

FACULTAD DE INGENIERIA

10j. #3
U. N. A. M.

ESTUDIO DE LA CIMENTACION Y LA PAVIMENTACION DE UNA UNIDAD HABITACIONAL EN VERACRUZ, VER.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
MARGARITA PUEBLA CADENA

MEXICO, D. F.

1979





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.

ESTUDIO DE LA CIMENTACION Y LA PAVIMENTACION
DE UNA UNIDAD HABITACIONAL EN VERACRUZ, VER.

1. Introducción.
2. Características del proyecto y condición del predio.
3. Geología de la zona.
4. Exploración de campo y pruebas de laboratorio.
5. Estratigrafía y propiedades del subsuelo.
6. Análisis de la cimentación.
7. Diseño del pavimento.
8. Conclusiones.
9. Recomendaciones.

I.- INTRODUCCION

La presente tesis contiene los estudios de cimentación y de pavimentos que se realizaron para la construcción de una Unidad-Habitacional del Instituto del Fomento Nacional para la vivienda de los trabajadores, - - - (INFONAVIT).

La Unidad-Habitacional está ubicada en la ciudad de Veracruz, Ver.; se encuentran desplantada en un terreno arenoso.

En el capítulo segundo se explican las características que requiere el proyecto y la situación y condiciones que presenta el predio.

El capítulo tercero está dedicado a la geología de la zona y a la influencia de las condiciones geológicas en los problemas de Mecánica de Suelos que se presentan, tanto en el análisis de la cimentación como en el de -- los pavimentos de la Unidad-Habitacional.

El capítulo cuarto trata de la exploración de campo realizada y de las pruebas de laboratorio que se hicieron, tanto en el suelo del predio, como en el Banco de - Materiales.

La estratigrafía y las propiedades del predio, así como las características de los materiales de Banco, se tratan en el capítulo cinco.

El capítulo sexto comprende el análisis de la cimentación de las casas-habitación de la Unidad - Habitacional.

El diseño del pavimento, con el correspondiente análisis del tránsito que circulará por las calles de la -- Unidad - Habitacional abarca el capítulo séptimo.

El capítulo octavo está constituido por las conclusiones de los estudios de cimentación y pavimentos de la Unidad - Habitacional.

Por último, en el capítulo noveno, se dan las recomendaciones de diseño y construcción, tanto de la cimentación como del pavimento de la Unidad.

2.- CARACTERISTICAS DEL PROYECTO Y CONDICION DEL PREDIO

El predio donde se construirá la Unidad-Habitacional del INFONAVIT, se encuentra ubicado en la parte Sur de la ciudad de Veracruz, Ver.

La Unidad-Habitacional constará de 677 casas-habitación, las cuales se construirán por etapas. En la primera etapa se proyecta construir 167 casas-habitación.

Las calles principales de la Unidad tendrán un ancho de calzada, (superficie de rodamiento), de 12 m y un ancho de banqueta de 4 m; en las calles secundarias y en los retornos el ancho de calzada será de 7m y el de banqueta de 2m.

Según la información proporcionada por el INFONAVIT, el tránsito que circulará por la Unidad estará constituido por 40 camiones urbanos, dos camiones de carga o basura, 1000 automóviles particulares y 3 camiones de carga por día en el carril de proyecto para la avenida principal. Durante la construcción de la Unidad, (4 meses de duración), circulará en la avenida principal un trailer por semana y 25 camiones de volteo por día.

En las calles secundarias se considera, según datos del INFONAVIT, un tránsito de 24 camiones urbanos, un camión de basura o gas más 500 automóviles particulares por día, en el carril de diseño. Durante el período de construcción transitarán 20 volteos por día.

Las dimensiones de los predios serán de 10m por 15m. Las casas se construirán formando en general 2 hileras, separadas por calles principales, secundarias y/o retornos; constarán de planta baja, primer piso y azotea, se estructurarán con muros de tabique, castillos, dadas y losas de concreto reforzado. Las casas serán cimentadas con losa corrida.

El clima de la zona es subhúmedo, con lluvias en verano. Los valores de temperatura y precipitación media anual registrados en la ciudad de Veracruz son de 25.2°C y 1429 mm, respectivamente, (1).

En la ciudad de Veracruz han ocurrido numerosos temblores de baja intensidad en la escala de Mercalli Modificada y únicamente tres de alta intensidad: dos de grado VII, en los años de 1864 y 1967 y uno de grado VIII en 1855. Lo anterior hace ver que se requiere tomar en cuenta las condiciones sísmicas para el diseño de la Unidad-Habitacional.

El terreno está en una zona de lomerío de suave a mediano y presenta algunas partes bajas donde puede haber un drenaje deficiente.

3.- GEOLOGIA DE LA ZONA

3.a) Morfología

La zona en la que se localiza el predio está formada por dunas costeras y éste hecho ayuda a prever los problemas que se pueden presentar en la Unidad-Habitacional.

Una duna o médano es una acumulación de arena móvil, (2).

El proceso que da lugar a la formación de las dunas o médanos es el siguiente:

Cuando el viento alcanza una cierta velocidad hace que los granos de arena rueden a lo largo de la superficie del suelo, chocando unos contra otros; la fuerza producida por el choque entre las partículas hace que algunas de éstas se levanten o eleven en el aire.

Cuando los granos de arena están en el aire, quedan sujetos a la fuerza de gravedad, que tiende a producir su caída, a la fuerza del viento, que tiende a mover las partículas hacia arriba y en dirección horizontal. La resultante de esas dos fuerzas, genera un movimiento parabólico en las partículas de arena, que al caer rebotan y hacen elevarse a otras partículas. El proceso anteriormente descrito se llama "saltación".

El viento se lleva el material que está en estado suelto produciendo huecos o depresiones, éste proceso erosivo se llama deflación; los huecos que forma el proceso en los depósitos de material suelto se llaman "cuencas de deflación". Las partículas de arena levantadas de las cuencas de deflación son arrastradas y posteriormente depositadas al perder el viento velocidad, originando las formas características de las dunas o médanos: los promontorios de arena que se mueven a lo largo de la dirección del viento.

