss = densidad de sólidos

G = grava

A = arena

F = finos

FIGURA No 14



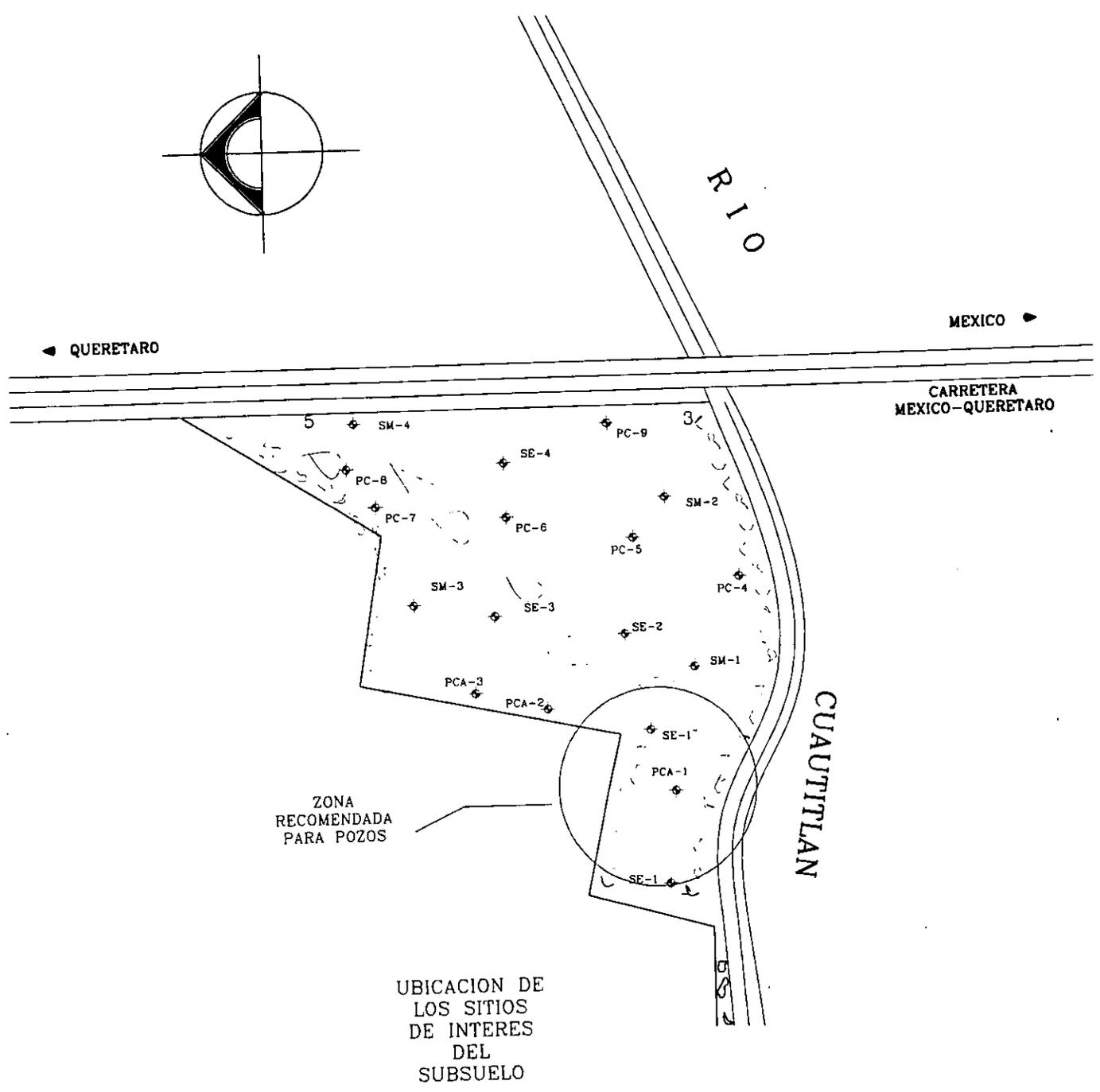


FIGURA 16

# MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA

## REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: <u>TEPOTZOTLAN EDO. DE MEXICO</u>	COORDENADAS: X _____ Y _____ Z _____
LOCALIZACIÓN: _____	FECHA DE INICIO: <u>01/08/00</u> Hrs. _____
POZO N°: <u>1</u>	TERMINACIÓN: <u>07/08/00</u> Hrs. _____
TIPO DE SONDEO: <u>STANDARD</u>	
PERFORADORA: <u>LONG YEAR 34</u>	BOMBA: <u>MOYNO 3L6</u>

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD m.			RECUPERACIÓN			PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64kg ALTURA DE CAIDA 75cm			TIPO DE HERRAMIENTA	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m	%	CR% (DEERE)	N° DE GOLPES EN			MUESTREO	
							15 cm	30 cm	15 cm		
	0.00	20.00	20.00				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
1	20.00	20.60	0.60	0.60			6	31	28	T.P.	LIMO ARCILLOSO, GRIS, CON 25 cm DE ARENA FINA, ARCILLOSA, GRIS
2	20.60	21.20	0.60	0.35			7	18	15	T.P.	10cm ARENA FINA POCO LIMOSA; 20 cm LIMO ARCILLOSO CON Poca ARENA GRIS
3	21.20	21.72	0.52	0.50			5	25	50/12	T.P.	35cm LIMO ARCILLOSO CAFÉ; 15cm ARENA FINA GRIS CLARO
	21.72	21.80	0.08				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
4	21.80	22.14	0.34	0.20			40	50/19		T.P.	ARENA FINA POCO LIMOSA, GRIS CLARO
	22.14	22.40	0.26				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
5	22.40	22.80	0.40	0.37			44	50/25		T.P.	ARENA FINA, POCO LIMOSA, GRIS CLARO
	22.80	23.00	0.20				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
6	23.00	23.30	0.30	0.28			23	50/15		T.P.	ARENA FINA CON GRAVILLAS GRIS CLARO
	23.30	23.60	0.30				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
7	23.60	23.85	0.25	0.10			38	50/10		T.P.	ARENA MEDIA CON GRAVILLAS GRIS CLARO
	23.85	24.20	0.35				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
8	24.20	24.80	0.60	0.60			8	20	15	T.P.	LIMO ARCILLOSO GRIS OSCURO
9	24.80	25.23	0.43	0.35			20	50/28		T.P.	LIMO ARCILLOSO GRIS OSCURO
	25.23	25.40	0.17				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
10	25.40	25.78	0.38	0.38			23	50/23		T.P.	LIMO ARCILLOSO GRIS OSCURO
	25.78	26.00	0.22				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
11	26.00	26.60	0.60	0.60			4	15	8	T.P.	LIMO POCO ARENOSO GRIS
12	26.60	27.20	0.60	0.55			10	35	26	T.P.	LIMO ARENOSO GRIS
13	27.20	27.80	0.60	0.60			7	23	21	T.P.	LIMO POCO ARENOSO GRIS
14	27.80	28.40	0.60	0.60			12	35	37	T.P.	LIMO ARCILLOSO CON ARENA FINA GRIS

Nivel Frático (m): \_\_\_\_\_ Turno de: \_\_\_\_\_ Hrs. \_\_\_\_\_

Observaciones generales: \_\_\_\_\_

Profund. del proyecto: \_\_\_\_\_

Profundidad real: 70.00 m.

Operador: Sr. Miguel Ordoñez

Supervisor: Sr. Carlos Reyes Molina

Fecha: 07-AGO-2000

Ademe (m): 6.00 m. Y 20.00 m

ELABORÓ A.V.

# MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA

## REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: <u>TEPOTZOTLAN EDO. DE MEXICO</u>	COORDENADAS: X _____ Y _____ Z _____	FECHA DE INICIO: <u>01/08/00</u> Hrs. _____
LOCALIZACIÓN: _____	TERMINACIÓN: <u>07/08/00</u> Hrs. _____	
POZO N° <u>1</u>		
TIPO DE SONDEO: <u>STANDARD</u>		
PERFORADORA: <u>LONG YEAR 34</u>		BOMBA: <u>MOYNO 3L6</u>

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD m.			RECUPERACIÓN			PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64kg ALTURA DE CAIDA 75cm			TIPO DE HERRAMIENTA	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m	%	CR% (DEERE)	N° DE GOLPES EN			MUESTREO	
							15 cm	30 cm	15 cm		
15	28.40	29.00	0.60	0.60			13	48	32	T.P.	LIMO POCO ARENOSO GRIS
16	29.00	29.35	0.35	0.35			29	50/20		T.P.	LIMO POCO ARENOSO GRIS VERDOSO
	29.35	29.60	0.25				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
17	29.60	29.92	0.32	0.32			39	50/17		T.P.	LIMO ARCILLOSO CON POCA ARENA FINA GRIS VERDOSO
	29.92	30.20	0.28				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
18	30.20	30.65	0.45	0.45			13	50		T.P.	LIMO GRIS
	30.65	30.80	0.15				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
19	30.80	31.15	0.35	0.38			26	50/23		T.P.	LIMO GRIS
	31.15	31.40	0.25				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
20	31.40	32.00	0.60	0.60			10	32	23	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO, CONSISTENCIA MEDIA, GRIS VERDOSO
21	32.00	32.60	0.60	0.60			12	28	21	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO, CONSISTENCIA MEDIA, GRIS VERDOSO
22	32.60	32.99	0.39	0.39			13	50/24		T.P.	LIMO ARENOSO GRIS VERDOSO
	32.99	33.00	0.01				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
23	33.00	33.30	0.30	0.30			38	50/15		T.P.	LIMO POCO ARENOSO GRIS VERDOSO
	33.30	33.60	0.30				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
24	33.60	33.71	0.11	0.08			50/11			T.P.	ARENA FINA CON GRAVAS, GRIS VERDOSO
	33.71	34.20	0.49				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
25	34.20	34.25	0.05	0.05			50/8			T.P.	ARENA MEDIA A FINA CON GRAVAS, GRIS VERDOSO
	34.25	34.80	0.55	0.05			AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
26	34.80	35.40	0.60	0.60			8	25	27	T.P.	LIMO CON POCA PLASTICIDAD Y POCA ARENA FINA GRIS VERDOSO
27	35.40	36.00	0.60	0.60			14	36	21	T.P.	LIMO CON POCA PLASTICIDAD Y POCA ARENA FINA GRIS VERDOSO

Nivel Frático (m): \_\_\_\_\_ Turno de: \_\_\_\_\_ Hrs. \_\_\_\_\_

Observaciones generales: \_\_\_\_\_

Profund. del proyecto: \_\_\_\_\_

Profundidad real: 70.00 m.

Operador: Sr. Miguel Ordoñez

Supervisor: Sr. Carlos Reyes Molina

Fecha: 07-AGO-2000

Ademe (m): 6.00 m. y 20.00 m

ELABORÓ A V

# MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA

## REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: <u>TEPOTZOTLAN EDO. DE MEXICO</u>	COORDENADAS: X _____ Y _____ Z _____	LOCALIZACIÓN: _____
POZO N°: <u>1</u>	FECHA DE INICIO: <u>01/08/00</u> Hrs. _____	TERMINACIÓN: <u>07/08/00</u> Hrs. _____
TIPO DE SONDEO: <u>STANDARD</u>	BOMBA: <u>MOYNO 3L6</u>	
PERFORADORA: <u>LONG YEAR 34</u>		

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD m.			RECUPERACIÓN			PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64kg ALTURA DE CAIDA 75cm			TIPO DE HERRAMIENTA	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m	%	CR% (DEERE)	N° DE GOLPES EN			MUESTREO	
							15 cm	30 cm	15 cm		
28	36.00	36.60	0.60	0.55			7	19	19	T.P.	LIMO CON POCA PLASTICIDAD GRIS VERDOSO
29	36.60	37.20	0.60	0.60			10	26	17	T.P.	LIMO CON POCA PLASTICIDAD GRIS VERDOSO
30	37.20	37.65	0.45	0.48			16	50		T.P.	LIMO CON POCA ARENA Y 10cm GRAVA, GRIS VERDOSO
	37.65	37.80	0.15				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
31	37.80	38.15	0.35	0.30			26	50/20		T.P.	LIMO GRIS
	38.15	38.40	0.25				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
32	38.40	38.55	0.15	0.10			50			T.P.	ARENA FINA Y MEDIA CON GRAVILLAS GRIS
	38.55	39.00	0.45				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
33	39.00	39.09	0.09	0.05			50/9			T.P.	ARENA FINA Y MEDIA CON GRAVILLAS GRIS
	39.09	39.60	0.51				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
34	39.60	40.03	0.43	0.40			7	50/28		T.P.	ARENA MEDIA Y FINA, CON LIMO, GRIS
	40.03	40.20	0.17				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
35	40.20	40.55	0.35	0.35			38	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO GRIS VERDOSO
	40.55	40.80	0.25				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
36	40.80	41.09	0.29	0.20			36	50/14		T.P.	LIMO ARENOSO GRIS VERDOSO
	40.09	41.40	1.31				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
37	41.40	41.55	0.15	0.10			50			T.P.	LIMO ARENOSO GRIS VERDOSO
	41.55	42.00	0.45				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
38	42.00	42.43	0.43	0.43			13	50/28		T.P.	LIMO POCO ARENOSO GRIS
	42.43	42.60	0.17				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
39	42.60	42.73	0.13	0.13			50/13			T.P.	LIMO GRIS

Nivel Frático (m): \_\_\_\_\_ Turno de: \_\_\_\_\_ Hrs. \_\_\_\_\_

Observaciones generales: \_\_\_\_\_

Profund. del proyecto: \_\_\_\_\_

Profundidad real: 70.00 m.

Operador: Sr. Miguel Ordoñez

Supervisor: Sr. Carlos Reyes Molina

Fecha: 07-AGO-2000

Ademe (m): 6.00 m. Y 20.00 m

ELABORÓ A.V.

# MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA

## REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: <u>TEPOTZOTLAN EDO. DE MEXICO</u>	COORDENADAS: X _____ Y _____ Z _____
LOCALIZACIÓN: _____	FECHA DE INICIO: <u>01/08/00</u> Hrs. _____
POZO N°: <u>1</u>	TERMINACIÓN: <u>07/08/00</u> Hrs. _____
TIPO DE SONDEO: <u>STANDARD</u>	
PERFORADORA: <u>LONG YEAR 34</u>	BOMBA: <u>MOYNO 3L6</u>

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD m.			RECUPERACIÓN			PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64kg ALTURA DE CAIDA 75cm			TIPO DE HERRAMIENTA	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m	%	CR% (DEERE)	N° DE GOLPES EN			MUESTREO	
							15 cm	30 cm	15 cm		
	42.73	43.20	0.47				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
40	43.20	43.43	0.23	0.14			23	50/8		T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO GRIS
	43.43	43.80	0.37				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
41	43.80	44.01	0.21	0.10			34	50/6		T.P.	LIMO Y GRUMOS DE LIMO CEMENTADO GRIS
	44.01	44.40	0.39				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
42	44.40	44.56	0.16	0.08			50/10			T.P.	LIMO CON GRUMOS CEMENTADOS GRIS
	44.50	45.00	0.50				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
43	45.00	45.24	0.24	0.23			32	50/9		T.P.	LIMO CON ALGO DE ARCILLA GRIS VERDOSO
	45.24	45.60	0.36				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
44	45.60	45.87	0.27	0.27			28	50/12		T.P.	LIMO CON Poca ARCILLA MEDIA, GRIS VERDOSO
	45.87	46.20	0.33				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
45	46.20	46.45	0.25	0.25			34	50/10		T.P.	LIMO CON Poca ARENA GRIS VERDOSO
	46.45	46.80	0.35				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
46	46.80	47.02	0.22	0.18			43	50/7		T.P.	3cm LIMO CEMENTADO Y 15cm DE LIMO ARENOSO CON GRAVILLAS AISLADAS
	47.02	50.00	2.98				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
47	50.00	50.20	0.20	0.20			48	50/5		T.P.	ARENA POCO LIMOSA GRIS
	50.20	53.00	2.80				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
48	53.00	53.22	0.22	0.22			33	50/7		T.P.	ARENA MEDIA, Y FINA CON POCO LIMO GRIS
	53.22	56.00	2.78				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
49	56.00	56.42	0.42	0.40			18	50/24		T.P.	10cm DE LIMO CON ARENA POMEX Y 30cm DE LIMO GRIS
	56.42	59.00	2.58				AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA DE 2 15/16"
50	59.00	59.05	0.05	0.05			50/5			T.P.	ARENA FINA GRIS CON POCO LIMO

Nivel Frático (m): \_\_\_\_\_ Turno de: \_\_\_\_\_ Hrs. \_\_\_\_\_

Observaciones generales: \_\_\_\_\_

Ademe (m): 6.00 m. y 20.00 m.

Profund. del proyecto: \_\_\_\_\_  
 Profundidad real: 70.00 m.  
 Operador: Sr. Miguel Ordoñez  
 Supervisor: Sr. Carlos Reyes Molina  
 Fecha: 07-AGO-2000

ELABORÓ A.V.







# MECANICA DE SUELOS A. G.

OBRA 2000-32

LOCALIZACION *Autopista*

*México - Querétaro*

FECHA 7 - AGOSTO - 2000

## PRUEBA LEFRANC

SONDEO No. SE-1<sup>II</sup>

PRUEBA No. 3 TRAMO PROBADO DE 20 a 60 m

(a partir del nivel del suelo)

### UTILIZACION DEL APARATO DE BRILLANT

DIAMETRO DE LA CAMPANA \_\_\_\_\_

ADJUNTAR EL O LOS DIAGRAMAS

### CUADRO DE MEDIDAS (A LLENAR EN CASO DE QUE SE EMPLEE EL APARATO BRILLANT)

A/ BOMBEO O INTECTADO EN CASO DE SONDEO SECO O TREPANO LEFRANC)

GASTOS { LITROS SEGUNDOS	1.70 $\frac{Hs}{MIN}$	1.80 $\frac{lt}{MIN}$	1.98 $\frac{Lts}{MIN}$
NIVEL ESTABLE (H)	brocal del ademe	brocal del ademe	Costo real

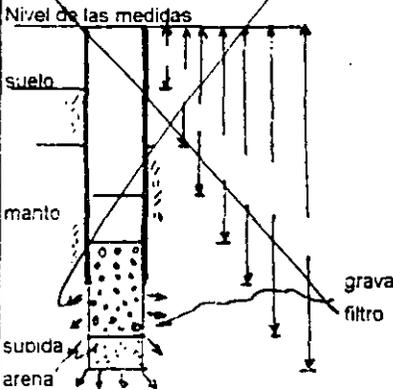
B/ FLUJO VARIABLE ( VARIACION DEL NIVEL SUBIDA O BAJADA)

SI EL TUBO DE ASPIRACION QUEDA EN EL SONDEO INDICAR EL DIAMETRO EXTERIOR

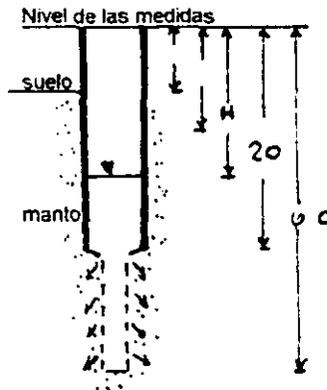
### METODO UTILIZADO:

INSCRIBIR TODAS LAS COTAS MARCADAS EN EL CROQUIS DEL METODO UTILIZADO Y TACHAR LOS OTROS CROQUIS

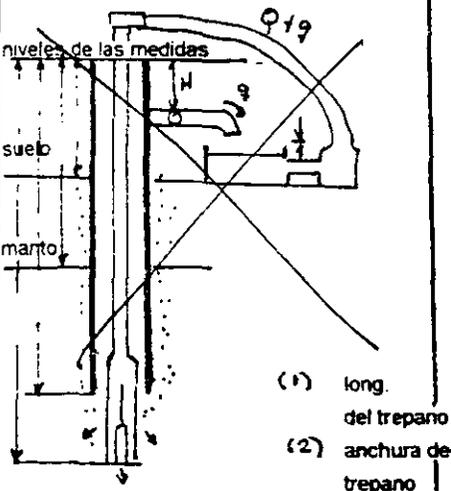
~~I CAMARA CILINDRICA CREADA POR ADEME~~



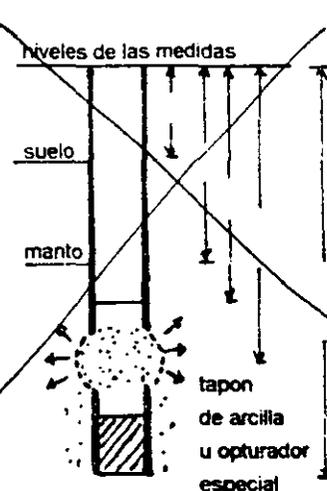
III CAMARA CILINDRICA CREADA POR EL BARRIL



~~II TREPANO LEFRANC~~



IV MANCHON DEL TREPANO



PROFUNDIDAD H(mm)	TIEMPO (seg.)	h CASO DEL METODO II
9.40	---	
9.35	186	
9.30	328	
9.25	458	
9.20	614	
9.15	741	
9.10	923	
9.05	1064	
9.00	1219	
8.95	1347	
8.90	1514	
8.85	1636	
8.80	1847	
8.75	1977	
8.70	2148	
8.60	2318	
8.50	2528	
8.40	2693	
8.30	2843	
8.20	3128	
8.10	3418	
8.00	3718	
7.90	4013	

### OBSERVACIONES

*Se prueba duro*

*1 hrs 6 MIN 53 seg*

# MECANICA DE SUELOS A. G.

OBRA 2000 32

LOCALIZACION *Castrojo*

*México - Querétaro*

FECHA *8 de Agosto - 2000*

## PRUEBA LEFRANC

SONDEO No. *SE-1"*

PRUEBA No. *4* TRAMO PROBADO DE *20* a *70* m  
(a partir del nivel del suelo)

UTILIZACION DEL APARATO DE BRILLANT

DIAMETRO DE LA CAMPANA \_\_\_\_\_ ADJUNTAR EL O LOS DIAGRAMAS

CUADRO DE MEDIDAS (A LLENAR EN CASO DE QUE SE EMPLEE EL APARATO BRILLANT)

A/ BOMBEO O INTECTADO EN CASO DE SONDEO SECO O TREPANCO LEFRANC)

GASTOS { LITROS SEGUNDOS	<i>90 lt/min</i>		<i>95 lb/min</i>
NIVEL ESTABLE (H)	<i>brecha del ademe</i>		<i>6.50 m</i>

B/ FLUJO VARIABLE ( VARIACION DEL NIVEL SUBIDA O BAJADA)

SI EL TUBO DE ASPIRACION QUEDA EN EL SONDEO INDICAR EL DIAMETRO EXTERIOR

### METODO UTILIZADO:

INSCRIBIR TODAS LAS COTAS MARCADAS EN EL CROQUIS DEL METODO UTILIZADO Y TACHAR LOS OTROS CROQUIS		PROFUNDIDAD H(mm)	TIEMPO (seg.)	h CASO DEL METODO II
<b>I CAMARA CILINDRICA CREADA POR ADEME</b> 	<b>III CAMARA CILINDRICA CREADA POR EL BARRIL</b> 	<i>960</i>	—	
		<i>860</i>	<i>6</i>	
		<i>760</i>	<i>12</i>	
		<i>660</i>	<i>19</i>	
		<i>560</i>	<i>24</i>	
		<i>460</i>	<i>30</i>	
		<i>360</i>	<i>35</i>	
		<i>260</i>	<i>41</i>	
		<i>160</i>	<i>47</i>	
		<i>60</i>	<i>53</i>	
<i>0</i>	<i>60</i>			
<b>II TREPANCO LEFRANC</b> 	<b>IV MANCHON DEL TREPANCO</b> 			