Una vez formada, la duna actúa por sí misma como una barrera, interrumpiendo el flujo de aire y provocan do el depósito de la arena, (3).

El corte transversal a través del médano en la dirección en la cual sopla el viento muestra una pendiente suave del lado de barlovento y otra pendiente más pronunciada en el lado de sotavento, éste último denominado "cara de deslizamiento de la duna", ya que debido

a que la arena se deposita allí, porque la velocidad del viento disminuye a causa de la presencia misma de la duna, la pendiente se hace más pronunciada y eventualmente se desploma o desliza, (3).

El proceso de depósito continuo y desplome periódico de la arena a lo largo de su cara de deslizamiento es lo que ocasiona el movimiento de la duna en la dirección -- del viento.

Ahora bien, la estructura interna de los depósitos -- de arena en las dunas puede ser de tres tipos:

- a) con estratificación entrecruzada
- b) con laminación
- c) con cambios bruscos de depósitos bien compactados a -- depósitos pobremente compactados.

La estratificación entrecruzada puede deberse a los cambios en las direcciones de los vientos y a las variaciones de los ángulos de acumulación a lo largo de la cara de deslizamiento de la duna, (2).

La laminación es la estructura producida al deposi--tarse la arena en capas sucesivas. A veces varía la textura de las diferentes láminas debido al cambio en la velocidad de los vientos durante el tiempo en el que se -- acumulan las capas de arena, (2).

Los cambios abruptos de depósitos bien compactados a depósitos pobremente compactados son debidos a que, en -- algunos casos, los depósitos de arena sufrieron una compactación debida al choque de las partículas por agita--ción continua y saltación, mientras que las áreas de arena suelta son depósitos de avance acumulados delante de las caras de deslizamiento de las dunas, que se formaron por precipitación, sin ninguna compactación, (2).

3.b) Geología del predio

En algunos afloramientos que existen dentro del predio se observó que el terreno está constituido por una arena fina café poco limosa, de médano, ligeramente cementada, la cual forma un talud de 1/3 (horizontal) por uno (vertical); es probable que ésta inclinación se deba a que la arena se encontraba húmeda en el momento de la inspección.

Desde el punto de vista geológico, el predio está ubicado en una región de depósitos de dunas, formadas por arenas y arenas limosas, (1). En sondeos efectuados en sitios cercanos al predio se han encontrado lentes de suelos orgánicos de alta compresibilidad, (OH), o de arcillas de baja compresibilidad, (CL), a profundidades variables y con espesores de 1.2 a 2.0 m.

Lo anteriormente expuesto indica que es probable que el suelo del predio presente compacidad variable y que, existiendo arena suelta en los estratos superiores del mismo, será necesario considerar el efecto de la deflación del viento en las capas superiores de la arena.

4.- EXPLORACION DE CAMPO Y PRUEBAS DE LABORATORIO

El trabajo de campo consistió en la ejecución de once pozos a cielo abierto, llevados hasta profundidades que variaron de los 1.5 a los 3.2 m. Los sondeos se llevaron hasta 3.2 m de profundidad debido a que el material mostró tener suficiente resistencia para los esfuerzos supuestos en el anteproyecto. Aunadas a esto están las informaciones reunidas en la zona del predio, que indican que la profundidad de las arenas es mayor de 10 m. Por otra parte está el hecho de que el predio se encuentra en una zona muy basta de dunas, razón por la cual se suspendieron los sondeos a esa profundidad. Los pozos se localizaron sobre toda el área del predio. En el cro

quis de la figura 1 se indica el sitio donde se realizaron los pozos a cielo abierto 1 al 4. En éstos sondeos se determinó la estratigrafía del subsuelo y se obtuvieron muestras alteradas representativas para su análisis en el laboratorio. Se realizaron además determinaciones de peso volumétrico húmedo y de contenido de agua natural.

En las figuras 2 a 5 se presenta la estratigrafía encontrada en el subsuelo de los sondeos 1 a 4, correspondientes a la primera etapa de la Unidad. El nivel de aguas freáticas se detectó a una profundidad de 3.10 m en el sondeo número 3.

La estratigrafía del subsuelo observada en los sondeos restantes, (5 a 11), es análoga a la de los sondeos 1 a 4, razón por la cual no se puso en las figuras.

A las muestras extraídas se les determinó contenido de agua natural. Los resultados de éstos ensayos se presentan en las figuras 2 a 5.

Los valores obtenidos en las pruebas de compresión triaxial, reproduciéndole al suelo su compacidad natural, se presentan en las figuras 6 y 7; los valores de su compresibilidad están indicados en la figura 8.

Conviene aclarar que se hicieron pruebas de compresión unidimensional, (en un dispositivo de consolidación), debido a que en la Unidad-Habitacional habrá muchas casas, con sus respectivas losas de cimentación, por lo que se consideró al sistema como una losa muy grande apoyada sobre la arena, lo cual hace que la deformación ocurra principalmente en el sentido vertical.

Se realizaron pruebas Proctor SOP y Porter para posteriormente, hacer pruebas de VRS sobre suelos en estado natural y compactados al 95 % de dichas pruebas.

Estos valores se presentan en las figuras 2 a 5.

La prueba PROCTOR SOP es una prueba de compactación que se hace en suelos que pasan la malla número 4, (de 4.76 mm de abertura).

El objetivo de la prueba es determinar el peso volumétrico máximo que puede alcanzar un material y la humedad óptima a la que debe hacerse la compactación del mismo.

La humedad óptima es la humedad que corresponde al peso volumétrico seco máximo, (ρ_d máx.), para una determinada energía de compactación.

La prueba PROCTOR SOP es válida para materiales que pasen la malla no. 4, pues en materiales más gruesos el agua no ayuda al acomodo de las partículas de suelo sino que fluye, "se va" y en consecuencia, no ayuda a la compactación.