OBSERVACIONES  
*Se prueba con 15 l/min. de*

**MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA**

**CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA**

OBRA: TEPOTZOTLAN  
 SONDEO: SPE-1

FECHA: 15-Ago-00

Muestra N°	Profundidad m.	Tara N°	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm <sup>2</sup>	CLASIFICACION
		63	22.30	86.40	73.10	26.18	ARENA FINA Y MEDIA, GRIS, CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO	
2	20.60 21.20	57	22.10	82.50	70.00	26.10	ARENA FINA Y MEDIA, GRIS, CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO	
		200	24.30	78.90	63.70	38.58	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON POCA ARENA FINA	
3	21.20 21.72	182	26.20	87.50	69.90	40.27	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON POCA ARENA FINA	
		156	16.80	79.00	67.30	23.17	ARENA FINA Y MEDIA, GRIS, CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO	
4	21.80 22.14	83	22.40	79.20	69.40	20.85	ARENA FINA Y MEDIA, GRIS, CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO	
5	22.40 22.80	149	25.70	95.80	85.10	18.01	ARENA FINA Y MEDIA, GRIS, CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO	
6	23.00 23.30	203	19.40	82.00	69.10	25.96	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON POCA ARENA FINA	
7	23.60 23.85	1	11.80	78.40	68.20	18.09	ARENA FINA Y MEDIA, POCO GRUESA, GRIS, CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO	
8	24.20 24.80	96	22.80	91.60	71.20	42.15	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA	
9	24.80 25.23	60	22.60	91.50	70.80	42.95	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA	
10	25.40 25.78	75	17.10	92.00	72.30	35.69	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA	
11	26.00 26.60	133	17.00	96.40	76.40	33.67	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA	

**MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA**

**CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA**

OBRA: TEPOTZOTLAN  
 SONDEO: SPE-1

FECHA: 15-Ago-00

Muestra N°	Profundidad m.	Tara N°	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm <sup>2</sup>	CLASIFICACION
13	27.20 27.80	122	23.40	90.70	72.80	36.23	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA	
14	27.80 28.40	130	17.50	85.00	69.60	29.56	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA	
15	28.40 29.00	88	18.20	96.10	77.10	32.26	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS CON POCA ARENA FINA	
16	29.00 29.35	110	23.60	107.00	92.90	20.35	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS VERDOSO, CON ESCASA ARENA FINA	
17	29.60 29.92	123	20.40	93.50	80.90	20.83	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS VERDOSO, CON ESCASA ARENA FINA	
18	30.20 30.65	147	23.70	92.70	75.80	32.44	ARCILLA GRIS CON ESCASA ARENA FINA	
19	30.80 31.15	34	19.60	86.80	72.10	28.00	ARCILLA GRIS CON ESCASA ARENA FINA	
20	31.40 32.00	126	22.80	106.80	86.10	32.70	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON ESCASA ARENA FINA	
21	32.00 32.60	208	23.80	103.70	83.80	33.17	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON ESCASA ARENA FINA	
22	32.60 32.99	98	16.70	74.30	59.90	33.33	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON POCA ARENA FINA	
23	33.00 33.30	101	24.10	90.20	73.70	33.27	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS VERDOSO OSCURO CON POCA ARENA FINA	
24	33.60 33.71	3	12.40	64.30	56.80	16.89	ARENA POCO LIMOSA, GRIS	
25	34.20 34.25	74	26.40	62.00	57.10	15.96	ARENA POCO LIMOSA, GRIS OSCURO CON ALGUNAS GRAVAS HASTA 1/2"	

## MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA

### CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: TEPOTZOTLAN  
 SONDEO: SPE-1

FECHA: 15-Ago-00

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm <sup>2</sup>	CLASIFICACION
27	35.40 36.00	125	24.70	100.50	79.70	37.82	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS VERDOSO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA	
28	36.00 36.60	174	17.40	92.50	71.90	37.80	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS VERDOSO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA	
29	36.60 37.20	391	21.60	98.10	77.40	37.10	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS VERDOSO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA	
30	37.20 37.65	198	18.50	89.00	73.70	27.72	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO CON Poca ARENA FINA	
31	37.80 38.15	205	21.70	81.90	63.70	43.33	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO CON Poca ARENA FINA	
32	38.40 38.55	81	22.90	71.50	62.40	23.04	ARENA FINA, MEDIA Y GRUESA, POCO ARCILLOSA, GRIS	
33	39.00 39.09	175	21.20	62.40	53.50	27.55	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON Poca ARENA FINA	
34	39.60 40.03	58	23.00	93.00	66.30	61.66	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON Poca ARENA FINA	
35	40.20 40.55	172	17.30	82.60	57.20	63.66	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS VERDOSO, CON Poca ARENA FINA	
36	40.80 41.09	31	20.70	66.30	50.30	54.05	ARENA POCO LIMOSA, GRIS, CON ALGUNOS GRUMOS DUROS DEL MISMO MATERIAL	
37	41.40 41.50	195	16.50	63.20	47.30	51.62	ARENA POCO LIMOSA, GRIS, CON ALGUNOS GRUMOS DUROS DEL MISMO MATERIAL	
38	42.00 42.43	91	22.80	94.70	73.60	41.54	ARENA POCO LIMOSA, GRIS, CON ALGUNOS GRUMOS DUROS DEL MISMO MATERIAL	
39	42.60 42.73	53	23.50	100.30	85.80	23.27	ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS	

**MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA**

**CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA**

OBRA: TEPOTZOTLAN  
 SONDEO: SPE-1

FECHA: 15-Ago-00

Muestra N°	Profundidad m.	Tara N°	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm <sup>2</sup>	CLASIFICACION
41								
42								
43	45.00	206	23.20	80.60	67.50	29.57		ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON ESCASA ARENA FINA
	45.24							
44	45.60	111	21.30	96.60	77.10	34.95		ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON ESCASA ARENA FINA
	45.87							
45	46.20	17	13.40	77.10	62.80	28.95		ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS, CON ESCASA ARENA FINA
	46.45							
46	46.80	80	23.20	79.60	67.00	28.77		ARCILLA POCO LIMOSA, CAFÉ GRISÁCEO CON POCA ARENA FINA
	47.02							
47	50.00	29	11.80	74.80	61.50	26.76		ARCILLA POCO LIMOSA, CAFÉ GRISÁCEO CON POCA ARENA FINA
	50.20							
48	53.00	188	24.60	89.10	74.20	30.04		ARCILLA ARENOSA, CAFÉ GRISÁCEO CON ALGUNAS GRAVILLAS
	53.22							
49	56.00	64	23.50	78.20	61.00	45.87		ARCILLA POCO LIMOSA, GRIS CLARO, CON ARENA FINA
	56.42							
		151	24.60	87.10	67.80	44.68		LIMO POCO ARCILLOSO, CAFÉ, CON POCA ARENA FINA
50	59.00	26	12.20	54.90	46.10	25.96		ARENA POCO LIMOSA, GRIS
	59.05							

# MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA

## ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: TEPOTZOTLAN

SONDEO: SPE-1

PROFUND.: 22.40-23.85 m.

MUESTRA: 5-6-7

**DATOS:**

W TARA: 65.10 Gr

Ws+T 230.70 Gr

Ws: 165.60 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			100.00
3/8"	7.70	4.65	95.35
1/4"	11.70	7.07	88.29
N°4"	7.70	4.65	83.64
10.00	23.90	14.43	69.20
20.00	16.80	10.14	59.06
40.00	30.30	18.30	40.76
60.00	14.80	8.94	31.82
100.00	17.60	10.63	21.20
200.00	6.80	4.11	17.09
PASA 200	28.30	17.09	0.00
SUMA	165.60	0.00	0.00

GRAVA 16.4 %

ARENA 66.5 %

FINOS 17.1 %

SUMA= 100.0 %

100  
 %  
 Q  
 U  
 E  
 60  
 50  
 40  
 30  
 20  
 10  
 0

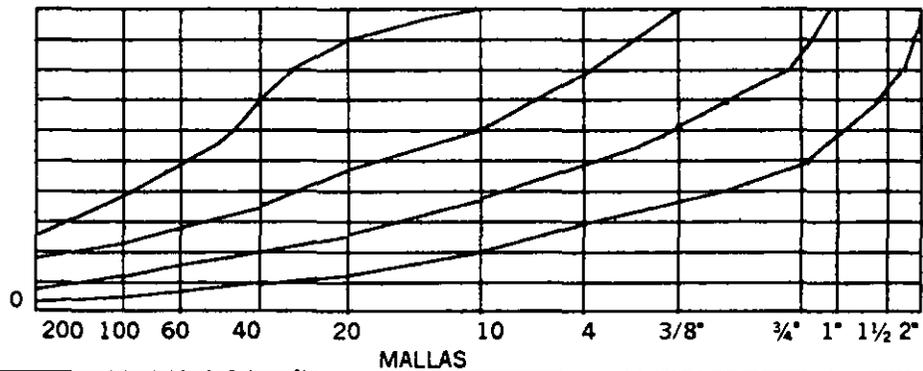


FIGURA 29

# MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA

## ANALISIS GRANULOMETRICO

<b>PROYECTO:</b> <u>TEPOTZOTLAN</u>			
<b>SONDEO:</b> <u>SPE-1</u>	<b>PROFUND.:</b> <u>33.60-34.25</u>	<i>m.</i>	
<b>MUESTRA:</b> <u>24-25</u>			

DATOS:

W TARA: 67.40 Gr

Ws+T 142.60 Gr

Ws: 75.20 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			100.00
3/4"	17.20	22.87	77.13
1/2"	8.00	10.64	66.49
3/8"	0.00	0.00	66.49
1/4"	6.20	8.24	58.24
N°4"	1.80	2.39	55.85
10.00	6.50	8.64	47.21
20.00	5.10	6.78	40.43
40.00	9.10	12.10	28.32
60.00	7.10	9.44	18.88
100.00	4.00	5.32	13.56
200.00	1.30	1.73	11.84
PASA 200	8.90	11.84	0.00
SUMA	75.20	0.00	0.00

GRAVA                    44.1 %

ARENA                    44.0 %

FINOS                    11.8 %

SUMA=                    100.0 %

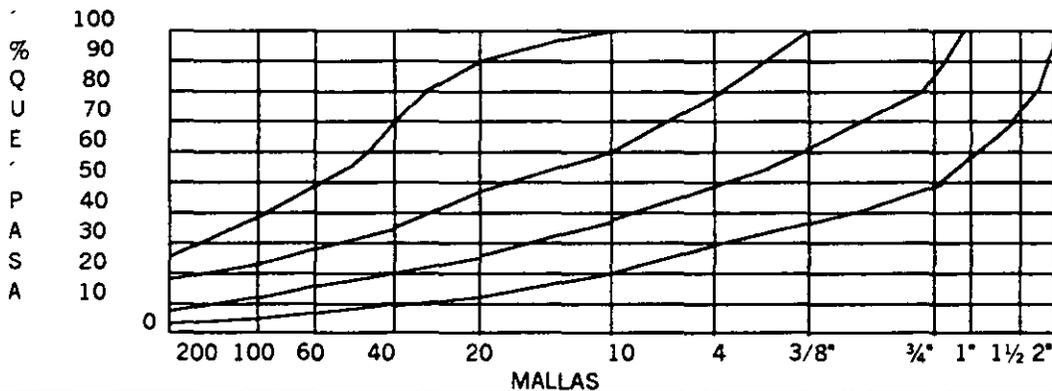


FIGURA 30

MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: TEPOTZOTLAN  
 SONDEO: SPE-1 PROFUND.: 38.40-39.09 m.  
 MUESTRA: 32-33

DATOS:

W TARA: 67.50 Gr

Ws+T 139.30 Gr

Ws: 71.80 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"			100.00
N°4"	3.10	4.32	95.68
10.00	15.90	22.14	73.54
20.00	10.60	14.76	58.77
40.00	7.70	10.72	48.05
60.00	4.80	6.69	41.36
100.00	7.30	10.17	31.20
200.00	3.00	4.18	27.02
PASA 200	19.40	27.02	0.00
SUMA	71.80	0.00	0.00

GRAVA 4.3 %  
 ARENA 68.7 %  
 FINOS 27.0 %  
 SUMA= 100.0 %

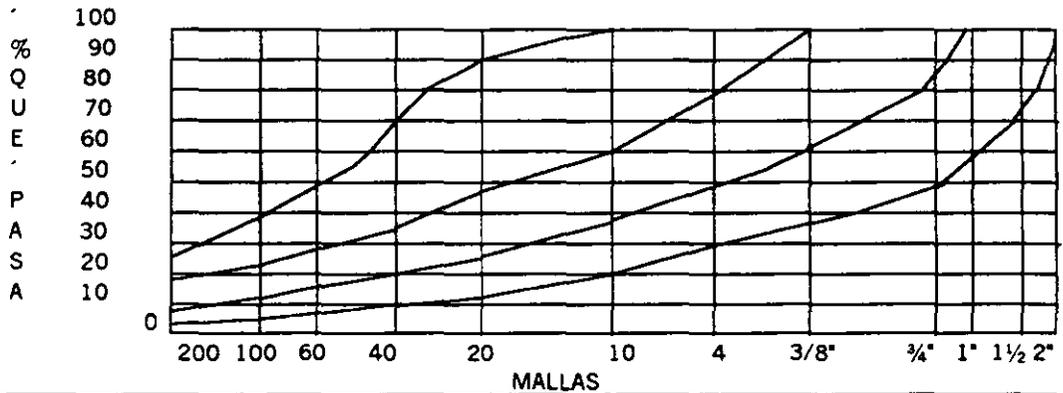


FIGURA 31

# MECANICA DE SUELOS Y ASESORIA GEOTECNICA

## ANALISIS GRANULOMETRICO

**PROYECTO:** TEPOTZOTLAN  
**SONDEO:** SPE-1 **PROFUND.:** 46.80-59.05 m.  
**MUESTRA:** 46-47-48-49-50

DATOS:

W TARA: 66.90 Gr Ws+T 324.80 Gr  
 Ws: 257.90 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			100.00
3/4"	9.00	3.49	96.51
1/2"	0.00	0.00	96.51
3/8"	2.60	1.01	95.50
1/4"	0.00	0.00	95.50
N°4"	3.10	1.20	94.30
10.00	29.10	11.28	83.02
20.00	29.10	11.28	71.73
40.00	28.90	11.21	60.53
60.00	15.60	6.05	54.48
100.00	22.10	8.57	45.91
200.00	13.50	5.23	40.67
PASA 200	104.90	40.67	0.00
SUMA	257.90	0.00	0.00

GRAVA 5.7 %  
 ARENA 53.6 %  
 FINOS 40.7 %  
 SUMA= 100.0 %

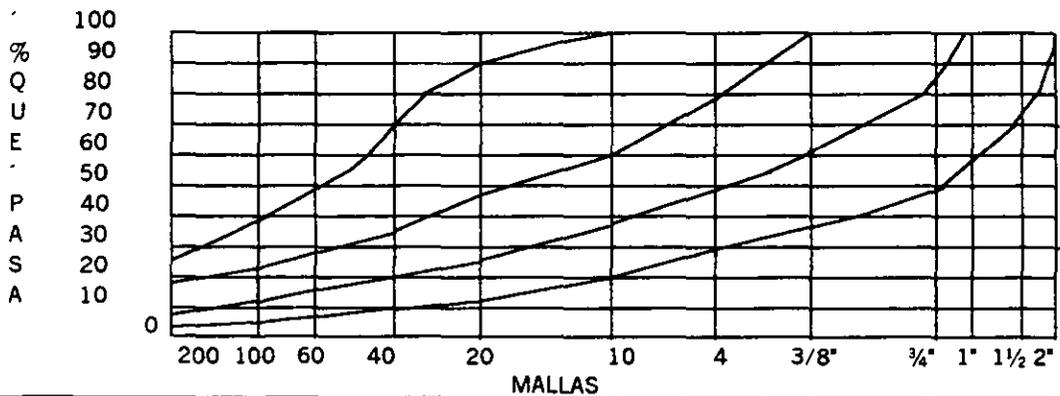
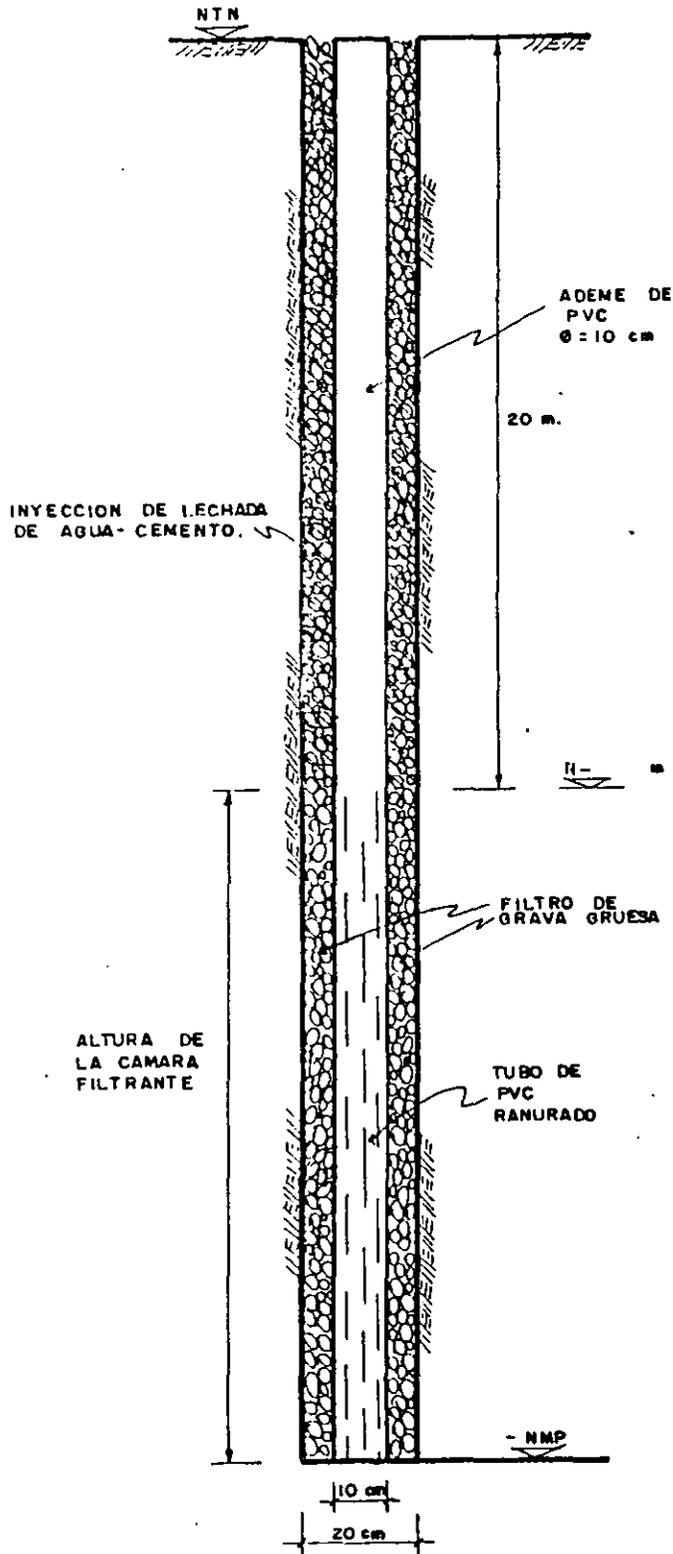


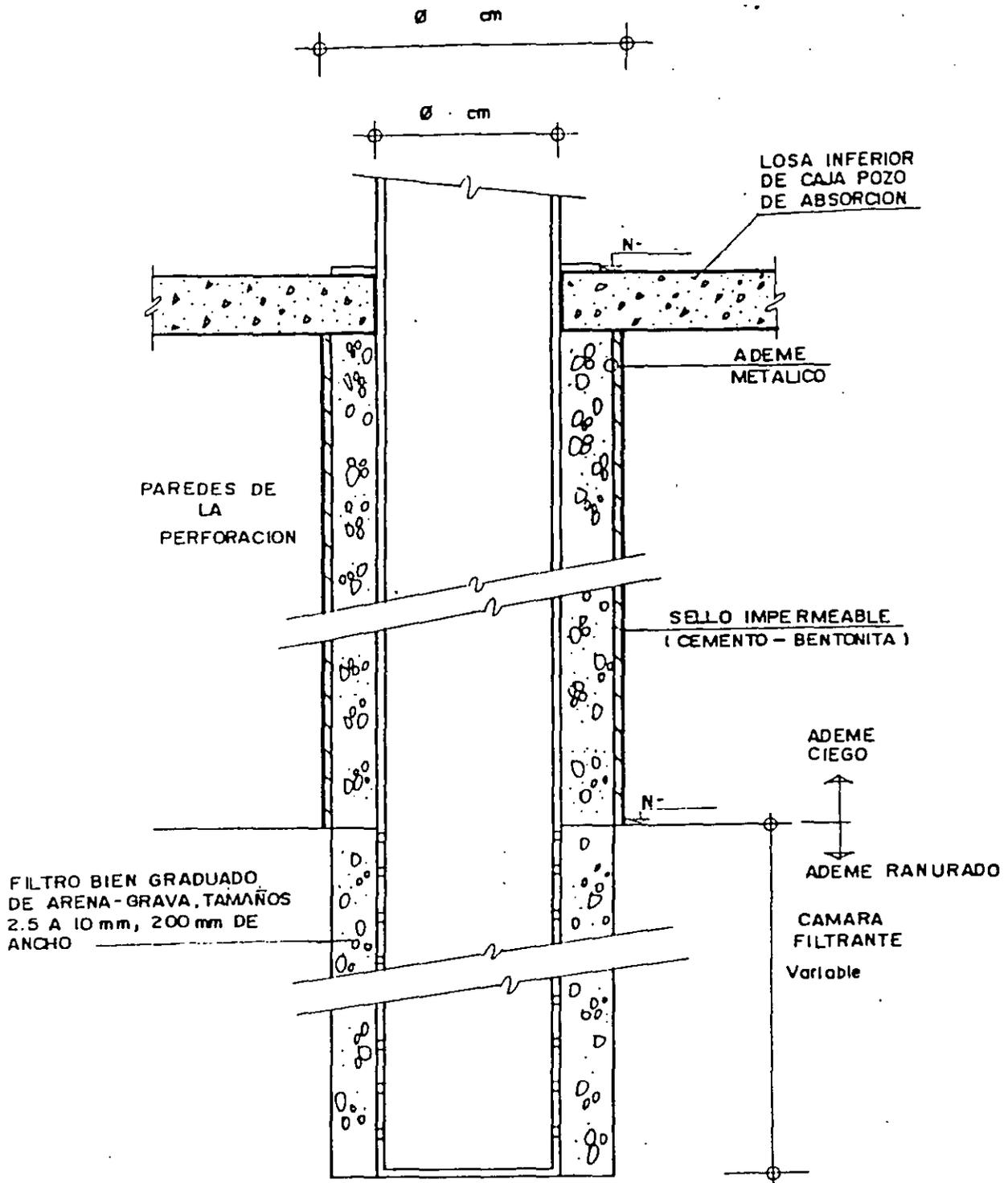
FIGURA 32

POZO FILTRANTE



CARACTERISTICAS DEL POZO FILTRANTE

NTN : NIVEL DEL TERRENO NATURAL  
NMP : NIVEL MAXIMO DE PERFORACION



DETALLE ESQUEMATICO DE POZO DE ABSORCION .

# ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS

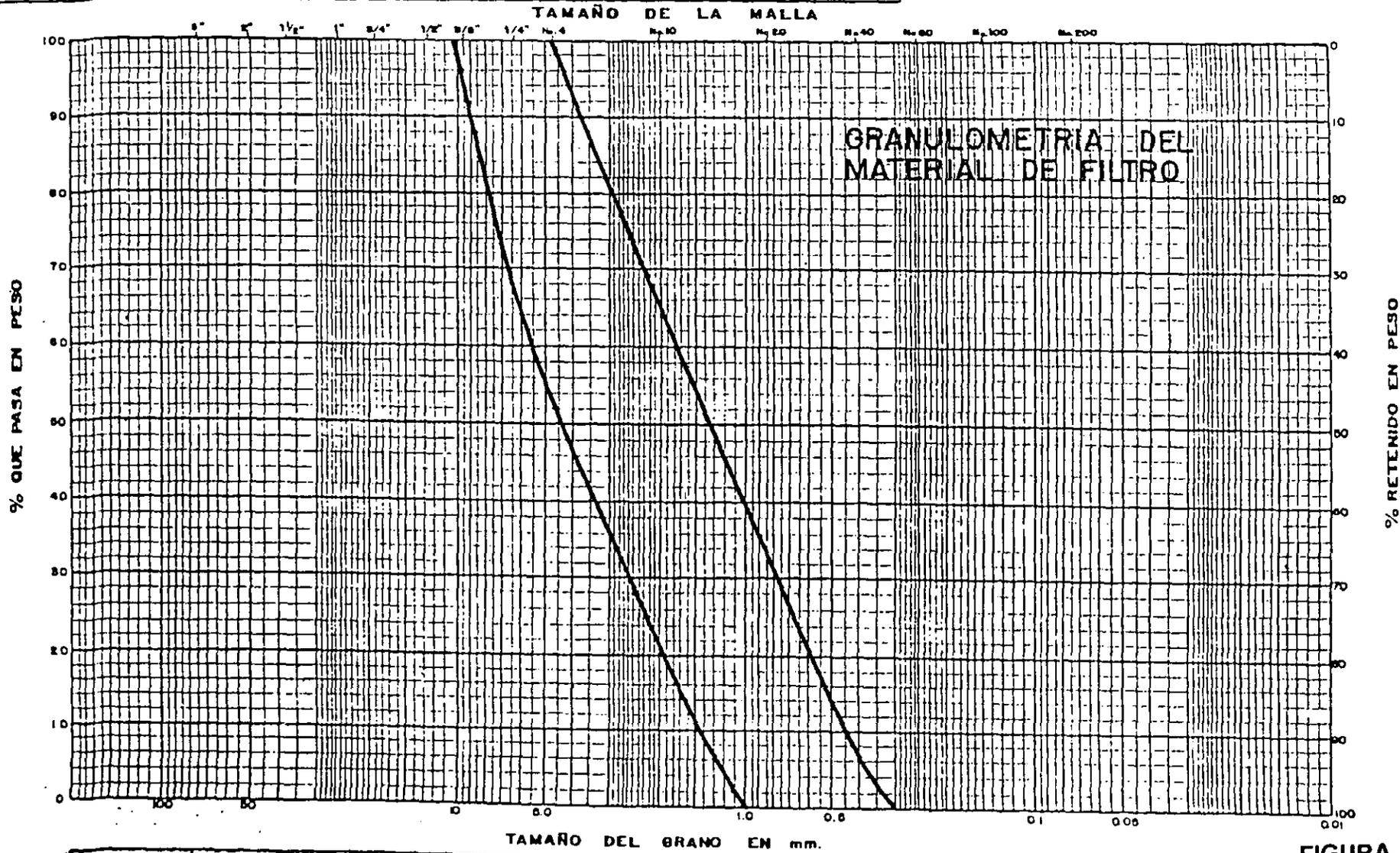
PROFUNDIDAD	MUESTRA	SIMBOLO	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub> = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$	C <sub>c</sub> = $\frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$	GRAVA	ARENA	FINOS	CONTENIDO DE AGUA NATURAL	GRUPO
m	n		mm	mm	mm			%	%	%	%	BUCCS

OBRA N° \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: \_\_\_\_\_

**PERMEABILIDAD**

TIPO DE SONDEO: \_\_\_\_\_



**FIGURA 34**

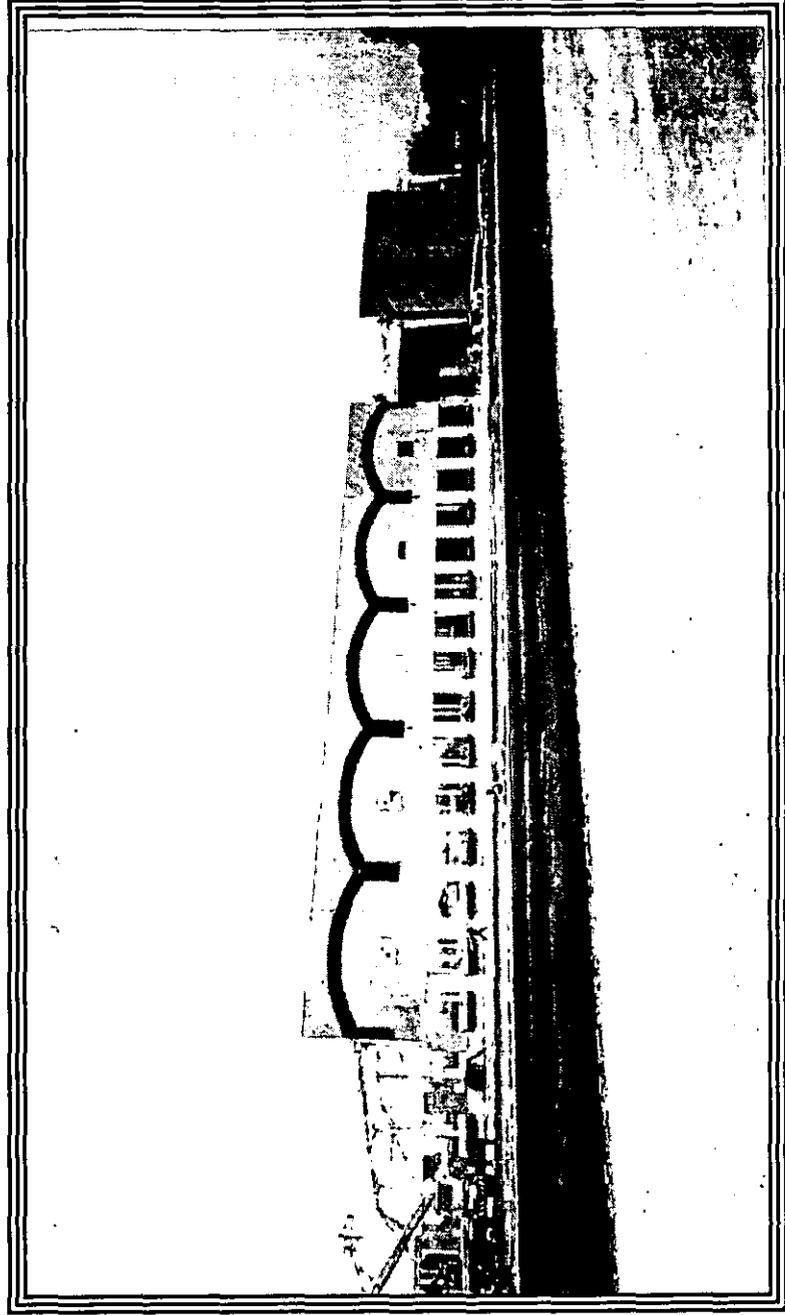
ANEXO

FOTOGRAFICO

TEPOTZOTLAN  
EDO. DE MEX.



Propiedad de TEMA, Academia de Barroco  
Autores: Enrique Domínguez Juárez



*FOTO # 1 FACHADA DE LA NAVE*



Proyecto de Tesis, Universidad de Baldo  
Autor: Pedro Enrique Azares

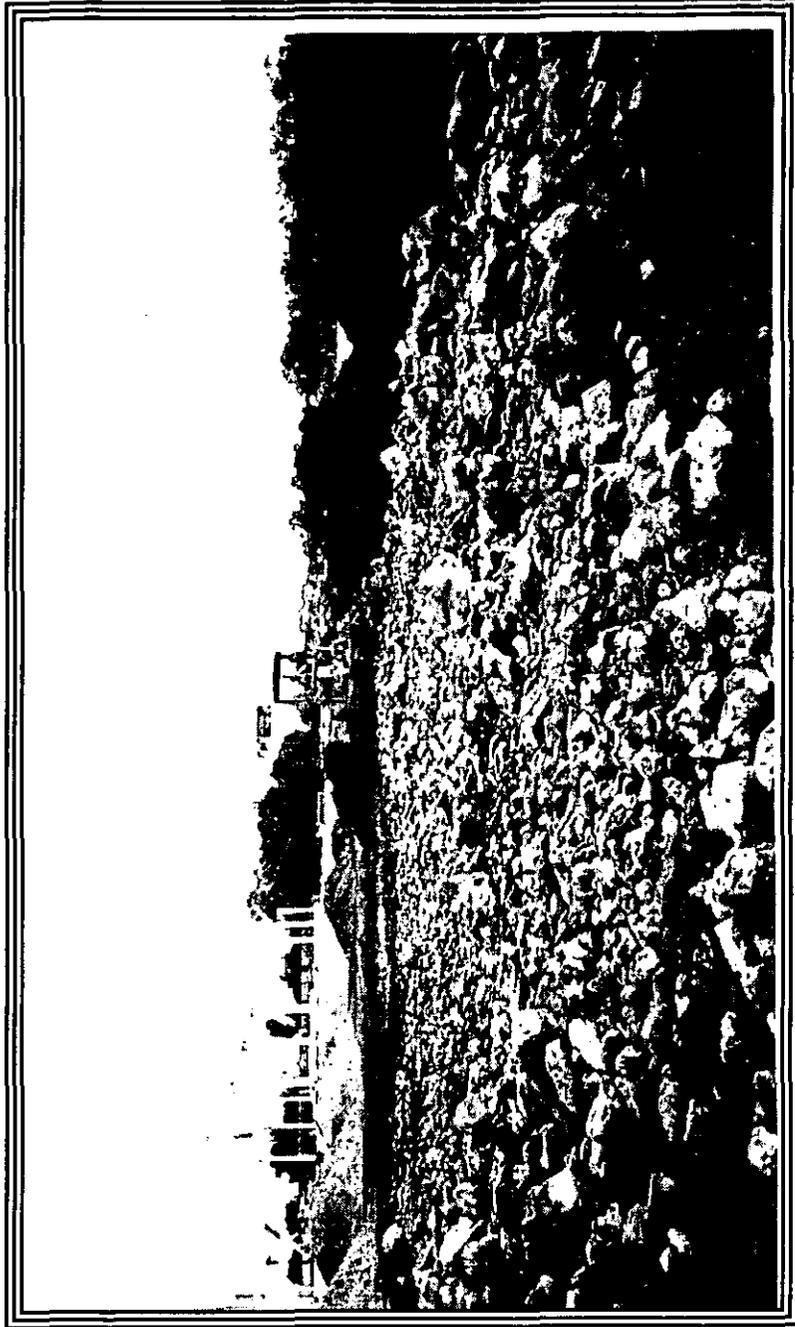
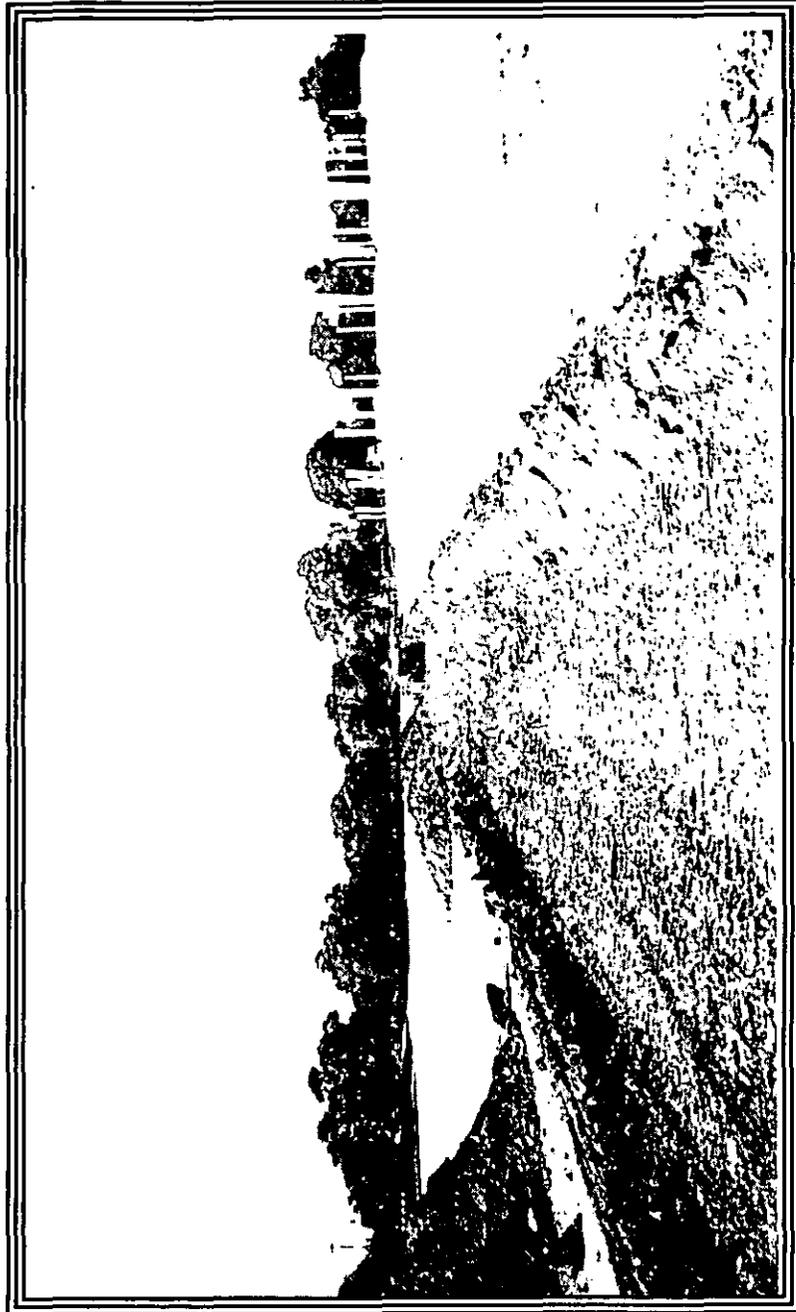


FOTO # 2 LIMPIEZA DEL TERRENO

  
Proyecto de Tesis: Reconstrucción del Banco  
Autor: Yessy Patricia Juárez



*FOTO # 3 DESPLAME DEL TERRENO*

PROYECTO DE TRILAS BIODINAMICAS DE BRANCO  
ANEXO FOTOGRAFICO NUMERO



**FOTO # 4 ESTRATIFICACIÓN DEL SUELO EN ESTUDIO**

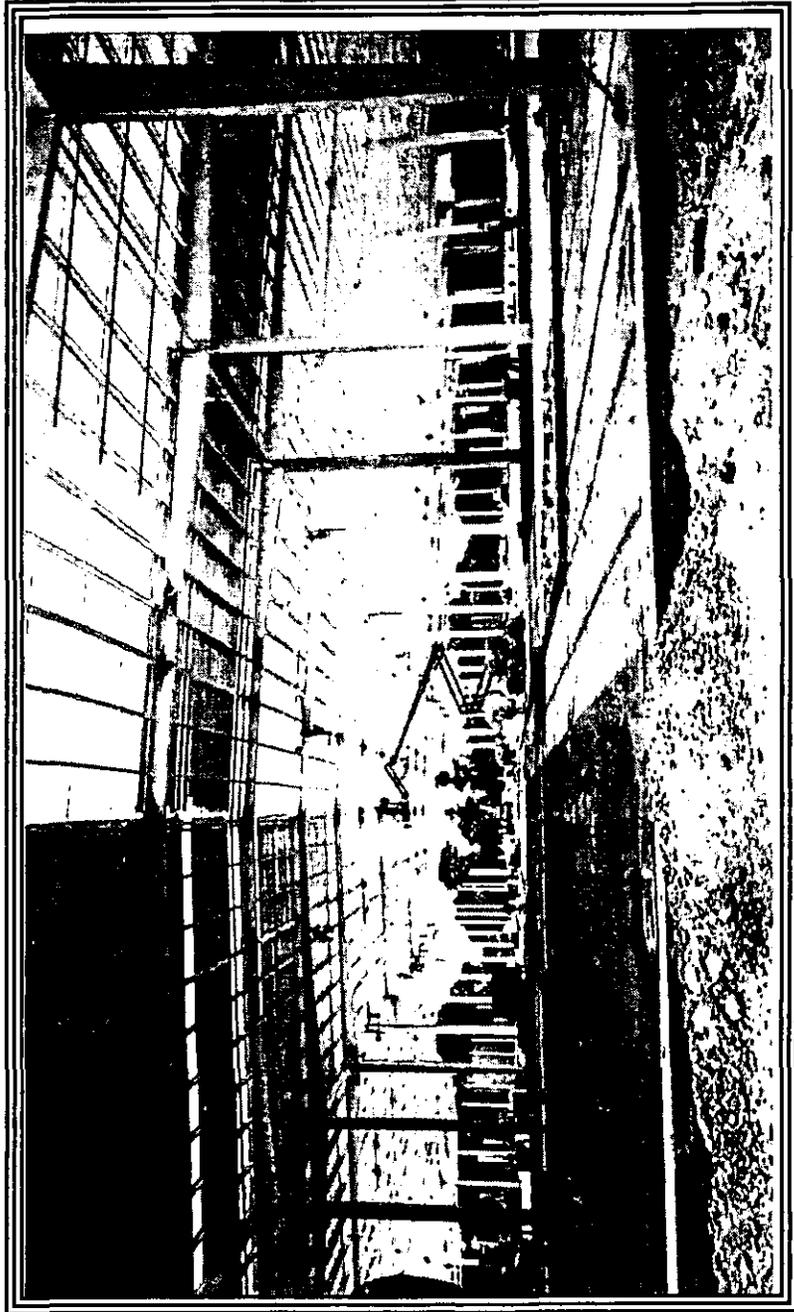
 PROCESO DE TRAZA, POSICION DE BANCOS  
DEBIDO A LA GRAN INUNDACION



**FOTO # 5 OBTENCION DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS**



PROCESO DE TRABAJO REALIZADO EN EL BANCO  
DEPARTAMENTO DE TRABAJO INTERIOR AGRARIO



**FOTO # 6 DISTRIBUCION DE LA NAVE EN SU INTERIOR**



Proyecto de Arqueología de Banco  
del Tepotzotlan, México



FOTO # 7 EXCAVACION PARA ZAPATA



Proceso de Tercera Posición de Bando  
MEXICO 1977 INICIA EN ABRIL

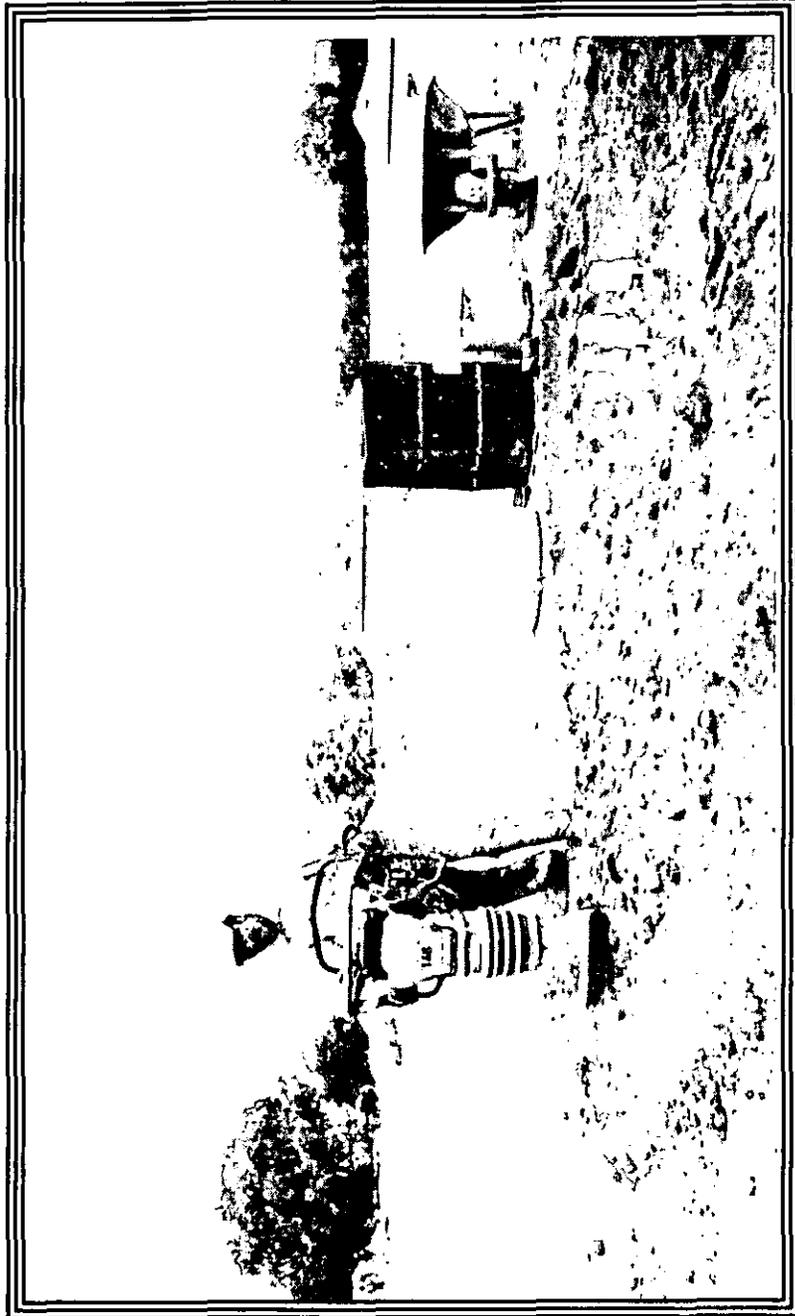
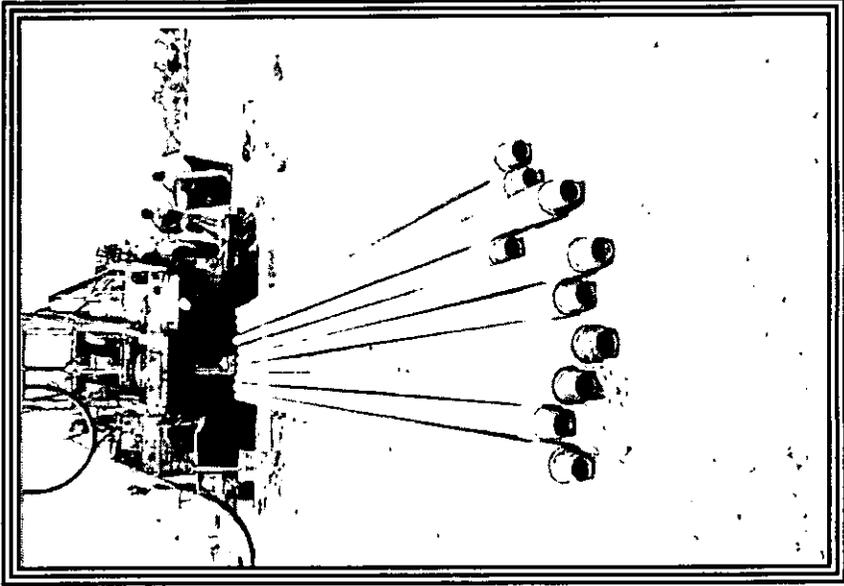