La prueba consiste en:

- a) Se disgrega la muestra de material obtenido hasta que pase la malla no. 4.
- b) Se compacta el material en un molde cilíndrico de dimensiones estándar formando 3 capas aproximadamente iguales, para lo cual se utiliza un pistón metálico de dimensiones establecidas, (que se deja caer desde 30 cm de altura), hasta dar 30 golpes repartidos uniformemente en cada capa.
- c) Ya apisonado el material se pesa el molde con su contenido.
- d) Posteriormente se extrae un corazón del espécimen y se seca para determinar su contenido de agua.

- e) Tomando otra muestra del mismo material se disgrega hasta que pase la malla no. 4.
- f) Se le agregan 60 cm³ de agua y se repite el procedimiento anterior. Este procedimiento se repetirá tantas veces como sea necesario hasta definir una disminución en el peso del suelo compactado.

De las determinaciones mencionadas anteriormente se obtendrán:

$$\gamma_h = \frac{(P_{mact} + P_{molde}) - P_{molde}}{Vol. molde}$$

donde:

γ_h = peso volumétrico húmedo del material.

El (Peso del material + Peso del molde), fue obtenido en el inciso "c". Tanto el peso del molde como su volumen son datos conocidos para cada equipo de compactación.

Una vez determinado lo anterior se obtiene el peso volumétrico seco del material, (γ_d):

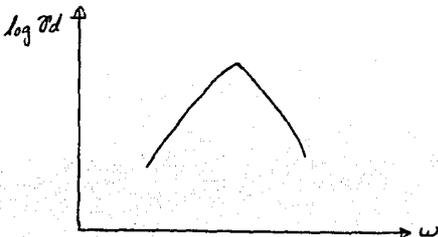
$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1+w}$$

donde:

w = contenido de agua del espécimen compactado, obtenido en el inciso "d".

Así, conociendo γ_d y w para cada espécimen compactado como se indica anteriormente, se traza una curva: $\log \gamma_d - w$ y el γ_d máximo con su correspondiente w serán los datos buscados: (el peso volumétrico seco máximo y su contenido de agua óptimo).

La curva será del tipo de la que se muestra abajo:



Quando se trata de la compactación de suelos gruesos de hasta 25.4mm se usa la prueba PORTER; ésta prueba tiene como finalidad la determinación del peso volumétrico máximo que puede alcanzar el material con un procedimiento de compactación definido para ésta prueba, así como la humedad óptima a la que debe hacerse dicha compactación.

Para éste caso define como humedad óptima, (Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP, parte novena), a la humedad mínima requerida por el suelo para alcanzar su peso volumétrico seco máximo cuando es compactado por una carga de 140.6 kg/cm².

La prueba consiste en:

- a) Se disgrega la muestra de 20 kg y se tamiza por la malla de 25.4 mm. Del material que pasó la malla se separan 4 partes de 4 kg cada una.
- b) A una de las cuatro partes separadas anteriormente, se le incorpora agua, haciéndolo en forma homogénea y posteriormente colocando el material en tres capas dentro de un molde de dimensiones estándar.

c) Con una varilla metálica de dimensiones establecidas se le dan 25 golpes a cada capa de manera que se acomoden.

d) Una vez colocadas las capas se compacta el material aplicando lentamente una carga uniforme que se incrementa hasta alcanzar - la presión de 140.6 kg/cm^2 . La aplicación de la carga debe realizarse en un tiempo de 5 minutos.

e) Si al alcanzar la presión de 140.6 kg/cm^2 exhuba la base de la muestra, (sale agua - de la base de la muestra), se ha llegado a la humedad óptima de compactación y se determina la altura del espécimen.

f) Conociendo la altura del espécimen se calcula su volumen.

g) Realizado lo anterior, se obtiene el peso volumétrico húmedo del material, (ρ_h) en ésta forma:

$$\rho_h = \frac{(P_{\text{molde}} + P_{\text{esp. húmedo}}) - P_{\text{molde}}}{V_{\text{ol esp.}}}$$

El (Peso molde + Peso espécimen húmedo) se obtiene al pesar el molde con el material -- después de sucedida la exhubación.

El volumen del espécimen se obtuvo anteriormente, (inciso "f").

El peso del molde es conocido para el equipo usado.

h) Hecho el cálculo anterior, se extrae el material del molde, se seca y se pesa.

i) Conocido el peso seco del espécimen, se calcula el contenido de agua, (w) :

$$w = \frac{(P_{\text{molde}} + P_{\text{esp. hum.}}) - P_{\text{molde}} - P_{\text{esp. seco}}}{P_{\text{esp. seco}}}$$

j) Hecho lo anterior, se calcula el peso vo lumétrico seco mediante la expresión:

$$\rho_d = \frac{\rho_h}{1+w}$$

Así se conocen, tanto el contenido de agua óptimo como su correspondiente peso vo lumétrico seco máximo.

Si al alcanzar la presión de 140.6 kg/cm² no sucede la exhudación, se concluye -- que la humedad del espécimen no es la óptima y se procede a tomar otra porción de 4 - kg del mismo material, a la cual se le agre ga tanta agua como la del espécimen ante--- rior más 80 cm³ y se repite el procedimien to a partir del inciso "b" hasta que se pro duzca la exhudación. Si ésta no sucede, se repite el proceso con 80 cm³ más que en la segunda iteración.

Prueba de VALOR RELATIVO DE SOPORTE

Se define como Valor Relativo de Sopor te, (VRS), al cociente de la presión neces a ria para penetrar los primeros 0.25 cm en - el material a probar entre la presión neces a ria para penetrar los mismos 0.25 cm en - el material patrón, (que es piedra tritura da).

Existen dos tipos de VRS; el VRS estándar y el VRS modificado. El primero de ellos determina la calidad del material a probar; se utiliza para ver si un material cumple con las condiciones necesarias en las bases de un pavimento. En general se aplica el VRS estándar a materiales gruesos, (debido a que no se utilizan materiales finos para hacer bases). Posteriormente se explicará la prueba del VRS modificando, que sirve para determinar el espesor de las distintas capas del pavimento.

La prueba del VRS estándar se realiza como se indica a continuación:

a) Se compacta el material según la prueba -- PORTER, (ya que se trata de un material grueso).

b) Una vez compactado el material se le deja saturar durante 4 días.

c) Posteriormente se le coloca encima una placa que le transmitirá una presión equivalente a la que tendrá cuando forme parte del pavimento.

La placa tiene una perforación por la que pasa un vástago de 19.4 cm^2 de área transversal, (2.48 cm de radio).

d) Se hace penetrar el vástago a través de la placa a razón de 0.127 cm/min, midiendo la -- presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en el material sujeto a prueba. Dividiendo la presión medida en la prueba entre la necesaria en el material patrón, se obtiene el VRS. La presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en el material patrón se conoce.

Para obtener el VRS estándar se sujetó el material a la prueba PORTER, (se le compactó al 100% de su peso volumétrico seco - máximo) y se saturó; pero éstas condiciones de compactación al 100% y de saturación completa no son las condiciones representativas del campo, ya que el material por lo general no estará saturado en el campo y su compactación será la que se especifique en el proyecto, no necesariamente el 100%.

Lo anterior obliga a que el Diseño del espesor de las capas del pavimento se base en el VRS modificado, que representa más -- cercanamente las condiciones de campo, tanto en compactación como en humedad.

Como en el diseño de los espesores de las distintas capas del pavimento intervienen materiales para base y sub- base, -- (gruesos), y materiales para subrasante y terracería, (finos), se emplearán las pruebas de compactación correspondientes, PORTER para suelos gruesos y PROCTOR para suelos finos.

El VRS modificado tiene dos variantes: la variante 1, para pavimentos en sitios - donde haya buen drenaje y poca precipitación y la variante 2, para suelos donde -- exista mal sistema de drenaje y mucha precipitación.

La prueba del VRS modificada consiste en - lo siguiente:

a') Se compacta el material según la prueba PROCTOR, (para materiales finos de terracería o subrasante), o la prueba PORTER, (pa

ra materiales gruesos de la base o sub-base).

De las pruebas anteriores se conocen la humedad óptima y el peso volumétrico seco máx^{imo}, (W_d máx.), del material sometido a --- prueba.

b') Conocidos los datos anteriores se prepara otra muestra hasta que alcance el grado de compactación que fije el proyecto, variando el contenido de agua óptimo determinado en la prueba utilizada, según las condiciones generales de la zona donde se construirá el pavimento.

El grado de compactación del proyecto depende de la importancia del pavimento, que será función del tránsito que circule sobre él.

El contenido de agua se fijará dependiendo de las condiciones climatológicas y de drenaje del lugar.

En México, el grado de compactación lo fija el proyectista en base a la experiencia, costos e importancia de la obra. El contenido de agua, que debe fijarse considerando los mismos elementos que en el caso anterior, han sido especificados por la SAHOP en las Especificaciones Generales de Construcción, parte novena, p 126 y 127.

c') Una vez que la muestra se encuentra con la compactación y el contenido de agua especificados en el inciso anterior, se realiza la prueba del VRS siguiendo los mismos pasos indicados para el VRS estándar a partir del inciso "c" hasta el "d".

En la Unidad-Habitacional del INFONAVIT las curvas de compactación del material son las mostradas en las figuras 9 a 11.

Los valores de compacidad relativa, densidad de sólidos y ángulo de fricción interna de los materiales del subsuelo, se presentan en la tabla 1, figura 12.

Las curvas de distribución granulométrica de las arenas que forman el terreno, aparecen en las figuras 13 a 16.

Los materiales que se utilizarán para las diferentes capas del pavimento, proceden del Banco "El Limón", ubicado en el kilómetro 89+300 del camino Jalapa-Veracruz. La información sobre los materiales de éste banco las proporcionó el Centro SAHOP de Veracruz.

De acuerdo con la información proporcionada por el laboratorio del Centro SAHOP Veracruz, de Jalapa, Ver., respecto a ensayos realizados con anterioridad sobre muestras del Banco "El Limón", se derivan las características de los materiales que se muestran en la Tabla 2, figura 17.

Tomando en cuenta los requisitos que se establecen en la parte octava de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP, se puede observar que los materiales de la tabla 2 cumplen con las condiciones de granulometría para ser empleados en la base de los pavimentos, ya que su curva granulométrica queda comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3, (ver la figura 18), y tiene una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente.

Aunado a lo anterior, la relación del porcentaje en peso que pasa la malla no. 200 al que pasa la malla no. 40 es menor que 0.65.

$\frac{1}{2}$ que pasa la malla no. 200 = 9
 $\frac{1}{2}$ que pasa la malla no. 40 = 26
 relación = $\frac{.09}{.26} = 0.35$ 0.65

Por otra parte, las características de Contracción Lineal, Valor Cementante y Equivalente de Arena de los materiales de la Tabla 2, concuerdan con las fijadas en las Especificaciones Generales de Construcción de la -- SAHOP, (parte octava, libro primero, p. 19), que se resumen en la Tabla 3, figura 19.

A continuación se hace una descripción general de las pruebas de: Contracción Lineal, Valor Cementante y Equivalente de Arena.

Prueba de Contracción Lineal.

Se define como contracción lineal de un suelo a la reducción de volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresada como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde el Límite Líquido hasta el Límite de Contracción. Especificaciones Generales de Construcción, -- parte Novena.

La prueba de Contracción Lineal consiste en:

- a) Se toma material que esté en el Límite Líquido.
- b) Se llena un molde de dimensiones estándar que ha sido previamente engrasado para evitar que el material se adhiera a las paredes.
- c) Se llena el molde en tres capas golpeando levemente cada una de ellas para producir la expulsión del aire.
- d) Se engrasa el material con una espátula.