FOTO # 8 RELLENO DE LA EXCAVACION DE LA ZAPATA



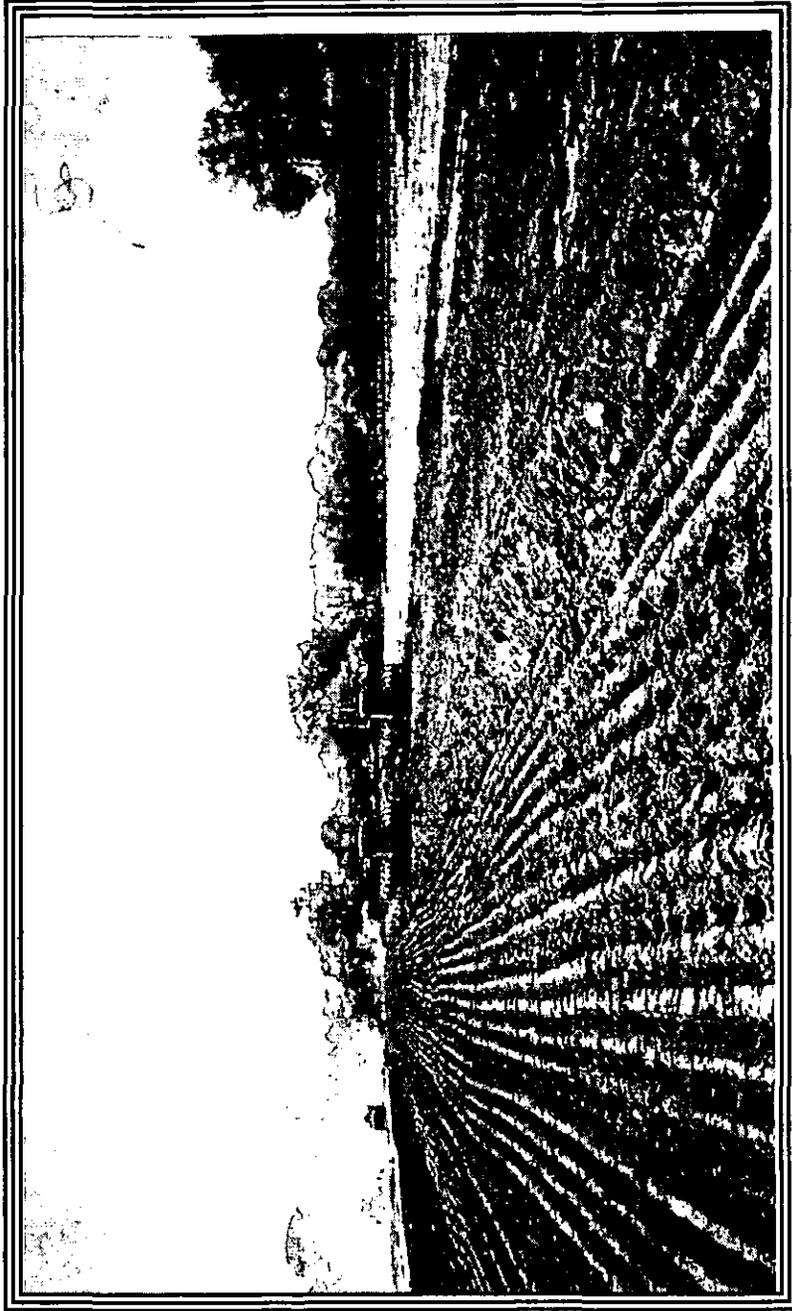
Proyecto de Tuberías Hordadas de Bunko  
SECRETARÍA DE ENERGÍA FEDERAL



**FOTO # 9 TUBERIA EMPLEADA PARA LA PERFORACION**



Proyecto de Tercer Nivel de Estudios  
de la Zona de Tepotzotlan



**FOTO # 10 COMPACTACION DE LA PLATAFORMA**



Proyecto de Tercer Nivelación de Búnos  
del Área de Fomento Agrícola



**FOTO # 11 EXTENSION Y COMPACTACION DEL MATERIAL  
MEDIANTE "LA MOTOCONFORMADORA" Y "RODILLO LISO"**



Proyecto de Tesis: Mecánica de Suelos

Alumno: Roberto Enrique Juárez

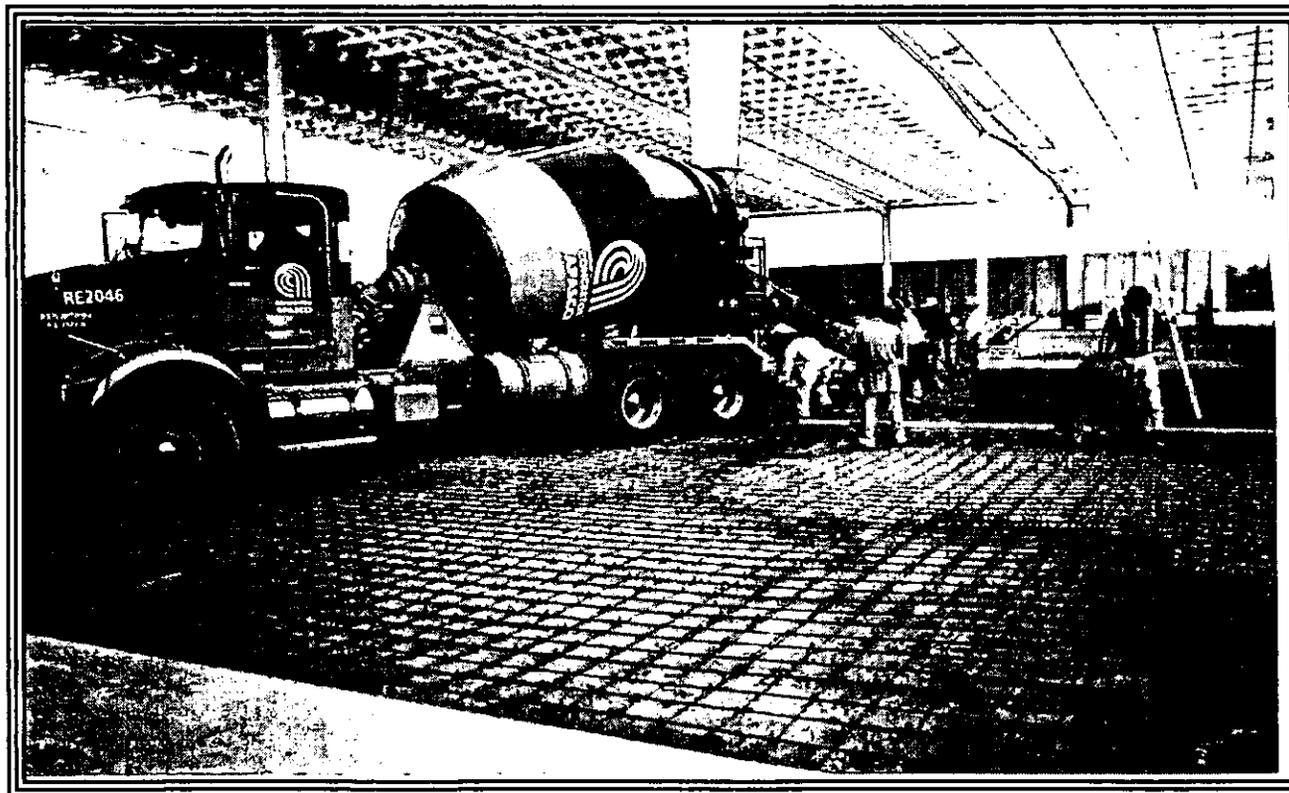


**FOTO # 12 CALAS PARA VERIFICAR LA COMPACTACION DEL MATERIAL**



Proyecto de Tercera Etapa de Modernización de Búnker

del Aeropuerto Internacional de Tepotzotlán



**FOTO # 13 COLADO DE LA PLATAFORMA DE LA NAVE**



Proyecto de Tema: Resistencia de Bunko  
Autor: Roberto Llanusa Amador

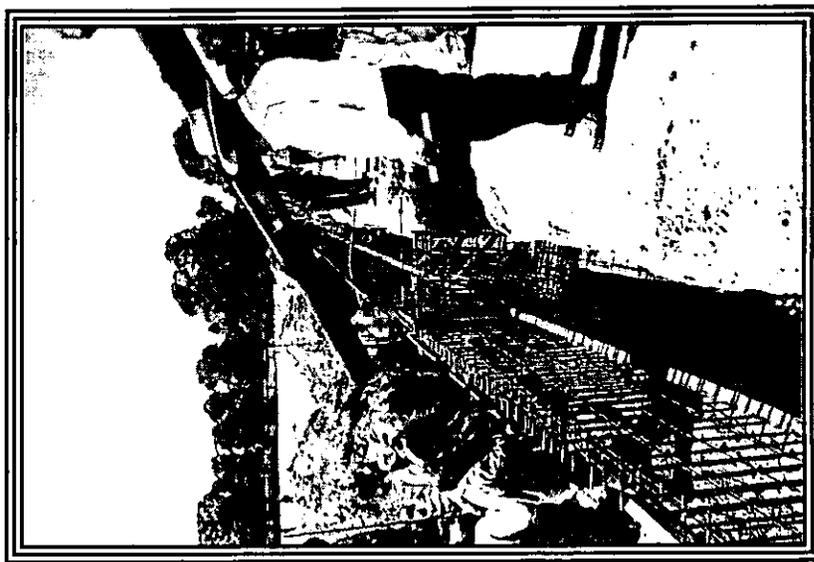
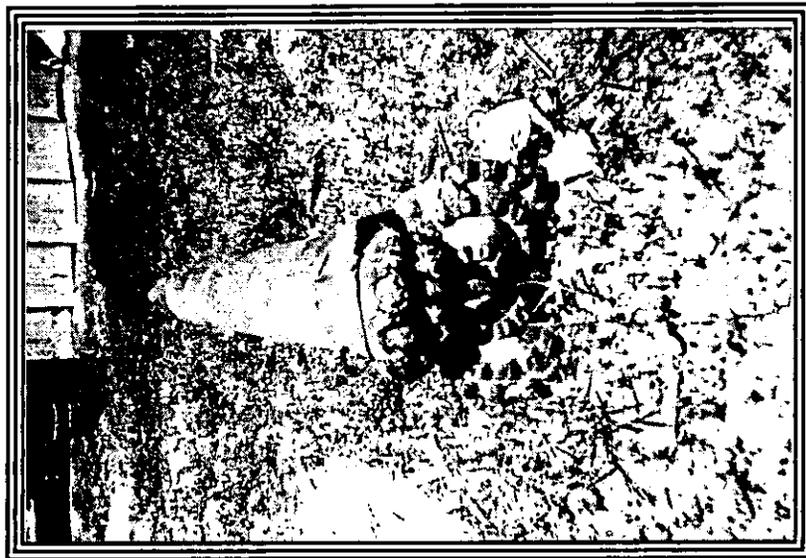


FOTO # 14 COLADO DEL MURO DE CONTENCIÓN



Proyecto de Tercer Nivelación de Buzos  
Buzos para Irrigación Avanza



**FOTO # 15 BROCA UTILIZADA PARA LA INICIACION DEL POZO  
DE ABSORCION**

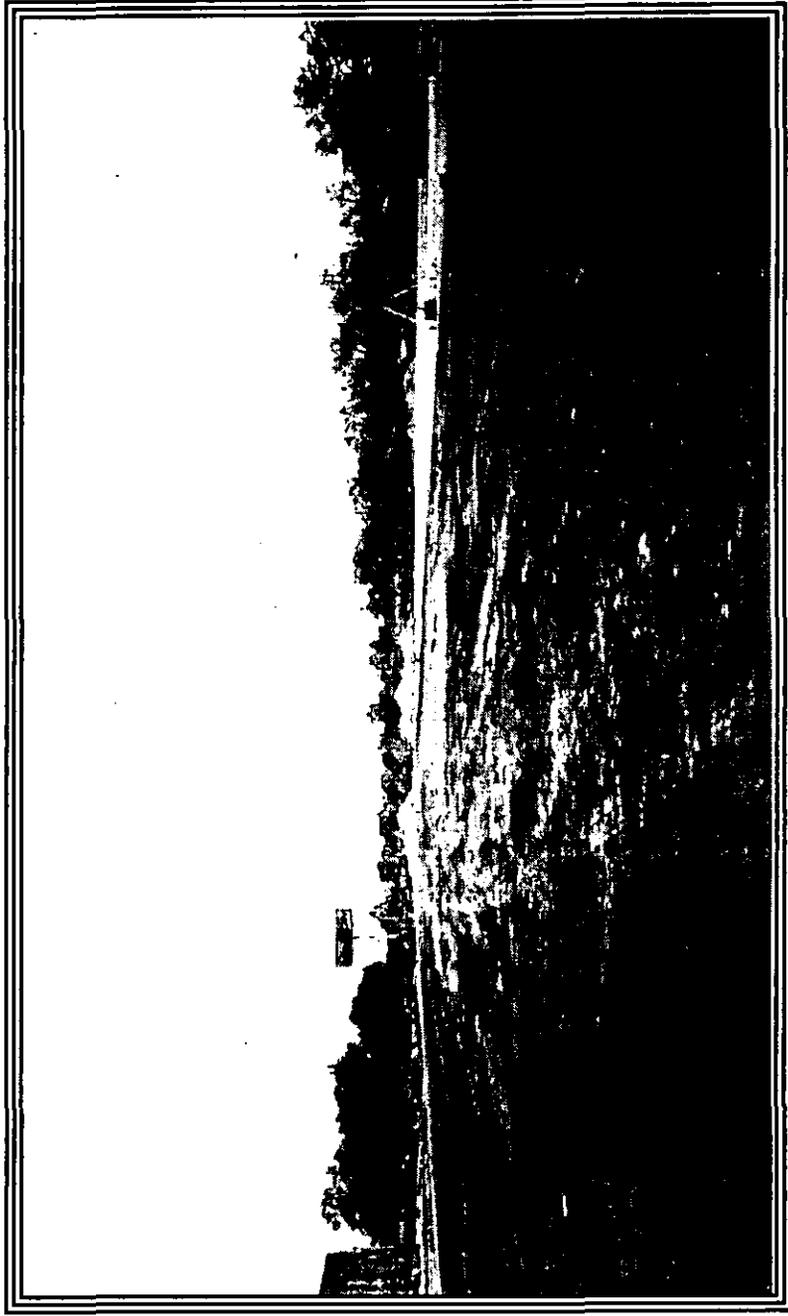
PROYECTO DE TRILAS, BIODIVERSIDAD DE BAMBACO  
SECRETARÍA DE ECONOMÍA



**FOTO # 16 CUARTEO DEL MATERIAL DE LA BASE PARA,  
REALIZAR LA PRUEBA PORTER**

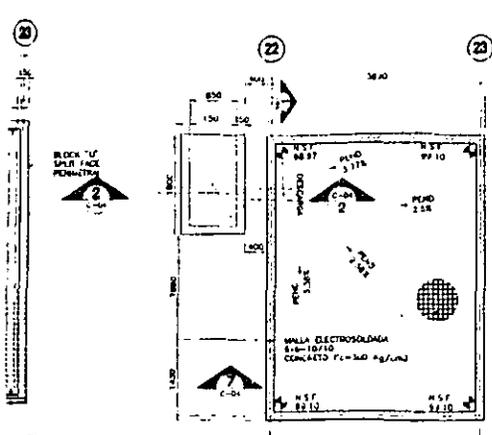


PROYECTO DE TRAZA, RESERVA DE AGUAS  
COMUNIDAD RURAL TEPOTZOTLAN



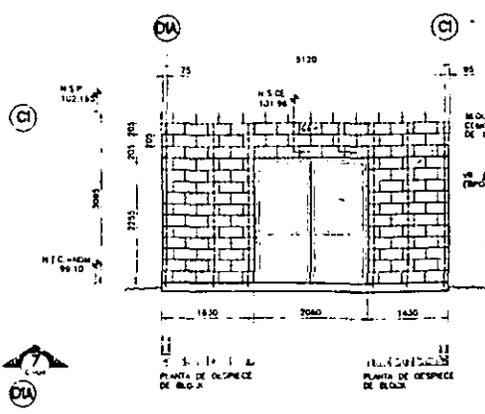
*FOTO # 17 RIEGO DE IMPREGNACION.*

ANEXO  
DE  
PLANOS

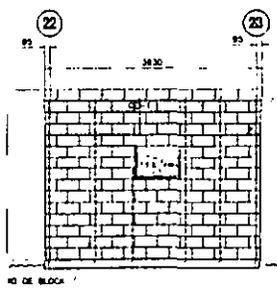


CUBERTA  
ESC. 1/30

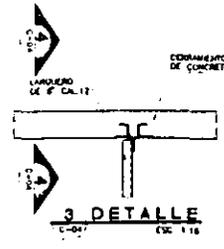
PLANTA DE FERROS  
ESC. 1/30



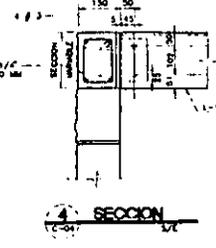
A ELEVACION POR EJE '23'  
C-04 ESC. 1/30



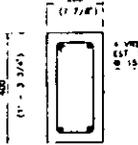
D ELEVACION POR EJE No 2-1A  
C-04 ESC. 1/30



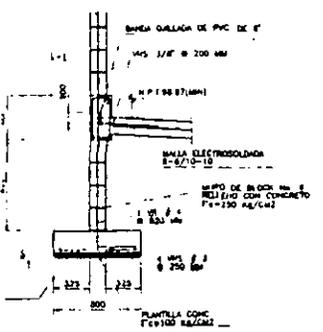
3 DETALLE  
C-04 ESC. 1/18



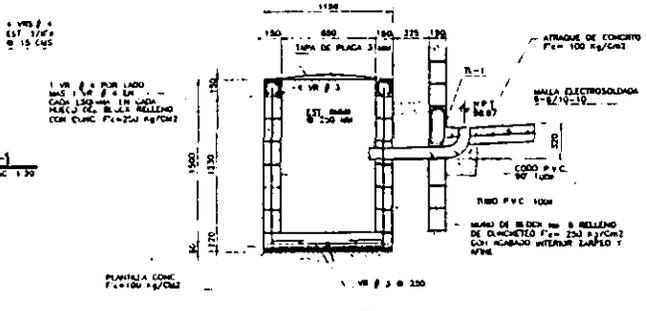
4 SECCION  
C-04 ESC. 1/18



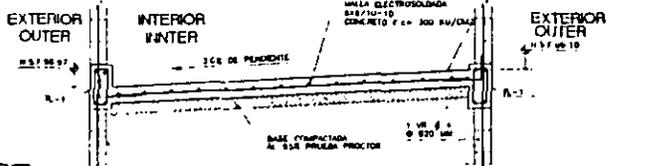
TRABE DE LOJA TI-1  
ESC. 1/30



SECCION ZAPATA CORRIDA Y MURO DE CONTENICION



2 SECCION DE CARCAMO SUMP SECTION  
C-04 ESC. 1/18

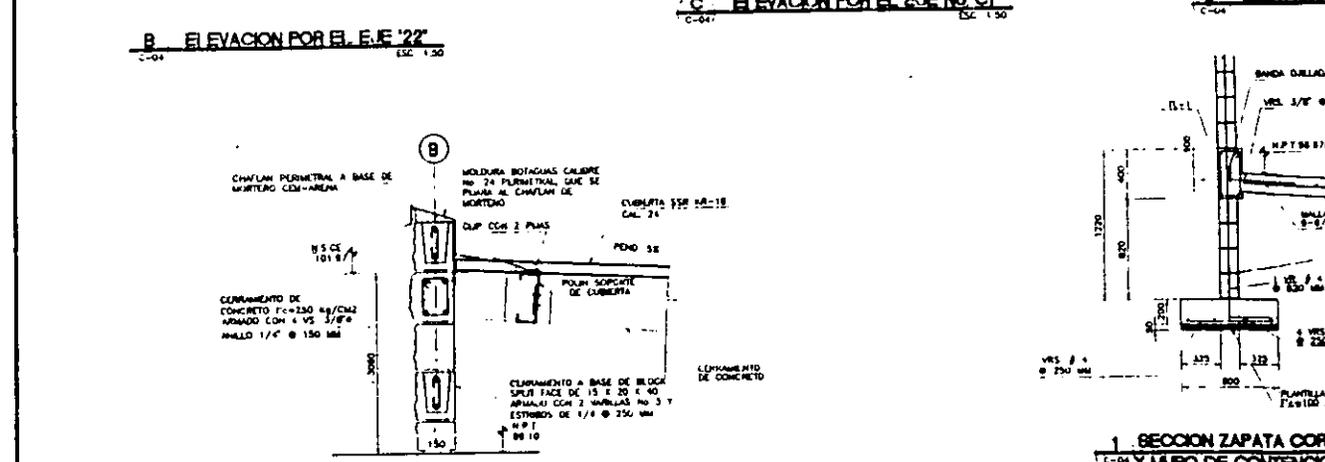
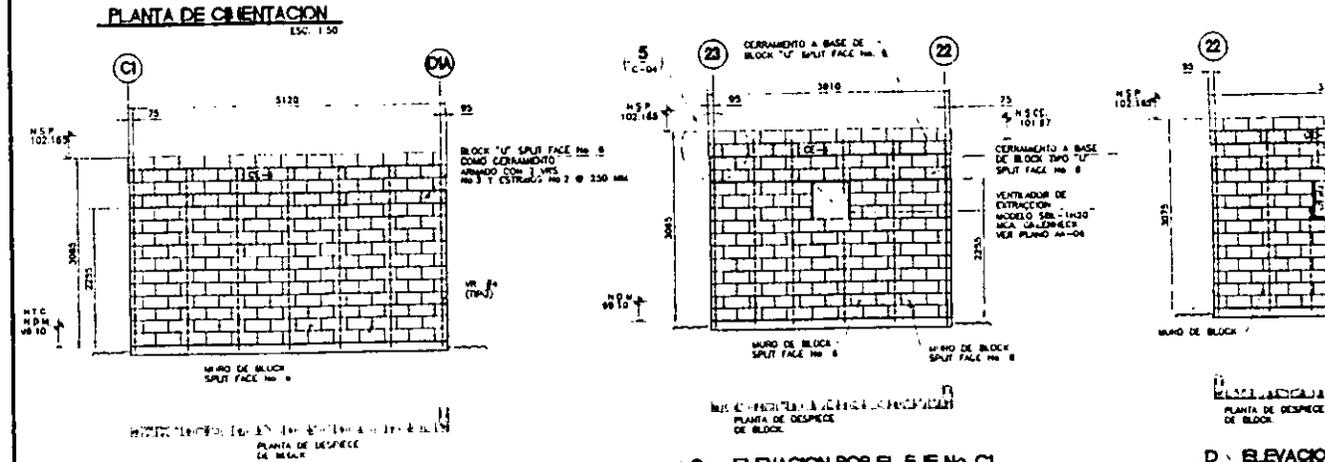
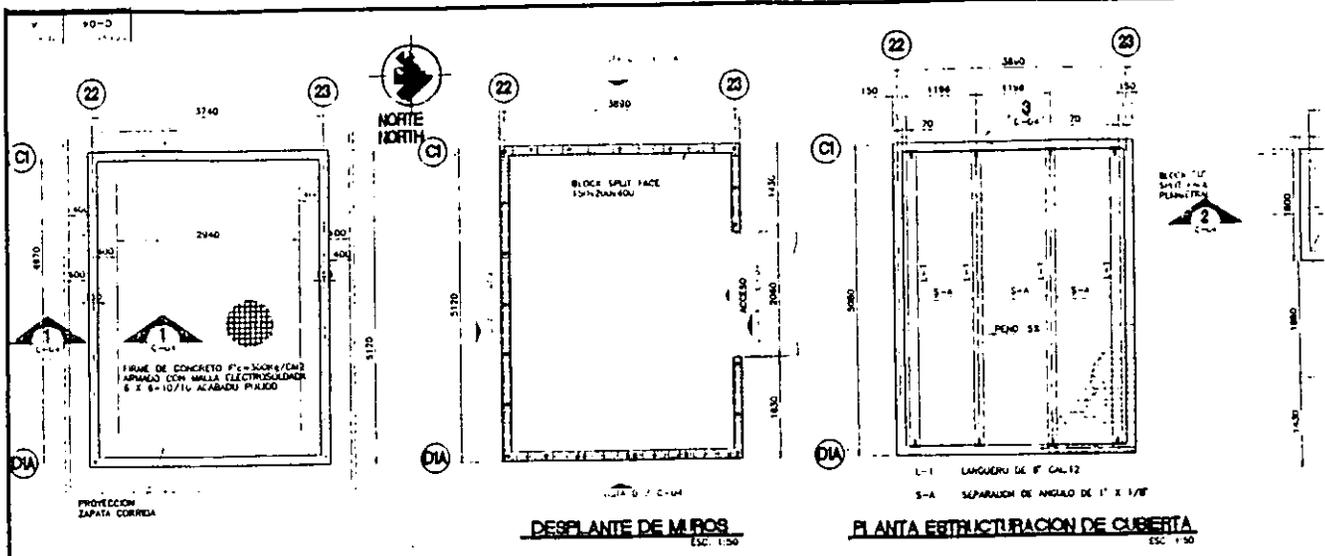