- e) Se deja secar la barra al aire hasta que su color cambie de obscuro a claro.
- f) Se pone a secar en el horno por un lapso de 18 horas.
- g) Se mide la longitud del material seco, - así como la longitud del interior del molde.

$$C.L. = \frac{\text{Long. molde} - \text{Long. mat. seco}}{\text{Long. molde}} \times 100$$

donde: C.L. = contracción lineal.

Prueba de valor Cementante:

El objetivo de ésta prueba es determinar el poder aglutinante de un suelo fino o de la fracción de un suelo granular que pasa la malla no. 4.

La prueba consiste en:

- a) El material que ha sido previamente secado y disgregado se tamiza a través de la malla no. 4 hasta obtener una muestra de -- -- aproximadamente 3 kg.
- b) Se le aumenta el agua hasta alcanzar la humedad óptima de compactación.
- c) Se toman tres muestras iguales, (en peso), del material y en cada una de las muestras se compacta el material en tres capas, (en el molde especial para la prueba); se apisona cada capa con 15 golpes de una varilla - que se deja caer desde una altura de 50 cm.
- d) El molde con todo y material compactado se coloca en el horno a 40°C de temperatura y se mantiene allí hasta que pierda el material la suficiente humedad para permitir la remoción del molde.

e) Se continúa el secado a una temperatura de 100°C a 110°C hasta que se pierda toda la humedad. Posteriormente se saca el espécimen y se deja enfriar.

f) Se colocan placas de cartón en las caras superior e inferior del espécimen o bien se cabecea con azufre cada una de las caras de la muestra.

g) Se calcula el Valor Cementante como el promedio de la resistencia a la compresión no confinada obtenida en los tres especímenes.

Prueba del Equivalente de Arena.

Esta es una prueba para investigar la presencia o ausencia de materiales finos o arcillosos que sean perjudiciales para los suelos.

La prueba consiste en:

a) Se humedece la muestra y se tamiza a través de la malla no. 4, disgregando las partículas gruesas.

b) En un cilindro de dimensiones establecidas, se introduce una solución defloculante, hasta alcanzar una altura de 4 pulgadas en la graduación que tiene el cilindro.

c) Se vacía dentro del cilindro el contenido de una cápsula de 88 ml de la muestra del suelo.

d) Se golpea el fondo del cilindro con la mano, con el fin de que salgan las burbujas de aire.

e) Se deja reposar la muestra durante 10 minutos.

f) Se tapa el cilindro para poder agitarlo

fuertemente en el sentido longitudinal, en posición horizontal.

g) Una vez realizado lo anterior, se destapa y se lava la mezcla, para lo cual se utiliza el chorro de un irrigador especial de características establecidas, que introduce agua en el cilindro hasta que el agua alcance 38.1 cm de altura, (en la graduación que tiene el cilindro).

h) Se deja el cilindro en reposo durante 20 minutos, con el objeto de que haya un asentamiento del material, segregándose éste según sus características de tamaño y peso.

i) Una vez que se ha dejado que el material se asiente, se mide la altura que alcanza la capa superior de la arcilla en suspensión.

j) Hecho lo anterior, se introduce un piñón de características estándar con un peso aproximado de 1 kg, haciendo que descansa sobre la arena y, posteriormente, midiendo la altura que alcance el nivel superior de la arena.

k) Se calcula el equivalente de arena como:

$$E.A. = \frac{\text{Alt. del nivel superior de la arena}}{\text{Alt. del nivel superior de la arcilla}}$$

El valor que se tomará como Equivalente de arena será el promedio de los valores del equivalente de arena obtenidos en tres pruebas realizadas.

De la comparación de las tablas 2 y 3 se puede observar que, en los materiales 1 y 2 el valor cementante es ligeramente menor al especificado como mínimo, que es de 4.5 kg/cm^2 ; sin embargo, para contrarrestar éste defecto se recomienda construir las guarniciones antes de colocar, la base.

5.- ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO

La estratigrafía del subsuelo se muestra en los perfiles de las figuras 2 a 5. Puede observarse que el subsuelo está formado por depósitos de arena fina, café uniforme de médano, hasta la máxima profundidad explorada - de 3.7 m; en el sondeo 1 figura 2, (parte baja del preedio), se detectó un estrato de 1 m de espesor, de arena fina gris oscura, estrato que se encuentra contaminado con materia orgánica.

La compacidad de los depósitos de arena es muy variable; sin embargo, en general, el material se encuentra muy suelto en los primeros 2 metros de profundidad y su compacidad aumenta a profundidades mayores bajo la superficie, (tabla 1, figura 12).

El contenido natural de agua de la arena es del orden de 5 %, con excepción del sondeo 1, que se encuentra en la parte baja del predio, donde, a 1.60 m de profundidad, es de 21 % y en el sondeo 3, donde, cerca del Nivel de Aguas Freáticas, a 3.10 m de profundidad, es de 22 %.

El valor relativo de soporte, (VRS) de diseño del suelo en estado natural es bajo, (4 a 12 %), mientras -- que compactado al 95 % de la prueba PROCTOR SOP aumenta, (20 a 40 %), véanse las figuras 2 a 5.

6.- ANALISIS DE LA CIMENTACION

Dado que la compacidad de la arena de médano es muy variable, (tabla 1, figura 12), se considera adecuada la solución a base de una losa corrida para la cimentación de las casas, ya que éste sistema estructural permite tomar los asentamientos diferenciales que pudieran ocurrir en la arena.

Por otra parte, está el hecho de que cimentar con losa corrida presenta las ventajas de tener bajo costo y rapidez de ejecución en obras grandes.

Analizando los resultados de las pruebas de compresión triaxial, que dan ángulos de fricción interna de 30° y 27.5° y dado que las muestras que se probaron estaban a 3 metros de profundidad, (a una profundidad mayor que la de desplante de la cimentación, de 30 cm), se decidió adoptar un ángulo de fricción interna de 26° , lo cual concuerda con los valores recomendados en la referencia 4 para suelos que se encuentran en un estado entre suelto y medianamente compacto.

Con el ángulo de 26° , tomando una profundidad de desplante de 0.30 m, (siendo 20 cm de losa y 10 cm de capa de apoyo) y una γ_m de 1.25 ton/m^3 , (para la tierra vegetal), se obtuvo la capacidad de carga, empleando el criterio de Terzaghi para suelos friccionantes. Se usó un factor de seguridad de tres.

De acuerdo a lo anterior se tiene que:

$$D_f = 0.30 \text{ m}$$

$$\gamma_m = 1.25 \text{ ton/m}^3$$

$$B = 10 \text{ m}$$

$$h = 15 \text{ m}$$

$$\phi = 26^\circ$$

Por tratarse de un suelo cuya compacidad está entre suelta y mediana, se consideró que, de presentarse la falla, ésta será local, (o sea por compactación), y por eso se utilizan los valores de $N'q = 5.14$ y $N'\gamma = 3$, referencia 5.

Así, aplicando la fórmula de Terzaghi para falla local en suelos friccionantes se tiene que:

$$q_c = \gamma D_f N'_q + 1/2 B \gamma N'_{\gamma} \quad \text{Fórmula de Terzaghi.}$$

substituyendo valores:

$$q_c = 1.25 \times 0.30 \times 5.14 + 1/2 \times 1.25 \times 10 \times 3 = 20.68 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{adm} = q_c / F.S. = 20.68/3 = 6.89 \text{ ton/m}^2 \approx 7 \text{ ton/m}^2$$

La capacidad de carga admisible resulta ser de --
7 ton/m².

Tomando en cuenta que, según Terzaghi y Peck, referencia 6 la capacidad de carga tolerable para losas en arenas es de 7.5 a 26 ton/m², cuando están medianamente compactas, resulta que la capacidad de carga admisible calculada está en el rango aceptable.

Haciendo la consideración de que la carga que transmiten las casas al suelo es de 3 ton/m², (siendo 1 ton/m² para la losa de cimentación, 1 ton/m² para el primer piso y 1 ton/m² para la azotea), se calculan los asentamientos elásticos, haciendo uso de los resultados de -- los resultados de los ensayos de compresibilidad, que se encuentran en la figura 8.

Cálculo de asentamientos:

$$p \text{ inicial} = \gamma_m h$$

substituyendo valores:

$$\gamma_m = 1.25 \text{ ton/m}^3$$

$h = 1 \text{ m}$ (a la mitad del estrato compresible, cuyo espesor se puede considerar de 2 m).

$$p_i = 1.25 \text{ ton/m}^2$$

$\Delta p = 3 \text{ ton/m}^2$, (que es la descarga de las casas)

$$p \text{ final} = p \text{ inicial} + \Delta p = 1.25 + 3 = 4.25 \text{ ton/m}^2.$$

Ahora bién, haciendo uso de la figura 8:

$p_i = 1.25 \text{ ton/m}^2$ corresponde a una deformación unitaria de 0.87 %.

$p \text{ final} = 4.25 \text{ ton/m}^2$ corresponde a una deformación unitaria de 2.06 %.

incremento de deformación unitaria = 2.06 % - 0.87 % = 1.19 % = .0119 así el asentamiento será de ;

$$\text{asentamiento} = 0.0119 \times 200 \text{ cm} = 2.38 \text{ cm} \approx 2.4 \text{ cm}.$$

Se considera que el asentamiento elástico de 2.4 cm es aceptable, ya que el asentamiento tolerable para la estructura de losa es de 3" = 7.62 cm, referencia 7.

7.- DISEÑO DEL PAVIMENTO

Dado que el tránsito que circulará por las calles de la Unidad es relativamente pequeño, y que las condiciones climatológicas de Veracruz permiten un buen funcionamiento de los asfaltos, (ya que no hay un exceso calor que produzca un aumento de fluidez en el asfalto, ni un intenso frío que produzca un aumento de la viscosidad con los consecuentes agrietamientos en el mismo), se considera adecuado el empleo de un pavimento flexible con carpeta de concreto asfáltico.

Para el diseño de los espesores de las capas del pavimento se empleó el método del Instituto de Ingeniería UNAM (8), con los datos del tránsito proporcionados por el INFONAVIT, (capítulo 2), y los valores relativos de soporte del suelo, (VRS) en estado natural y compactado al 95% de su peso volumétrico seco máximo, (capítulo 2).

El método del Instituto de Ingeniería se basa en el concepto de ejes equivalentes y considera que el VRS se distribuye en la sección resistente según la teoría de Boussinesq, o sea, en la misma forma como se distribuyen los esfuerzos normales verticales en el suelo. También toma en cuenta la vida útil del proyecto y establece una relación entre VRS, espesor y tránsito acumulado.

Para aplicar el método del Instituto de Ingeniería se procede del modo siguiente:

Primero, de acuerdo con el tránsito que vaya a circular en la Unidad, haciendo uso de los coeficientes de daño por tránsito con relación al eje sencillo de 8.2 ton, al que corresponden (obtenidos de manera -

empírica, tabla A.2 ref. 8), se calcula el número de - ejes equivalentes de 8.2 ton que constituyen el tránsito medio diario por el carril en el primer año de servicio.

Así se tiene que:

Calle principal

Circulación de camiones urbanos cada 20 minutos y circulación, durante la construcción de la obra, de -- volteos y trailers pasando 20 volteos y un trailer día rio.

tipo de vehículo	No.de vehículos en el carril de proyecto por día #	coeficiente de tránsito(Fi)	No. de ejes equivalentes de 8.2 ton (# X Fi)
B camión urbano	40	1.1	44.0
C ₃ gas y basura	2	0.658	1.316
A _p particulares	1000	0	0
C ₂ de carga 5.1 Ton	2	0.448	0.896
A _c de carga 2.5 Ton	1	0.011	0.011
T ₂ - S ₂ trailers	1/15	1.48	<u>0.0986</u>
		Suma To ₁ =	46.32

Posteriormente, conociendo la vida de proyecto de la obra y la tasa de crecimiento anual del tránsito, se calcula el coeficiente de acumulación del tránsito, C_1 .