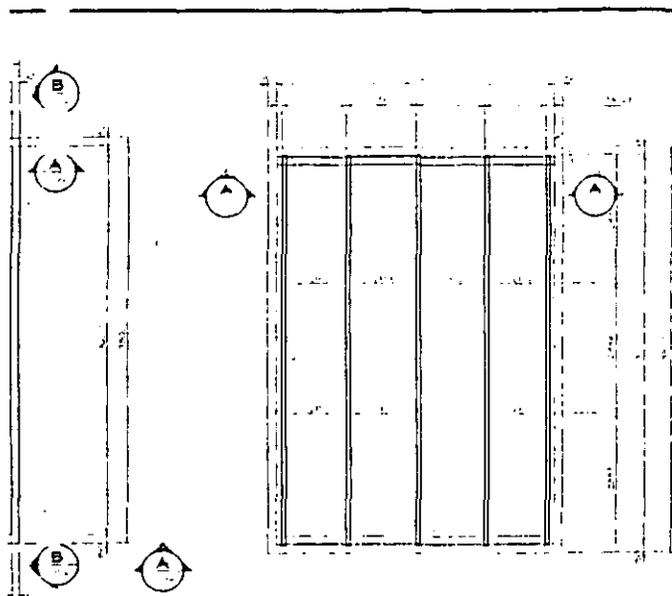
7 SECCION DE FERRO  
C-04


**CONSTRUCTORA DOCSA S.A. DE C.V.**  
 JUL. 5 2000  
**BOLO PARA COTIZACION**  
 ENTREGADOPOR:

- NOTA:**
- 1.- ACOTACIONES EN MILIMETROS
  - 2.- ANCHOS EN METROS
  - 3.- ACERO LA REFUERZO  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
  - 4.- CONCRETO  $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$  PARA EL FERRO
  - 5.- CONCRETO  $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$  PARA LA CIMENTACION
- NOMENCLATURA**
- M.C. = NIVEL TOPIC DE CONCRETO
  - M.P.T. = NIVEL PISO TERMINADO
  - M.S.C. = NIVEL SUPERIOR DE CORRAMIENTO
  - M.S.M. = NIVEL DESPLANTE DE MURO
  - M.S.P. = MALLA SUPERIOR DE PRETE


**Bristol Myers Squibb**  
**CUARTO DE MATERIALES PELIGROSOS**  
 NUM. REFERENCE  
 REV. DESCRIPTION DATE  
 1.00  
 2.00  
 3.00  
 4.00  
 5.00  
 6.00  
 7.00  
 8.00  
 9.00  
 10.00  
 11.00  
 12.00  
 13.00  
 14.00  
 15.00  
 16.00  
 17.00  
 18.00  
 19.00  
 20.00  
 21.00  
 22.00  
 23.00  
 24.00  
 25.00  
 26.00  
 27.00  
 28.00  
 29.00  
 30.00  
 31.00  
 32.00  
 33.00  
 34.00  
 35.00  
 36.00  
 37.00  
 38.00  
 39.00  
 40.00  
 41.00  
 42.00  
 43.00  
 44.00  
 45.00  
 46.00  
 47.00  
 48.00  
 49.00  
 50.00  
 51.00  
 52.00  
 53.00  
 54.00  
 55.00  
 56.00  
 57.00  
 58.00  
 59.00  
 60.00  
 61.00  
 62.00  
 63.00  
 64.00  
 65.00  
 66.00  
 67.00  
 68.00  
 69.00  
 70.00  
 71.00  
 72.00  
 73.00  
 74.00  
 75.00  
 76.00  
 77.00  
 78.00  
 79.00  
 80.00  
 81.00  
 82.00  
 83.00  
 84.00  
 85.00  
 86.00  
 87.00  
 88.00  
 89.00  
 90.00  
 91.00  
 92.00  
 93.00  
 94.00  
 95.00  
 96.00  
 97.00  
 98.00  
 99.00  
 100.00  
 101.00  
 102.00  
 103.00  
 104.00  
 105.00  
 106.00  
 107.00  
 108.00  
 109.00  
 110.00  
 111.00  
 112.00  
 113.00  
 114.00  
 115.00  
 116.00  
 117.00  
 118.00  
 119.00  
 120.00  
 121.00  
 122.00  
 123.00  
 124.00  
 125.00  
 126.00  
 127.00  
 128.00  
 129.00  
 130.00  
 131.00  
 132.00  
 133.00  
 134.00  
 135.00  
 136.00  
 137.00  
 138.00  
 139.00  
 140.00  
 141.00  
 142.00  
 143.00  
 144.00  
 145.00  
 146.00  
 147.00  
 148.00  
 149.00  
 150.00  
 151.00  
 152.00  
 153.00  
 154.00  
 155.00  
 156.00  
 157.00  
 158.00  
 159.00  
 160.00  
 161.00  
 162.00  
 163.00  
 164.00  
 165.00  
 166.00  
 167.00  
 168.00  
 169.00  
 170.00  
 171.00  
 172.00  
 173.00  
 174.00  
 175.00  
 176.00  
 177.00  
 178.00  
 179.00  
 180.00  
 181.00  
 182.00  
 183.00  
 184.00  
 185.00  
 186.00  
 187.00  
 188.00  
 189.00  
 190.00  
 191.00  
 192.00  
 193.00  
 194.00  
 195.00  
 196.00  
 197.00  
 198.00  
 199.00  
 200.00  
 201.00  
 202.00  
 203.00  
 204.00  
 205.00  
 206.00  
 207.00  
 208.00  
 209.00  
 210.00  
 211.00  
 212.00  
 213.00  
 214.00  
 215.00  
 216.00  
 217.00  
 218.00  
 219.00  
 220.00  
 221.00  
 222.00  
 223.00  
 224.00  
 225.00  
 226.00  
 227.00  
 228.00  
 229.00  
 230.00  
 231.00  
 232.00  
 233.00  
 234.00  
 235.00  
 236.00  
 237.00  
 238.00  
 239.00  
 240.00  
 241.00  
 242.00  
 243.00  
 244.00  
 245.00  
 246.00  
 247.00  
 248.00  
 249.00  
 250.00  
 251.00  
 252.00  
 253.00  
 254.00  
 255.00  
 256.00  
 257.00  
 258.00  
 259.00  
 260.00  
 261.00  
 262.00  
 263.00  
 264.00  
 265.00  
 266.00  
 267.00  
 268.00  
 269.00  
 270.00  
 271.00  
 272.00  
 273.00  
 274.00  
 275.00  
 276.00  
 277.00  
 278.00  
 279.00  
 280.00  
 281.00  
 282.00  
 283.00  
 284.00  
 285.00  
 286.00  
 287.00  
 288.00  
 289.00  
 290.00  
 291.00  
 292.00  
 293.00  
 294.00  
 295.00  
 296.00  
 297.00  
 298.00  
 299.00  
 300.00  
 301.00  
 302.00  
 303.00  
 304.00  
 305.00  
 306.00  
 307.00  
 308.00  
 309.00  
 310.00  
 311.00  
 312.00  
 313.00  
 314.00  
 315.00  
 316.00  
 317.00  
 318.00  
 319.00  
 320.00  
 321.00  
 322.00  
 323.00  
 324.00  
 325.00  
 326.00  
 327.00  
 328.00  
 329.00  
 330.00  
 331.00  
 332.00  
 333.00  
 334.00  
 335.00  
 336.00  
 337.00  
 338.00  
 339.00  
 340.00  
 341.00  
 342.00  
 343.00  
 344.00  
 345.00  
 346.00  
 347.00  
 348.00  
 349.00  
 350.00  
 351.00  
 352.00  
 353.00  
 354.00  
 355.00  
 356.00  
 357.00  
 358.00  
 359.00  
 360.00  
 361.00  
 362.00  
 363.00  
 364.00  
 365.00  
 366.00  
 367.00  
 368.00  
 369.00  
 370.00  
 371.00  
 372.00  
 373.00  
 374.00  
 375.00  
 376.00  
 377.00  
 378.00  
 379.00  
 380.00  
 381.00  
 382.00  
 383.00  
 384.00  
 385.00  
 386.00  
 387.00  
 388.00  
 389.00  
 390.00  
 391.00  
 392.00  
 393.00  
 394.00  
 395.00  
 396.00  
 397.00  
 398.00  
 399.00  
 400.00  
 401.00  
 402.00  
 403.00  
 404.00  
 405.00  
 406.00  
 407.00  
 408.00  
 409.00  
 410.00  
 411.00  
 412.00  
 413.00  
 414.00  
 415.00  
 416.00  
 417.00  
 418.00  
 419.00  
 420.00  
 421.00  
 422.00  
 423.00  
 424.00  
 425.00  
 426.00  
 427.00  
 428.00  
 429.00  
 430.00  
 431.00  
 432.00  
 433.00  
 434.00  
 435.00  
 436.00  
 437.00  
 438.00  
 439.00  
 440.00  
 441.00  
 442.00  
 443.00  
 444.00  
 445.00  
 446.00  
 447.00  
 448.00  
 449.00  
 450.00  
 451.00  
 452.00  
 453.00  
 454.00  
 455.00  
 456.00  
 457.00  
 458.00  
 459.00  
 460.00  
 461.00  
 462.00  
 463.00  
 464.00  
 465.00  
 466.00  
 467.00  
 468.00  
 469.00  
 470.00  
 471.00  
 472.00  
 473.00  
 474.00  
 475.00  
 476.00  
 477.00  
 478.00  
 479.00  
 480.00  
 481.00  
 482.00  
 483.00  
 484.00  
 485.00  
 486.00  
 487.00  
 488.00  
 489.00  
 490.00  
 491.00  
 492.00  
 493.00  
 494.00  
 495.00  
 496.00  
 497.00  
 498.00  
 499.00  
 500.00  
 501.00  
 502.00  
 503.00  
 504.00  
 505.00  
 506.00  
 507.00  
 508.00  
 509.00  
 510.00  
 511.00  
 512.00  
 513.00  
 514.00  
 515.00  
 516.00  
 517.00  
 518.00  
 519.00  
 520.00  
 521.00  
 522.00  
 523.00  
 524.00  
 525.00  
 526.00  
 527.00  
 528.00  
 529.00  
 530.00  
 531.00  
 532.00  
 533.00  
 534.00  
 535.00  
 536.00  
 537.00  
 538.00  
 539.00  
 540.00  
 541.00  
 542.00  
 543.00  
 544.00  
 545.00  
 546.00  
 547.00  
 548.00  
 549.00  
 550.00  
 551.00  
 552.00  
 553.00  
 554.00  
 555.00  
 556.00  
 557.00  
 558.00  
 559.00  
 560.00  
 561.00  
 562.00  
 563.00  
 564.00  
 565.00  
 566.00  
 567.00  
 568.00  
 569.00  
 570.00  
 571.00  
 572.00  
 573.00  
 574.00  
 575.00  
 576.00  
 577.00  
 578.00  
 579.00  
 580.00  
 581.00  
 582.00  
 583.00  
 584.00  
 585.00  
 586.00  
 587.00  
 588.00  
 589.00  
 590.00  
 591.00  
 592.00  
 593.00  
 594.00  
 595.00  
 596.00  
 597.00  
 598.00  
 599.00  
 600.00  
 601.00  
 602.00  
 603.00  
 604.00  
 605.00  
 606.00  
 607.00  
 608.00  
 609.00  
 610.00  
 611.00  
 612.00  
 613.00  
 614.00  
 615.00  
 616.00  
 617.00  
 618.00  
 619.00  
 620.00  
 621.00  
 622.00  
 623.00  
 624.00  
 625.00  
 626.00  
 627.00  
 628.00  
 629.00  
 630.00  
 631.00  
 632.00  
 633.00  
 634.00  
 635.00  
 636.00  
 637.00  
 638.00  
 639.00  
 640.00  
 641.00  
 642.00  
 643.00  
 644.00  
 645.00  
 646.00  
 647.00  
 648.00  
 649.00  
 650.00  
 651.00  
 652.00  
 653.00  
 654.00  
 655.00  
 656.00  
 657.00  
 658.00  
 659.00  
 660.00  
 661.00  
 662.00  
 663.00  
 664.00  
 665.00  
 666.00  
 667.00  
 668.00  
 669.00  
 670.00  
 671.00  
 672.00  
 673.00  
 674.00  
 675.00  
 676.00  
 677.00  
 678.00  
 679.00  
 680.00  
 681.00  
 682.00  
 683.00  
 684.00  
 685.00  
 686.00  
 687.00  
 688.00  
 689.00  
 690.00  
 691.00  
 692.00  
 693.00  
 694.00  
 695.00  
 696.00  
 697.00  
 698.00  
 699.00  
 700.00  
 701.00  
 702.00  
 703.00  
 704.00  
 705.00  
 706.00  
 707.00  
 708.00  
 709.00  
 710.00  
 711.00  
 712.00  
 713.00  
 714.00  
 715.00  
 716.00  
 717.00  
 718.00  
 719.00  
 720.00  
 721.00  
 722.00  
 723.00  
 724.00  
 725.00  
 726.00  
 727.00  
 728.00  
 729.00  
 730.00  
 731.00  
 732.00  
 733.00  
 734.00  
 735.00  
 736.00  
 737.00  
 738.00  
 739.00  
 740.00  
 741.00  
 742.00  
 743.00  
 744.00  
 745.00  
 746.00  
 747.00  
 748.00  
 749.00  
 750.00  
 751.00  
 752.00  
 753.00  
 754.00  
 755.00  
 756.00  
 757.00  
 758.00  
 759.00  
 760.00  
 761.00  
 762.00  
 763.00  
 764.00  
 765.00  
 766.00  
 767.00  
 768.00  
 769.00  
 770.00  
 771.00  
 772.00  
 773.00  
 774.00  
 775.00  
 776.00  
 777.00  
 778.00  
 779.00  
 780.00  
 781.00  
 782.00  
 783.00  
 784.00  
 785.00  
 786.00  
 787.00  
 788.00  
 789.00  
 790.00  
 791.00  
 792.00  
 793.00  
 794.00  
 795.00  
 796.00  
 797.00  
 798.00  
 799.00  
 800.00  
 801.00  
 802.00  
 803.00  
 804.00  
 805.00  
 806.00  
 807.00  
 808.00  
 809.00  
 810.00  
 811.00  
 812.00  
 813.00  
 814.00  
 815.00  
 816.00  
 817.00  
 818.00  
 819.00  
 820.00  
 821.00  
 822.00  
 823.00  
 824.00  
 825.00  
 826.00  
 827.00  
 828.00  
 829.00  
 830.00  
 831.00  
 832.00  
 833.00  
 834.00  
 835.00  
 836.00  
 837.00  
 838.00  
 839.00  
 840.00  
 841.00  
 842.00  
 843.00  
 844.00  
 845.00  
 846.00  
 847.00  
 848.00  
 849.00  
 850.00  
 851.00  
 852.00  
 853.00  
 854.00  
 855.00  
 856.00  
 857.00  
 858.00  
 859.00  
 860.00  
 861.00  
 862.00  
 863.00  
 864.00  
 865.00  
 866.00  
 867.00  
 868.00  
 869.00  
 870.00  
 871.00  
 872.00  
 873.00  
 874.00  
 875.00  
 876.00  
 877.00  
 878.00  
 879.00  
 880.00  
 881.00  
 882.00  
 883.00  
 884.00  
 885.00  
 886.00  
 887.00  
 888.00  
 889.00  
 890.00  
 891.00  
 892.00  
 893.00  
 894.00  
 895.00  
 896.00  
 897.00  
 898.00  
 899.00  
 900.00  
 901.00  
 902.00  
 903.00  
 904.00  
 905.00  
 906.00  
 907.00  
 908.00  
 909.00  
 910.00  
 911.00  
 912.00  
 913.00  
 914.00  
 915.00  
 916.00  
 917.00  
 918.00  
 919.00  
 920.00  
 921.00  
 922.00  
 923.00  
 924.00  
 925.00  
 926.00  
 927.00  
 928.00  
 929.00  
 930.00  
 931.00  
 932.00  
 933.00  
 934.00  
 935.00  
 936.00  
 937.00  
 938.00  
 939.00  
 940.00  
 941.00  
 942.00  
 943.00  
 944.00  
 945.00  
 946.00  
 947.00  
 948.00  
 949.00  
 950.00  
 951.00  
 952.00  
 953.

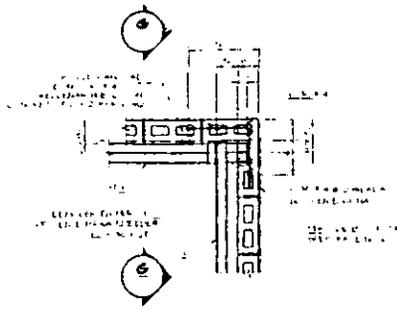




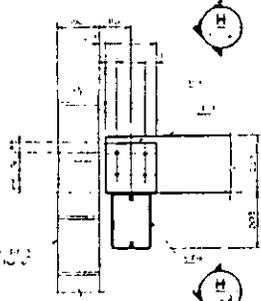
**PLANTA DE CUBIERTA**

**LISTA DE MATERIAL**

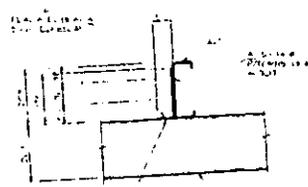
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...



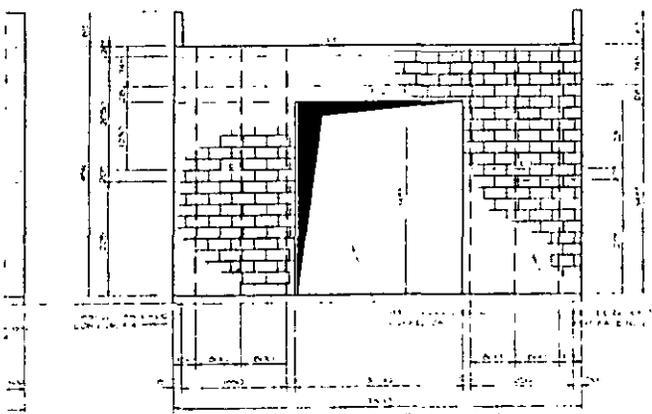
**DETALLE No. 1**



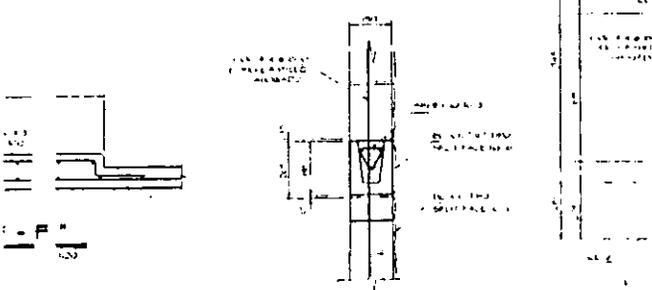
**SECCION "G-G"**



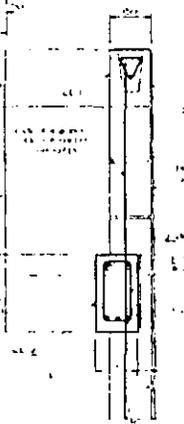
**SECCION "H-H"**



**SECCION "C-C"**



**CERRAM. CE-1**



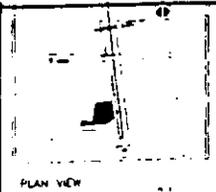
**CERRAM. CE-2**

**NOTAS:**

- MECANICAS**
1. ...
  2. ...
  3. ...
  4. ...
  5. ...

**NOTAS:**

- CIVILES**
1. ...
  2. ...
  3. ...
  4. ...