El coeficiente C_1 es un número que depende de la tasa de crecimiento anual del tránsito y de la vida del proyecto; la función de dependencia es de la forma del interés compuesto:

$$C_1 = 365 \sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1}$$

donde : J = número de años

r = tasa de crecimiento anual del tránsito

La cantidad $\sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1}$ es el interés compuesto --

anual, el cual se multiplica por 365 días y al afectar a T_0 , (tránsito medio diario por carril en el primer -- año de servicio), nos da el coeficiente de acumulación de tránsito, (C).

Así, para una vida de proyecto de $n = 15$ años y con una tasa de crecimiento anual $r=0$, (datos del INFONAVIT), se obtiene un coeficiente de acumulación de tránsito -- $C_1 = 5500$.

Así se tiene que el tránsito acumulado al cabo de 15 años de servicio en ejes equivalentes de 8.2 Ton es

$$L_1 = C_1 T_{01} = 5500 \times 46.32 = 254760 \text{ ejes o sea } - - - -$$

$$\sum L_1 = 2.5 \times 10^5 \text{ ejes.}$$

Ahora bien, durante la construcción :

No. de vehículo	No. de vehículos en el carril de proyecto por día	Coefficiente de daño por tránsito, - (Fi)	No. de ejes equivalentes de 8.2 Ton
C ₂ volteos	25	0.448	11.2
T ₃ -S ₂ trailer	1	1.050	1.050
		Suma T _{O2}	= 12.25

Para una duración de la construcción de n=4 meses, (dato aproximado de la constructora), y con una tasa de crecimiento anual r=0 se obtiene un coeficiente de acumulación de tránsito C₂= 340.

Así se tiene que el tránsito acumulado al cabo de 4 meses de duración de la construcción de la obra en -- ejes equivalentes de 8.2 Ton es $\sum L_2 = C_2 T_{O_2}$.

$$\sum L_2 = 340 \times 12.25 = 4165 = .04165 \times 10^5 \text{ ejes}$$

Sumando, se obtiene que el tránsito equivalente -- acumulado total para la avenida principal es :

$$L_{\text{tot}} = \sum L_1 + \sum L_2 = 2.5 \times 10^5 + 0.4165 \times 10^5 \text{ ejes} = 2.9165 \times 10^5 \text{ ejes.}$$

Una vez conocido el tránsito equivalente acumulado en la vida de proyecto, se procede a utilizar la gráfica de Diseño Estructural, que relaciona el Valor Relativo de Soporte con el espesor Equivalente sobre la capa, en función del tránsito equivalente acumulado en la vida del proyecto.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, y empleando la gráfica A.5 ref. 8, se obtienen los siguientes espesores equivalentes sobre las diferentes capas:

Para la terracería de arena de médano sin compactar, - que tiene un VRS = 5%, el espesor requerido sobre la capa es de 45 cm.

Para la subrasante, formada de la misma arena de médano, pero compactada al 95%, con VRS = 21%, el espesor requerido sobre la capa es de 17 cm.

Para la base, de grava-arena, en la cual se usó el material del Bancó El Limón, (capítulo 2), que tiene un VRS = 50%, el espesor requerido sobre la capa es de 10 cm.

En la figura 20 se muestran los espesores de las distintas capas del pavimento, considerando un espesor de carpeta de 5 cm, como se recomienda en la referencia 8 para los pavimentos en México, ya que la carpeta distribuye esfuerzos.

Calles Secundarias

Circulación de 24 camiones urbanos, un camión de basura o gas y 500 automóviles particulares por día, - en el carril de diseño. Durante la construcción, considerada de 4 meses de duración, transitarán 20 volutesos por día.

tipo de vehículo	No.de vehículos en el carril de proyecto por día. (#)	Coefficiente de daño por tránsito (Fi).	No. de ejes equivalentes de 8.2 Ton (# X Fi)
B camión urbano	24	1.1.	26.4
C ₃ gas y basura	1	0.658	0.658
A _p particulares	500	0	0
Suma To ₁ =			27.058

Así, para una vida de proyecto de $n=15$ años y con una tasa de crecimiento anual de $r=0$, (datos del INFONA VIT), se obtiene un coeficiente de acumulación de tránsito $C_1 = 5500$

Así, se tiene que el tránsito acumulado al cabo de 15 años de servicio en ejes equivalentes de 8.2 Ton es $\sum L_1 = C_1 To_1 = 5500 \times 27.058 = \sum L_1 = 148819 = 1.488 \times 10^5$ ejes.

Ahora bien : durante la construcción se tiene que :

tipo de vehículo	No.de vehículos en el carril de proyecto por día (#)	Coefficiente de daño por tránsito (Fi)	No.de ejes equivalentes de 8.2 Ton (# X Fi)
C ₂ volteos	20	0.448	8.96

Para un tiempo de construcción de $n=4$ meses y con

una tasa de crecimiento anual de $r = 0$, se obtiene un coeficiente de acumulación de tránsito $C_2 = 340$.

Así se tiene que el tránsito acumulado al cabo de 4 meses de construcción de la obra en ejes equivalentes de 8.2 Ton es de $\sum L_2 = C_2 T_{O_2}$,

$$\sum L_2 = 340 \times 8.96 = 3046.4 = .30464 \times 10^5 \text{ ejes.}$$

Sumando, se obtiene que el tránsito acumulado total para las calles secundarias es :

$$L_{\text{tot}} = \sum L_1 + \sum L_2 = 1.48 \times 10^5 + .30464 \times 10^5 = 1.51 \times 10^5 \text{ ejes}$$

Con éste dato, y empleando la gráfica A.5, ref. 8, se obtienen los siguientes espesores equivalentes sobre las diferentes capas:

Para la terracería, de arena de médano sin compactar, - que tiene un VRS de 5 %, el espesor requerido sobre la capa es de 38 cm. Al dimensionar el pavimento, éste último espesor se aproxima a 40 cm.