PLAN VIEW

**Instalación Myers Squibb**

SUBSTACION ELECTRICA  
CUBIERTA DE PLANTAS DE  
Muros y Elevaciones

**DOCSA**

NUM. CONSTRUCION: **DOCSA, S.A. DE C.V.**

FECHA: **08-2000** DATE

**SOLD PARA CONSTRUCCION**

ENTREGA DE PLANOS:

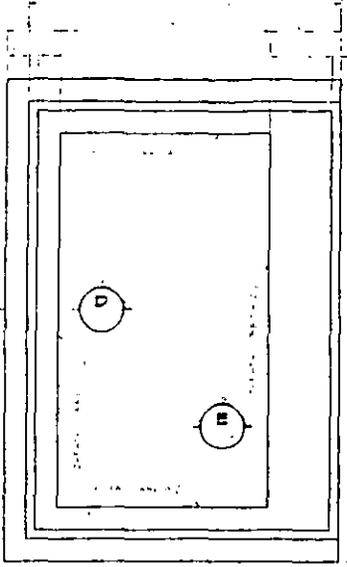
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...

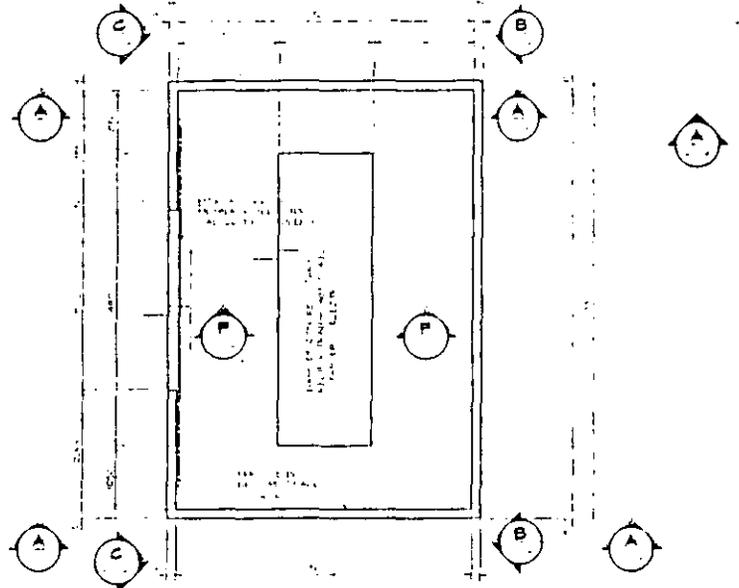
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...



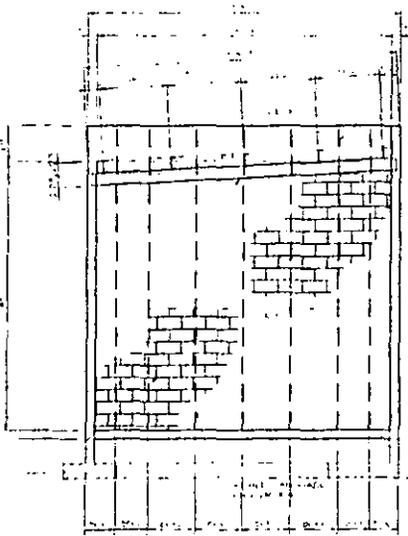
**C-03 SUBSTACION**



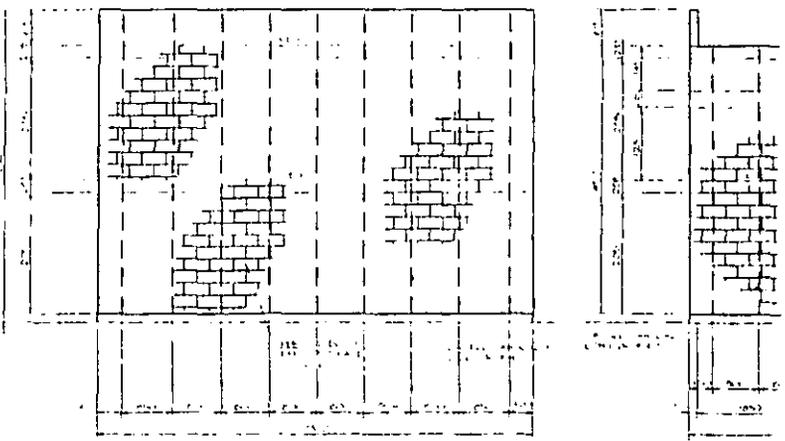
PLANTA DE CIMENTACION



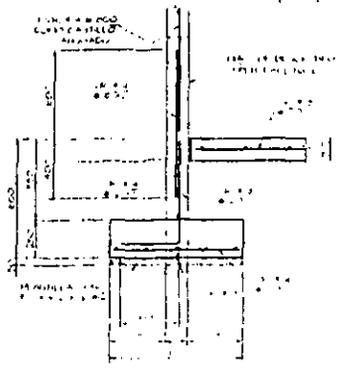
PLANTA DESPLANTE DE MUROS



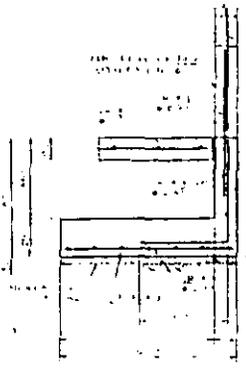
SECCION "A - A"



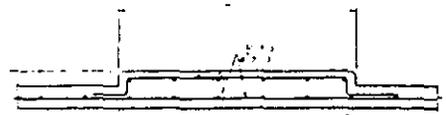
SECCION "B - B"



SECCION "D - D"  
ZAPATA CORRIDA 2-1

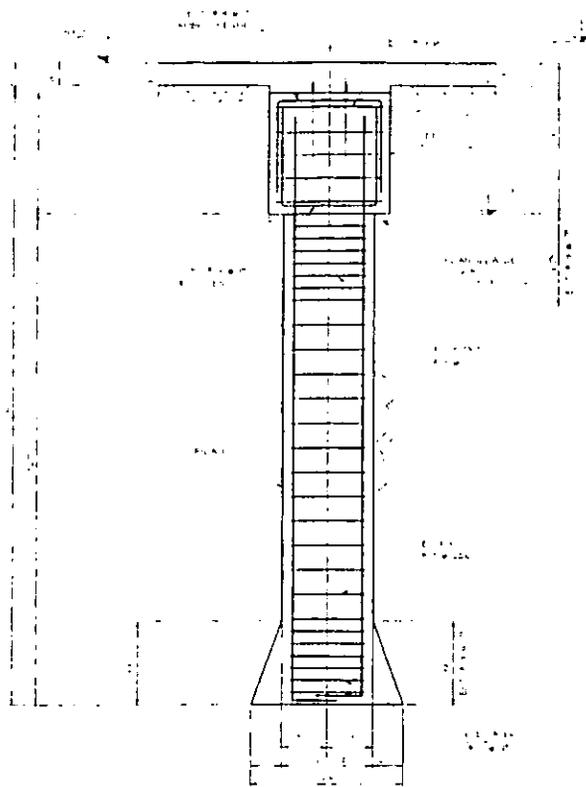
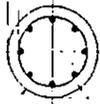


SECCION "E - E"  
ZAPATA CORRIDA 2-2



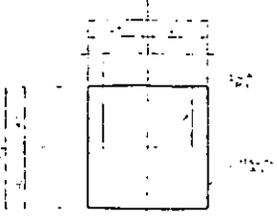
SECCION "P - P"



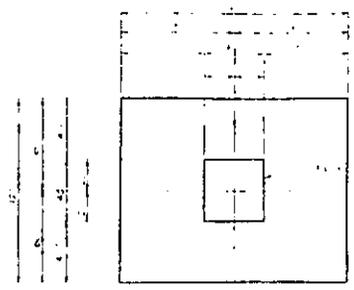


DETALLE DE PILA "P-1"  
SE REQ. 121 PZAS.

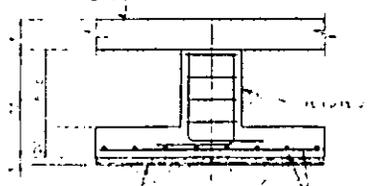
DIE  
FIG.  
H U  
J2 J3  
K



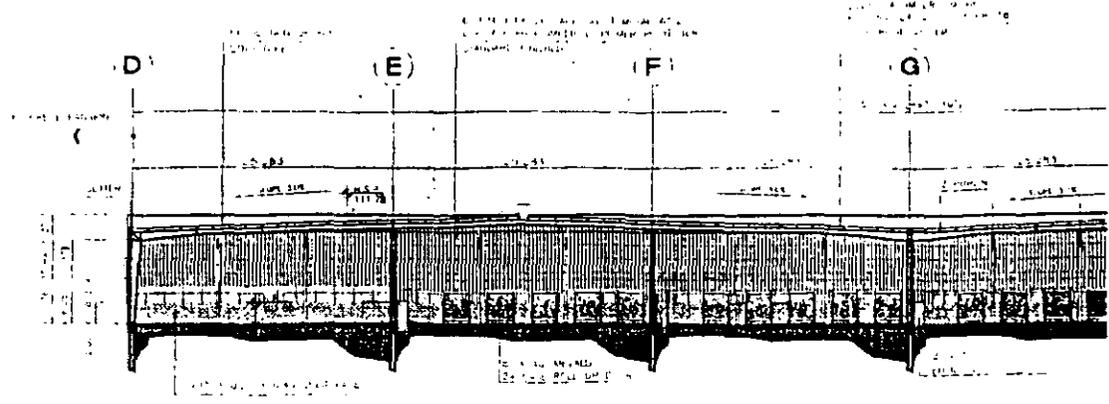
PLANTA CABEZAL CA-1



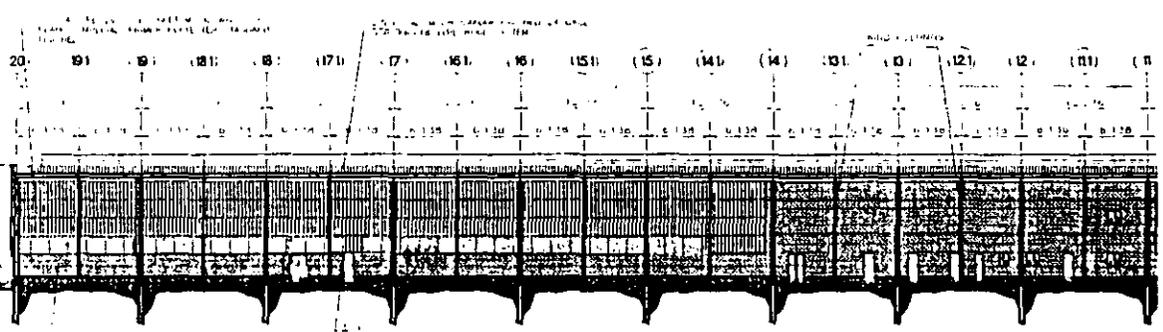
PLANTA ZAPATA Z-1  
P/COLS. VIENTO  
SE REQ. 39 PZAS.



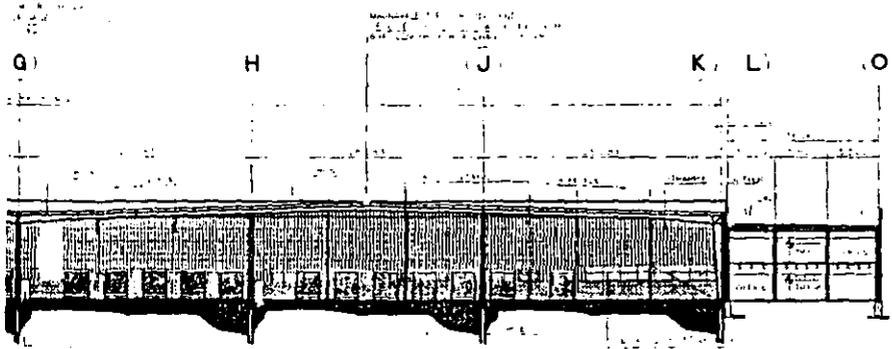
ELEVACION ZAPATA Z-1



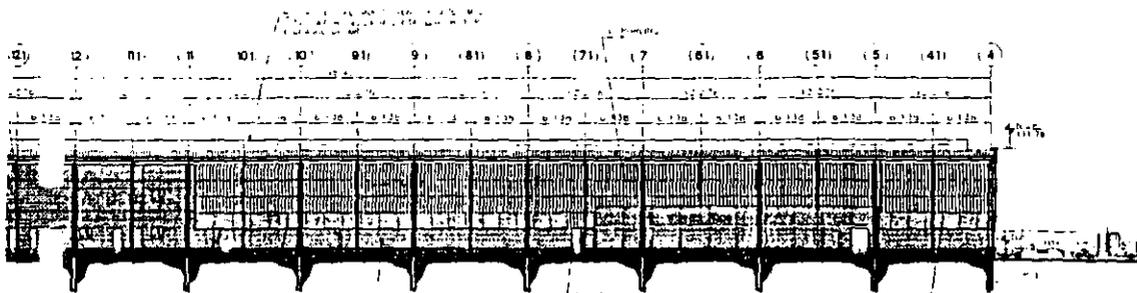
SECTION A -



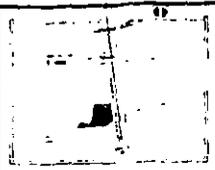
SECTION B -



SECTION A - A'



SECTION B - B'



PLAN VIEW

 Industal Myers Squibb

CROSS SECTION

NUM	REFERENCE

REV	DESCRIPTION	DATE

NO. 05-05-00	PROYECTO TOTAL
<b>A-04</b>	INDUSTRIAL MYERS SQUIBB
1:300	11

FECHA	USUARIO



A-04 TOTAL



**CONSTRUCTORA  
DOCSA,  
S.A. DE C.V.**

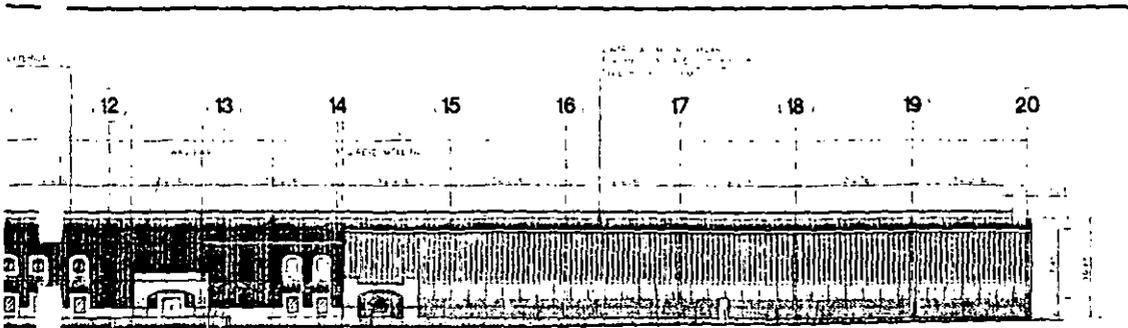
JUL. 5 2000

**SOLO PARA COTIZACION**

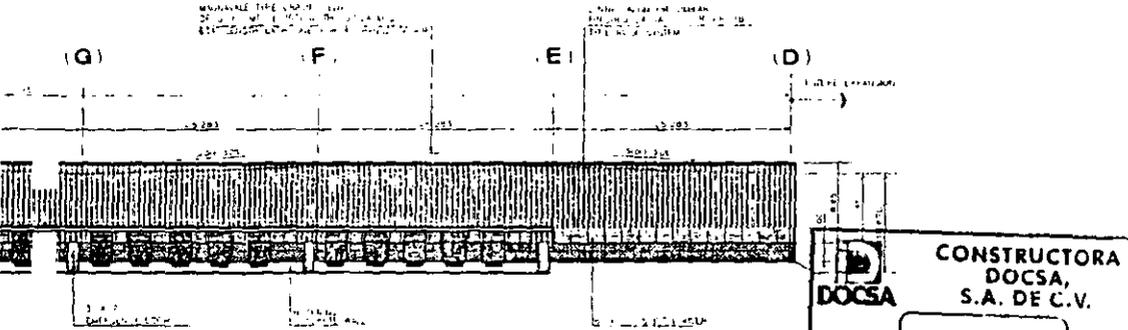
ENTREGADO POR \_\_\_\_\_

**NOTES**

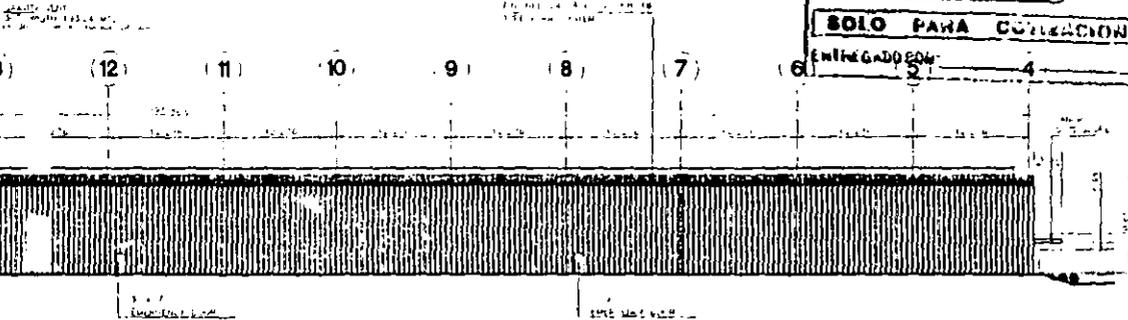
**NOMENCLATURE**



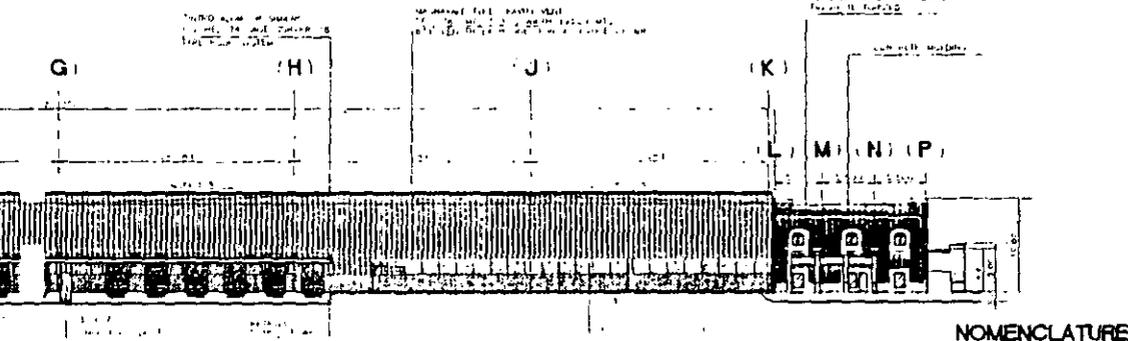
**E ST ELEVATION**



**NORTH ELEVATION**



**WEST ELEVATION**



**SOUTH ELEVATION**

**CONSTRUCTORA DOCSA, S.A. DE C.V.**

**JUL 5 2000**

**SOLO PARA COLECCION**

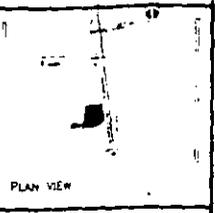
ENTREGADO EN: 4

**NOTES**

- 1. LEVELS IN METERS
- 2. UNITS IN METERS

**NOMENCLATURE**

- NS 1. FINISH LEVEL
- NS 2. FINISH LEVEL
- NS 3. FINISH LEVEL
- NS 4. FINISH LEVEL
- NS 5. FINISH LEVEL
- NS 6. FINISH LEVEL



**ELEVATIONS**

NUM	REFERENCE

REV	DESCRIPTION	DATE
A		
B		

NO. DE DISEÑO	TOTAL
A-03	ARQUITECTONICOS
1300	

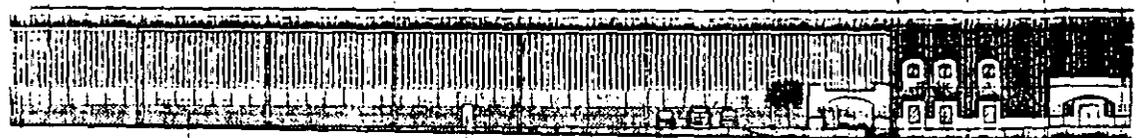
NO.	NOMBRE	FECHA
1	ING. JOSE DAVILA	
2	ING. JUAN LOPEZ	
3	ING. H. MARTINEZ	
4	DOCSA	

NO.	NOMBRE	FECHA



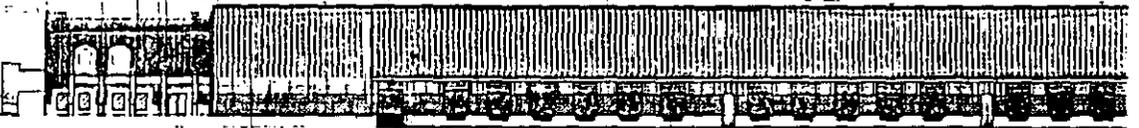
A-03	TOTAL

4 5 6 7 8 9 10 11 12



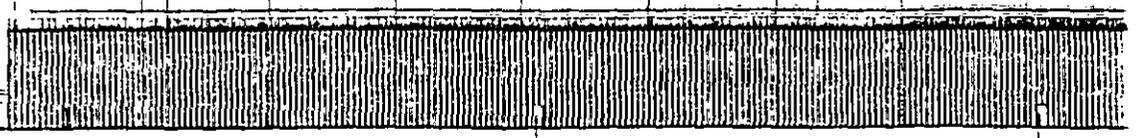
EAST ELEVATION

(K) (J) H (G)  
P (N) (M) (L)



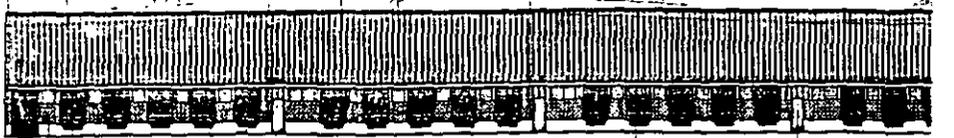
NORTH ELEVATION

20 19 18 17 16 15 14 13 12

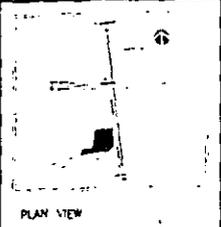
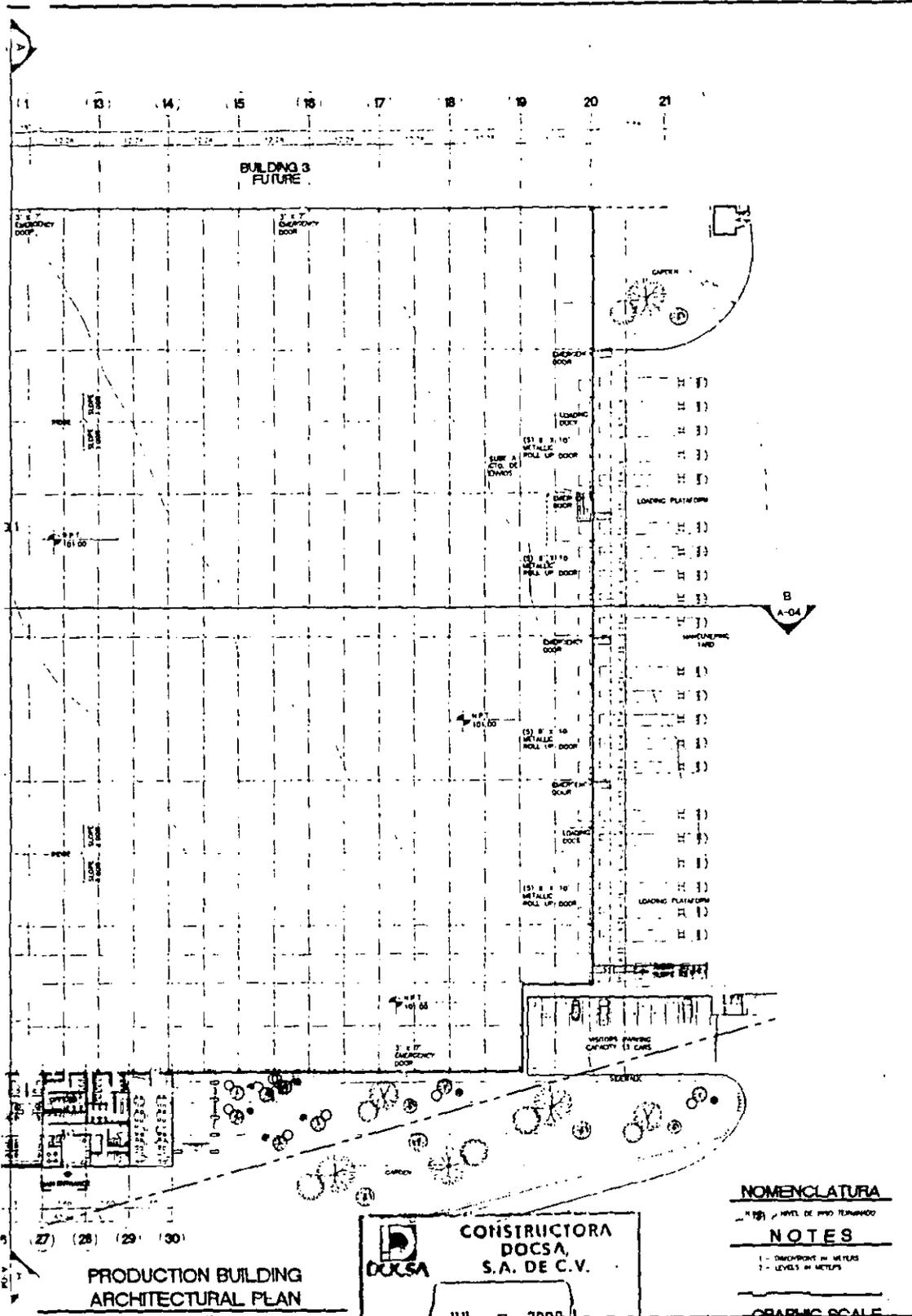


WEST ELEVATION

(D) (E) (F) (G)



SOUTH ELEVATION



Prístav Myers Squibb

**PRODUCTION BUILDING ARCHITECTURAL PLAN**

NUM	REFERENCE
A-01	LAYOUT
A-03	ELEVATIONS
A-04	SECTIONS

REV	DESCRIPTION	DATE
A	LIST FOR REVIEW	13/08/00
B	SE DOCSA #22486 DE CTO DE OBRAS	01/09/00

REV	TOTAL
A-02	ARCHITECTONICA

DATE	BY	REVISION
13/08/00	ARG G.L.S.	
13/08/00	DOCSA	
13/08/00	ARG H.J.R.	
13/09/00	DOCSA	

NO.	DESCRIPTION
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	



**CONSTRUCTORA DOCSA S.A. DE C.V.**

JUL. 3 2000

SOLO PARA CONSULTA

**NOMENCLATURA**  
 - NIVEL DE REFERENCIA  
**NOTES**  
 - DIMENSIONES EN METROS  
 - NIVEL EN METROS

**GRAPHIC SCALE**

**PRODUCTION BUILDING ARCHITECTURAL PLAN**



NORTH

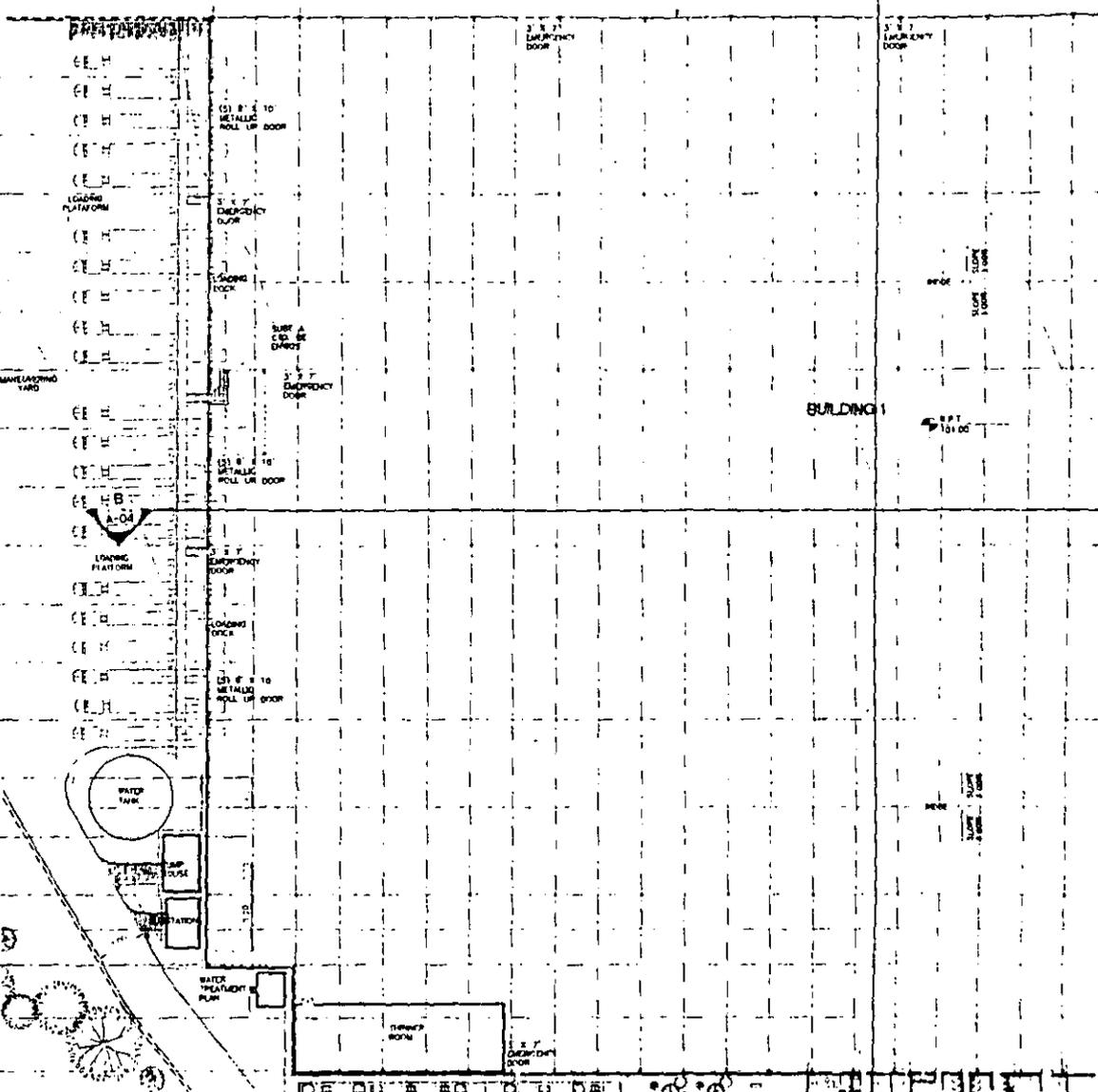
4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

BUILDING 2  
FUTURE

SHEET METAL WALL

(2)

D  
D.1  
D.2  
E  
E.1  
E.2  
F  
F.1  
F.2  
G  
Q.1  
Q.2  
H  
H.1  
H.2  
J  
J.1  
K



BUILDING 1

PARKING LOT  
CAPACITY 45 CARS

20' OPPOSITE  
SIDE  
(4)

20' OPPOSITE  
SIDE  
(4)

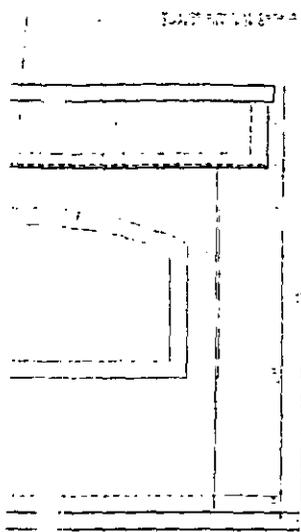
25 26 27 28 29 30

(2)

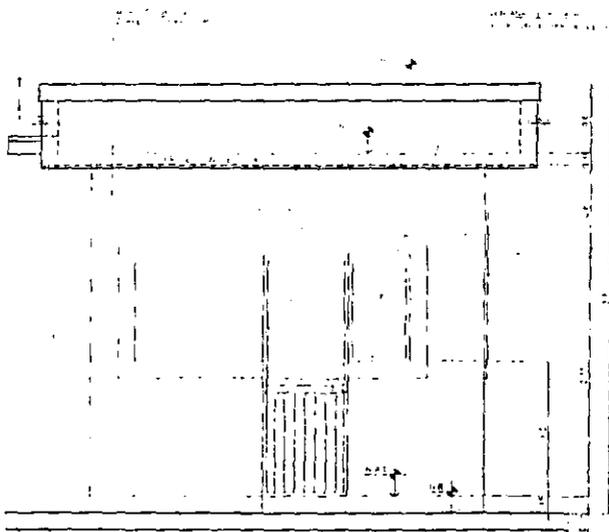
PRODUCTIC  
ARCHITECT

LE ENVIS

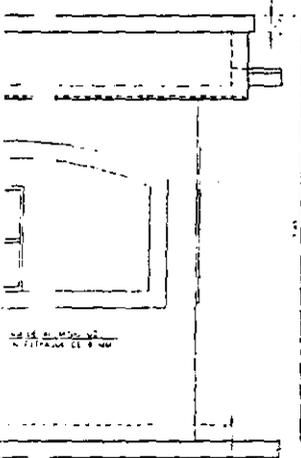




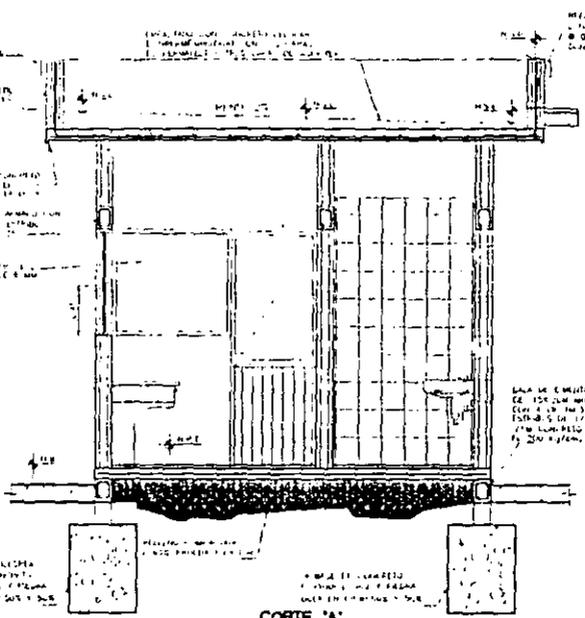
FACHADA PONIENTE



FACHADA SUR



FACHADA PONIENTE



CORTE 'A'

**CONSTRUCTORA DOCSA, S.A. DE C.V.**

**JUL. 5 2000**

**SOLO PARA COTIZACION**

ENTREGADO POR:

- NOMENCLATURA**
- 001: ...
  - 002: ...
  - 003: ...
  - 004: ...
  - 005: ...
  - 006: ...



PLAN VILA

**Hotel Myers Squibb**

PLANTA Y ELEVACIONES DE CASETA DE VIGILANCIA

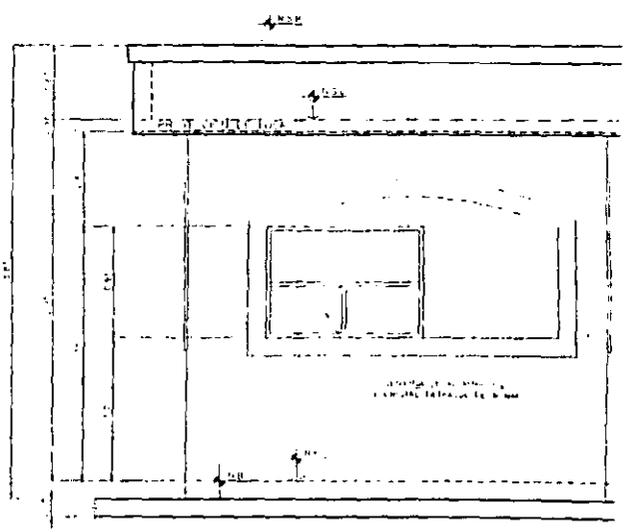
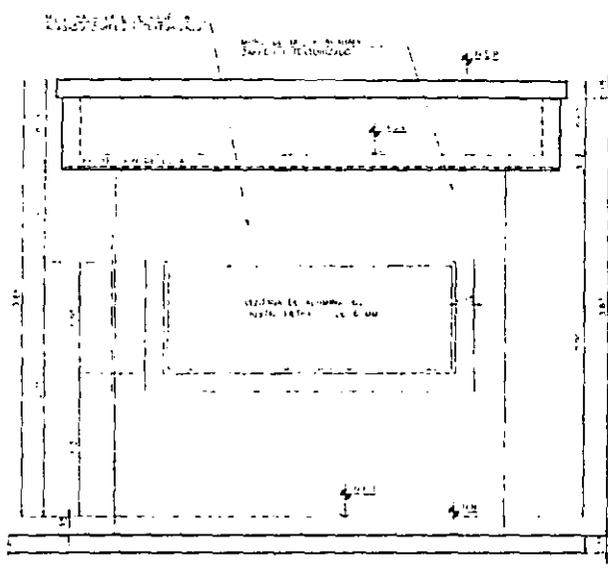
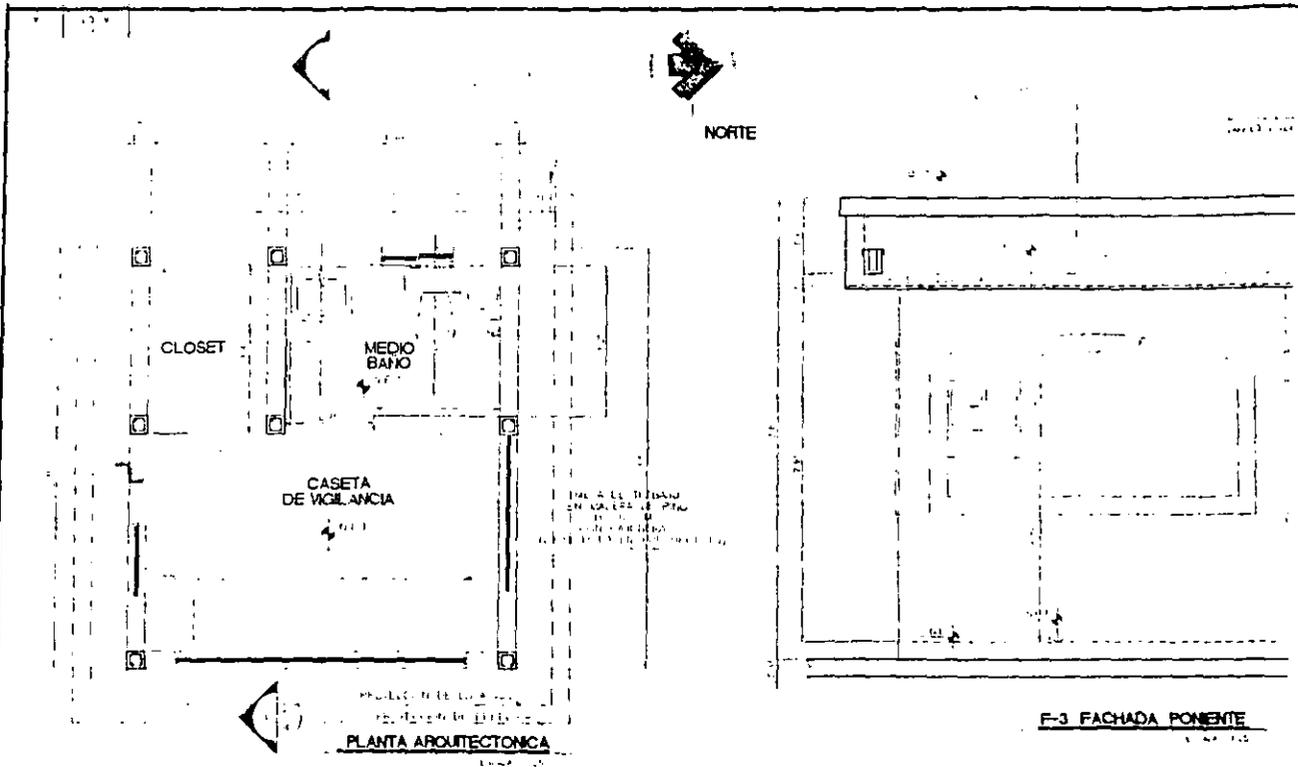
NUM	REFERENCE

REV	DESCRIPTION	DATE

PROYECTO	CASETA
NO	A-07
FECHA	1.25
PROYECTADO POR	ARQ. JOSE DAVILA
REVISADO POR	DOCSA
APROBADO POR	ARQ. J. JIMENEZ P.
FECHA	DOCSA

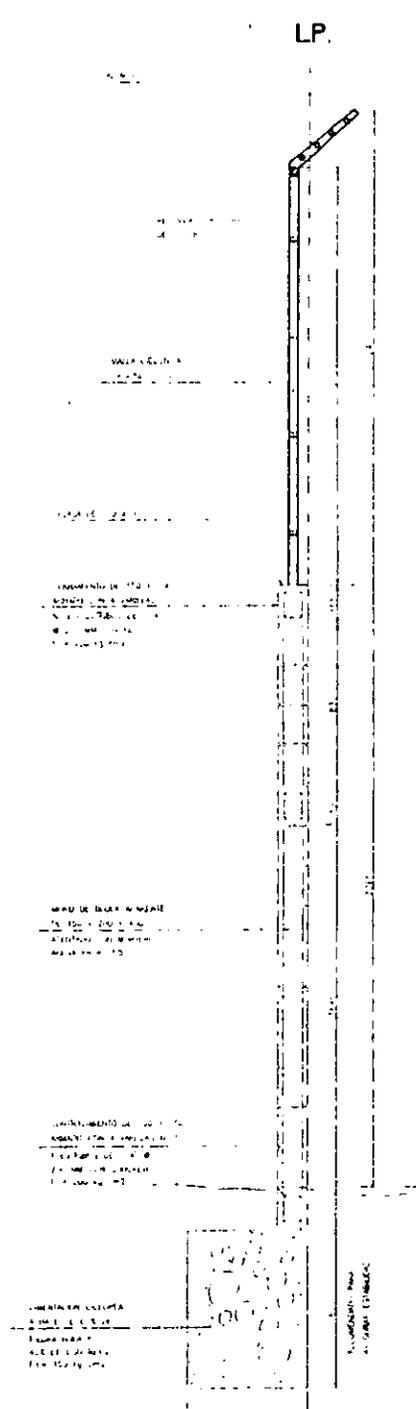



A-07 CASETA



**F-1 FACHADA ORIENTE**

**F-2 FACHADA NORTE**



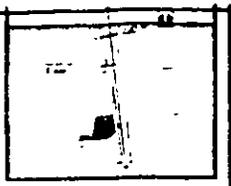
SECCION EN BARRA PERIMETRAL

**CONSTRUCTORA  
DOCSA,  
S.A. DE C.V.**

JUL. 5 2000

**SOLO PARA COTIZACION**

ENTREGADO POR \_\_\_\_\_



PLAN VIEW



Bristol Myers Squibb

BARRA  
ARQUITECTONICA  
Y PERIMETRAL

NUM	REFERENCE

REV	DESCRIPTION	DATE

NO	INDICADAS	FECHA	DATE

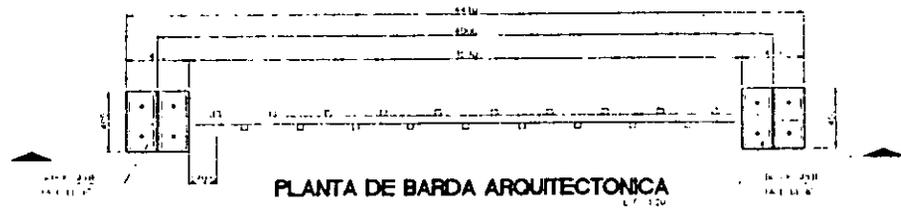
NO	INDICADAS	FECHA	DATE



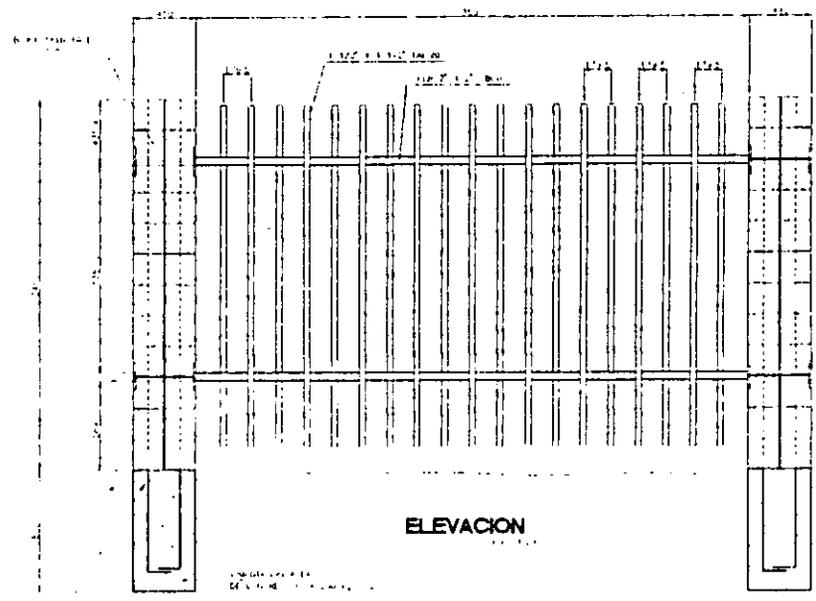
**DOCSA**

A-08 BARRAS

NO. 807  
1971

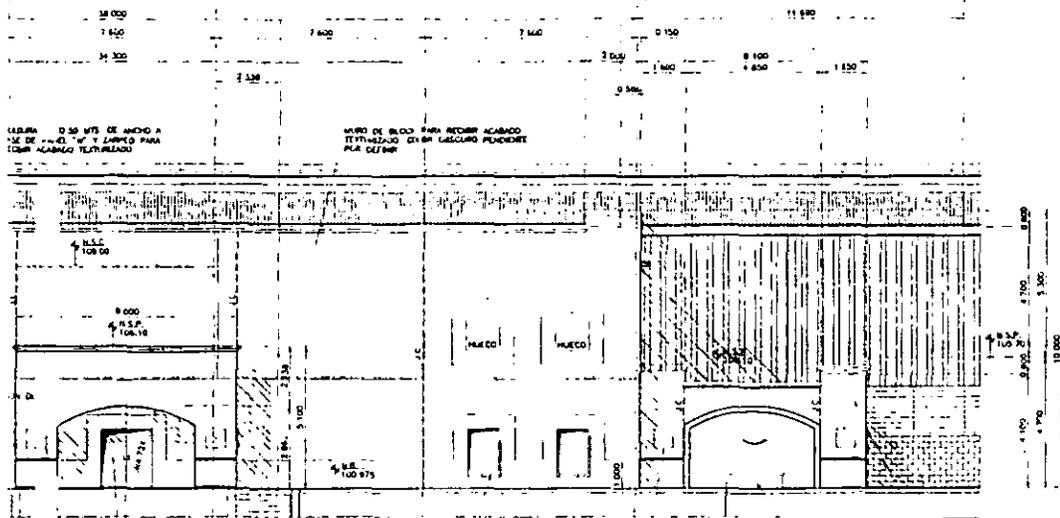


PLANTA DE BARDAS ARQUITECTONICA  
1/100



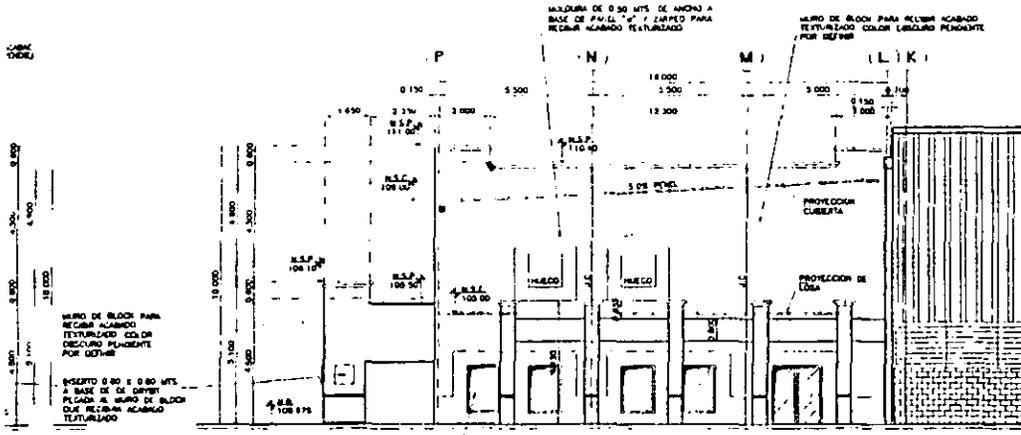
ELEVACION  
1/100

7 28 13 29 14 30 15



**ELEVACION ESTE**

ESCALA 1:100



**ELEVACION NORTE**

ESCALA 1:100

**CONSTRUCTORA DOCSA S.A. DE C.V.**

JUL. 5 2000

**SOLO PARA COTIZACION**

ENTREGADO POR \_\_\_\_\_

**NOMENCLATURA**

- M.P. Nivel de piso terminado
- M.B. Nivel de banqueta
- M.S.P. Nivel superior de prete
- M.S.E. Nivel superior de entripado
- M.S.L. Nivel superior de losa
- C.C. AREA DE CONTROL

**NOTAS**

- 1 - DIMENSIONES EN METROS
- 2 - ANILLES EN METROS



PLAN VIEW



**ELEVACIONES ARQUITECTONICAS EN OFICINAS ADMINISTRATIVAS**

NUM	REFERENCE	
REV	DESCRIPTION	DATE

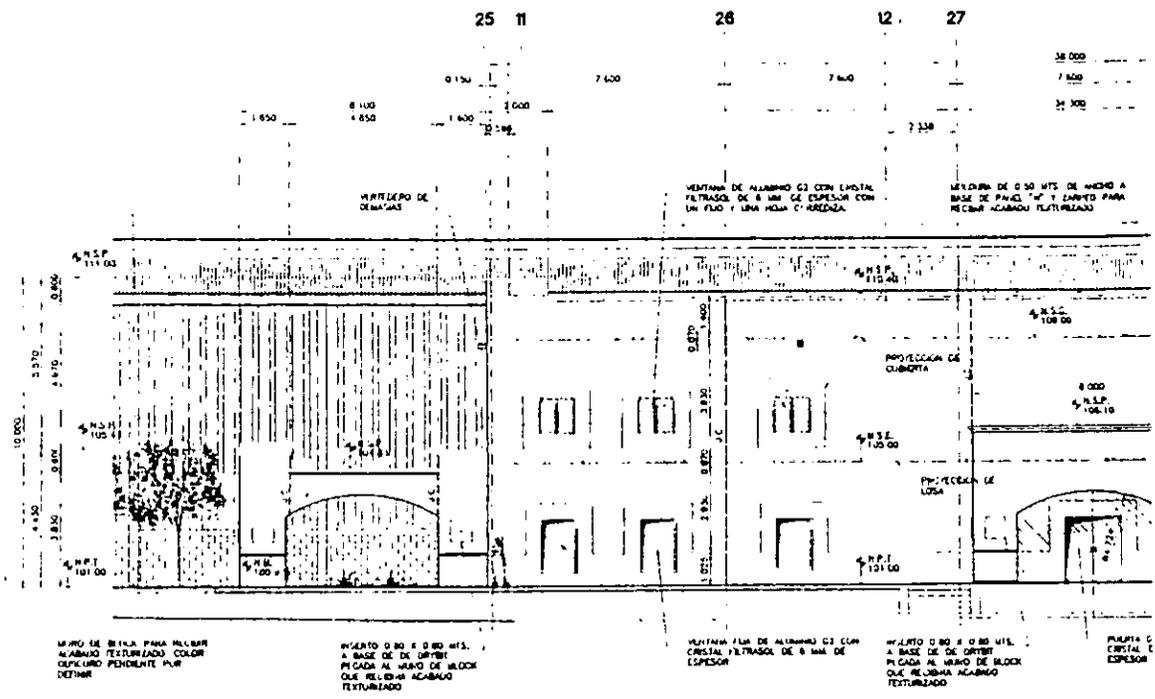
PROYECTO	OPORTUNIDAD DE OFICINAS
NO. PROYECTO	A-06
ESCALA	1:100
FECHA	
PROYECTADO POR	ARO G LOREDO
REVISADO POR	DOCSA
APROBADO POR	ARO H JARAMILA
OTROS	DOCSA


PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 OPERACION: \_\_\_\_\_

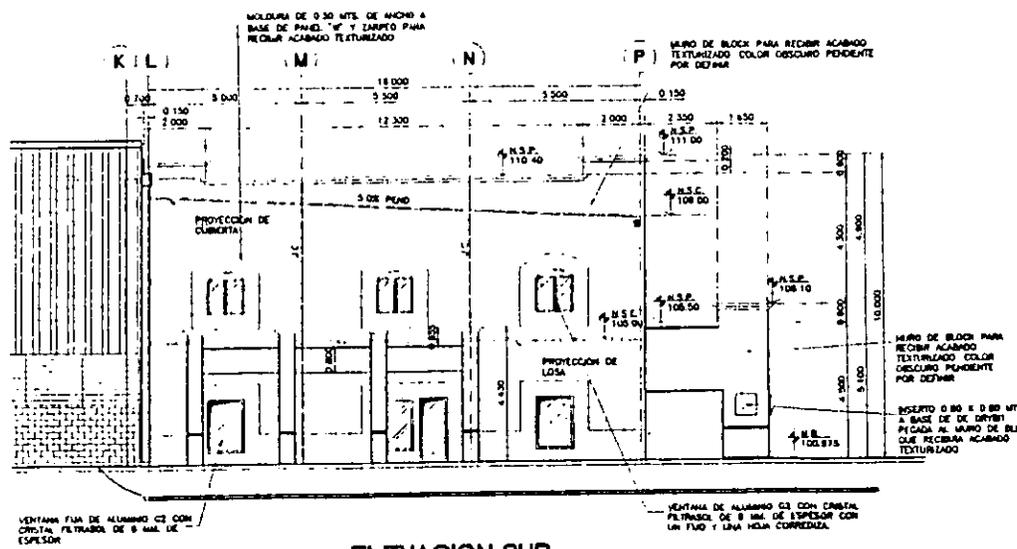


**DOCSA**

A-06 OFICINAS



**ELEVACION E**  
ES



**ELEVACION SUR**  
ESCALA 1:100

(30)

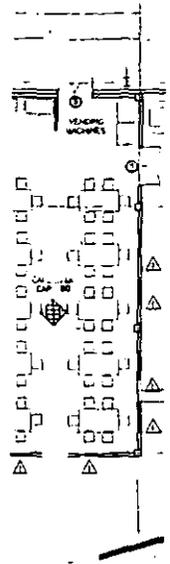


TABLA DE ACABADOS		TABLA DE ACABADOS	
Muros		Pisos	
1	MURO DE BLOQUE DE 0.12x0.20x0.30m ACABADO INTERIOR Y EXTERIOR RECONSTRUCCION CON ACABADO	1	PISO MADERA ANTIESTRATICO DE 20mm
2	MURO DE BLOQUE DE 0.12x0.20x0.30m RECONSTRUCCION CON ACABADO	2	ALFOMBRAS DE MADERA, PULCRAS
3	MURO DE TABIQUERIA CARABANCA DE 1/2" ESPESOR 8 FT + 4 INCH PUNTE TRUQUILLOS DE TABIQUERIA DE 1/2" ESPESOR 8 FT + 4 INCH DE ALUMINIO (POR LOS 4 CAROS) RECONSTRUCCION CON ACABADO	3	PISO DE LOSETA CERAMICA DE 8.10x8.10mm DEL CORTE DE LOSETA ACABADO CON CEMENTO LUSTRE CON BORDILLA 4mm ESP
4	MURO DE TABIQUERIA PUNTE TRUQUILLOS DE TABIQUERIA DE 1/2" ESPESOR 8 FT + 4 INCH DE ALUMINIO (POR LOS 4 CAROS) RECONSTRUCCION CON ACABADO	4	PISO DE LOSETA CERAMICA ANTIESTRATICO DE 8.10x8.10mm ACABADO CON CEMENTO LUSTRE CON BORDILLA 4mm ESP
5	MURO DE TABIQUERIA PUNTE TRUQUILLOS DE TABIQUERIA DE 1/2" ESPESOR 8 FT + 4 INCH DE ALUMINIO (POR LOS 4 CAROS) RECONSTRUCCION CON ACABADO	<b>CELOSOS</b>	
6	MURO DE TABIQUERIA PUNTE TRUQUILLOS DE TABIQUERIA DE 1/2" ESPESOR 8 FT + 4 INCH DE ALUMINIO (POR LOS 4 CAROS) RECONSTRUCCION CON ACABADO	1	PLAFON ACUSTICO RECONSTRUCCION DE 61 x 122 cm MODELO BAKER
7	MURO DE TABIQUERIA PUNTE TRUQUILLOS DE TABIQUERIA DE 1/2" ESPESOR 8 FT + 4 INCH DE ALUMINIO (POR LOS 4 CAROS) RECONSTRUCCION CON ACABADO	2	PLAFON DE TABIQUERIA RECONSTRUIRE A LA MANERA
8	MURO DE TABIQUERIA PUNTE TRUQUILLOS DE TABIQUERIA DE 1/2" ESPESOR 8 FT + 4 INCH DE ALUMINIO (POR LOS 4 CAROS) RECONSTRUCCION CON ACABADO	<b>ZOCLOS</b>	
9	MURO DE TABIQUERIA PUNTE TRUQUILLOS DE TABIQUERIA DE 1/2" ESPESOR 8 FT + 4 INCH DE ALUMINIO (POR LOS 4 CAROS) RECONSTRUCCION CON ACABADO	1	ZOCLO MADERA 10 CM ANCHO
10	MURO DE TABIQUERIA PUNTE TRUQUILLOS DE TABIQUERIA DE 1/2" ESPESOR 8 FT + 4 INCH DE ALUMINIO (POR LOS 4 CAROS) RECONSTRUCCION CON ACABADO	2	ZOCLO DE MADERA 10 CM ANCHO
		3	ZOCLO DE LOSETA CERAMICA DE 8.10x8.10mm DEL CORTE DE LOSETA DE 8.10x8.10mm ACABADO CON CEMENTO LUSTRE Y CON BORDILLA DE 4mm DE ESP
		4	ZOCLO DE LOSETA CERAMICA ANTIESTRATICO DE 8.10x8.10mm DEL CORTE DE LOSETA DE 8.10x8.10mm ACABADO CON CEMENTO LUSTRE Y CON BORDILLA DE 4mm DE ESP

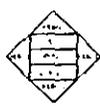
TABLA DE PUERTAS	
1	PUERTA METALICA UNIPANEL UNICOLA DE 0.90x2.15 m MARCO METALICO CORROSION Y HERRAJES RECONSTRUIRE
2	PUERTA METALICA CAL 70 CON MARCO METALICO CAL 18 DE 0.90 x 2.15 m RELUCE RECONSTRUIRE
3	PUERTA METALICA CAL 70 CON MARCO METALICO CAL 18 DE 1.50 x 2.15 m RELUCE RECONSTRUIRE
4	PUERTA DE TAMBOR DE MADERA CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO RELUCE RECONSTRUIRE CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO RECONSTRUIRE CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO
5	PUERTA DE TAMBOR DE MADERA CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO RELUCE RECONSTRUIRE CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO RECONSTRUIRE CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO
6	PUERTA METALICA DE 1.50 x 2.15 m CON ALUMINIO C2 Y CRISTAL TINTO

TABLA DE VENTANAS	
1	PUERTA METALICA UNIPANEL UNICOLA DE 0.90x2.15 m MARCO METALICO CORROSION Y HERRAJES RECONSTRUIRE
2	PUERTA METALICA CAL 70 CON MARCO METALICO CAL 18 DE 0.90 x 2.15 m RELUCE RECONSTRUIRE
3	PUERTA METALICA CAL 70 CON MARCO METALICO CAL 18 DE 1.50 x 2.15 m RELUCE RECONSTRUIRE
4	PUERTA DE TAMBOR DE MADERA CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO RELUCE RECONSTRUIRE CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO RECONSTRUIRE CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO
5	PUERTA DE TAMBOR DE MADERA CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO RELUCE RECONSTRUIRE CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO RECONSTRUIRE CON ALUMINIO EN CAJON O CHICHO
6	PUERTA METALICA DE 1.50 x 2.15 m CON ALUMINIO C2 Y CRISTAL TINTO

(30)



SIMBOLOGIA



**CONSTRUCTORA  
DUCSA,  
S.A. DE C.V.**

JUL. 5 2000

**SOLO PARA COTIZACION**

ENTREGADOPOR

**NOMENCLATURA**  
N.P.T. NOME DE PISO TERMINADO

**NOTES**  
1.- CONDICIONES DE METERS

**GRAPHIC SCALE**

PLAN VIEW

**Instalación Myers Squibb**

**LAY-OUT OFICINAS**

NUM	REFERENCE
A-05	LAY-OUT

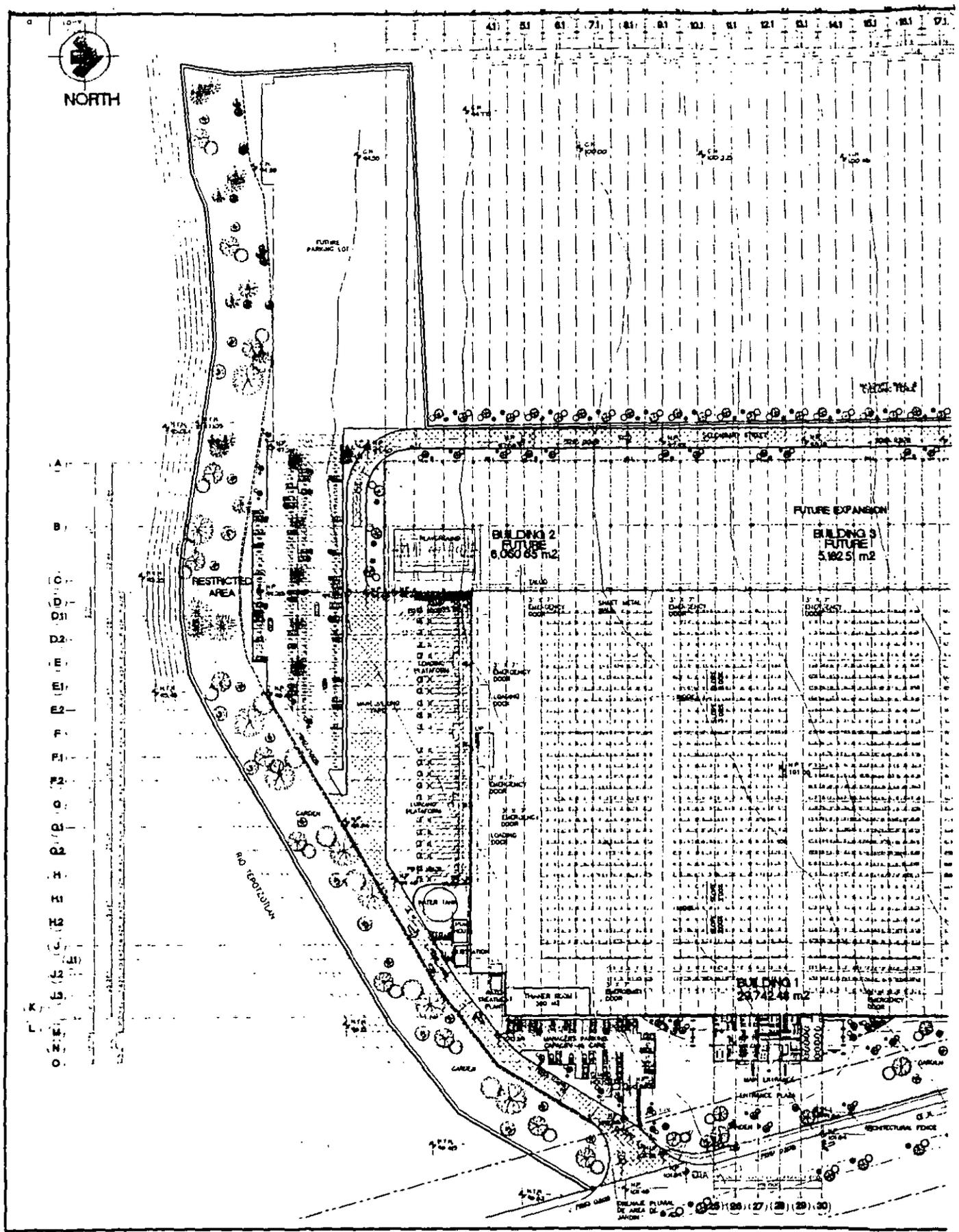
REV	DESCRIPTION	DATE
A	DAT FOR REVIEW	11/07/00

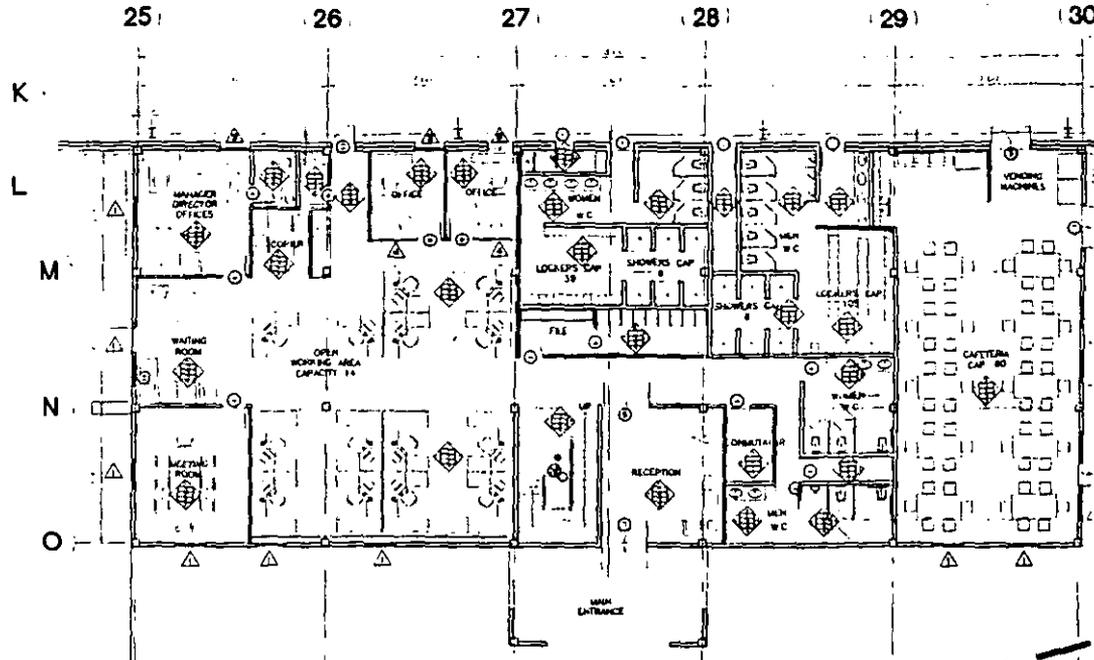
NO	BY	DATE	TOTAL
A-05			

NO	BY	DATE	TOTAL
A-05			

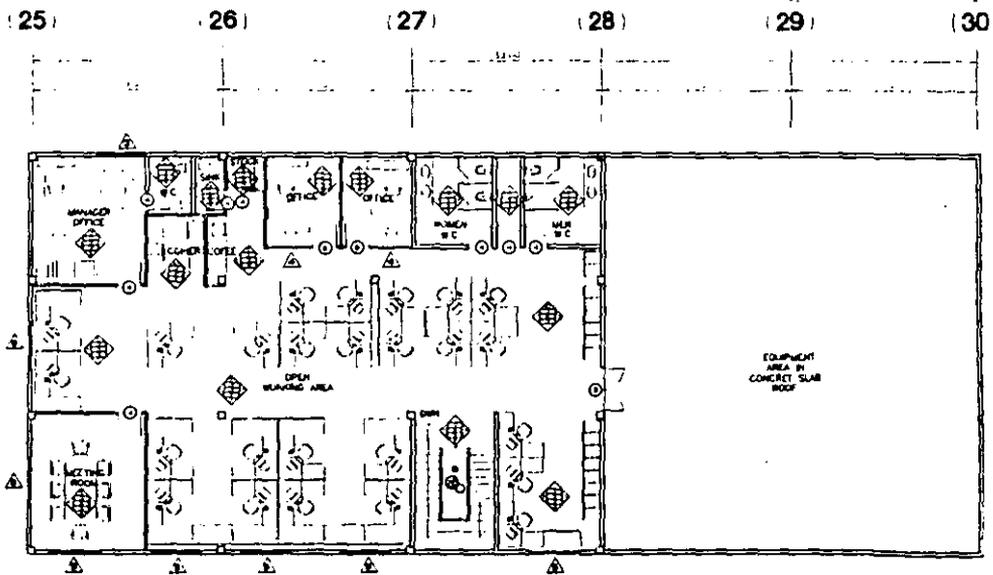
**DOCSA**

A-05 TOTAL





FIRST LEVEL



SECOND LEVEL