Para la subrasante, formada por la misma arena de médano, pero compactada al 95 %, con VRS de 21 %, el espesor requerido para cubrirla es de 15 cm.

Para la base, de grava arena, (Banco El Limón), con un VRS de 50 %, el espesor requerido para cubrirla es de 10 cm.

En la figura 21 se pueden observar los espesores - de las distintas capas del pavimento, considerando un - espesor de carpeta de 5 cm, como se recomienda en la -- ref. 8, para los pavimentos en México.

8.- CONCLUSIONES

De acuerdo con los capítulos anteriores, se derivan las siguientes conclusiones:

- a) Se requiere compactar el terreno natural al 95 % de la Prueba Proctor SOP, en un espesor de 25 cm en las calles principales, de 20 cm en las calles secundarias y de 25 cm bajo las casas, con el objeto de mejorar las propiedades mecánicas de la arena.
- b) Se considera adecuado el empleo de un pavimento flexible para las calles de la Unidad-Habitacional. El espesor total del pavimento arriba del terreno natural, resulta de 45 cm en las calles principales y de 40 cm en las calles secundarias.
- c) La utilización de una losa corrida para la cimentación de las casas-habitación es satisfactoria, ya que se obtiene una capacidad de carga admisible de 7 Ton/m², por resistencia al corte, usando un factor de seguridad de tres, y un asentamiento elástico para ésta presión de contacto de 2.4 cm, el cual es tolerable para éste tipo de cimentación.

9.- RECOMENDACIONES

A continuación se proporcionan las recomendaciones para la construcción del pavimento de las calles y la cimentación de las casas de la Unidad-Habitacional:

a) Pavimento de las calles.

- a.1) Desmontar el predio y despallar el terreno natural en un espesor de 0.20 m, para eliminar la materia orgánica que tenga el suelo.
- a.2) En las zonas de corte, el terreno se deberá remover hasta una profundidad de 0.20 m abajo del nivel de rasante, tanto en la calle principal -

como en las calles secundarias. A continuación se deberá compactar el terreno natural, bajo la superficie descubierta, en un espesor de 0.25 m en la calle principal y de 0.20 m en las calles secundarias, al 95 % de la prueba Proctor SOP; en general, ésta compactación corresponde a una humedad óptima del orden de 18 % y a un peso vo lumétrico seco de 1600 kg/m^2 , (figuras 9 a 11).

- a.3) En las partes en las cuales se tengan que usar terraplenes, la terracería se puede formar con el material producto de los cortes, compactado al 90 % de la prueba Proctor SOP, hasta una elevación de 0.45 m bajo el nivel de la rasante de la calle principal y de 0.40 m bajo el de la rasante de las calles secundarias. Sobre la terracería se colocará la capa subrasante, formada con la arena producto de los cortes del terreno natural, compactada al 95 %, en un espesor de 0.25 m en la calle principal y de 0.20 m en las calles secundarias.
- a.4) Sobre la capa subrasante se deberá colocar la base del pavimento en un espesor de 0.15 m, tanto para la calle principal como para las calles secundarias, compactada al 100 % de su peso volumétrico seco máximo, según la Prueba Porter.
- a.5) Arriba de la base, se deberá construir una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm de espesor.
- a.6) En las figuras 20 y 21 se presentan las secciones de las capas que deberán formar los pavimentos.
- a.7) La guarnición tendrá una profundidad de 60 m bajo el nivel de banquetta, (para ayudar a compactar a la subrasante, base y carpeta), un ancho de corona de 15 cm y una altura sobre la carpeta de 15 a 20 cm. El paramento del lado del pa

vimiento tendrá una pendiente de 1 a 8 (horizontal a vertical), y la arista formada por éste plano y el coronamiento de la guarnición deberá redondearse con un radio de 1.3 cm o mayor, (para evitar rupturas de la arista).

- a.8) Se deberá proporcionar una pendiente transversal de 2 % hacia ambos lados de las calles o hacia un sólo lado de las mismas. Esta pendiente se deberá dar desde la frontera superior de la terracería y en el contacto entre todas las capas que constituyen el pavimento, (figuras 17 y 18), con el objeto de prevenir infiltraciones.
- a.9) El agua que caiga sobre toda la superficie de la Unidad-Habitacional deberá ser captada y conducida hacia fuera de ella, mediante un sistema de drenaje de agua pluvial adecuado, evitando que existan zonas de fuertes infiltraciones al terreno, ya que ésta situación puede dañar, tanto a los pavimentos como a las casas de la Unidad, debido a que la arena fina del subsuelo es muy susceptible al arrastre por el agua.
- a.10) Se debe llevar a cabo el control de la compactación de los materiales durante la construcción del pavimento y de la cimentación de las casas.

b) Cimentación de las casas.

- b.1) Desmontar el predio y despallar la capa de tierra vegetal en un espesor de 0.20 m.
- b.2) Compactar la superficie descubierta, al 95 % de su peso volumétrico seco máximo, hasta una profundidad de 0.25 m, con el objeto de proporcionar una superficie de apoyo homogénea a la losa corrida de cimentación.

- b.3) La capacidad de carga admisible, (de trabajo), máxima de la losa de cimentación, será de 7 Ton/m², con un factor de seguridad de tres.
- b.4) Con el fin de combatir los efectos de la erosión superficial, se deberá anclar el perímetro de la cimentación de los núcleos de casas con dentellones perimetrales de 0.30 m de profundidad mínima.
- b.5) Debido a que la arena fina que constituye el suelo es muy susceptible a la erosión del viento o del agua, es muy conveniente protegerla con vegetación, zampeado, asfalto, etc., para evitar que se pueda descubrir la cimentación de las casas-habitación.

c) Recomendaciones Generales.

- c.1) Por lo que respecta a la posibilidad de licuación de las arenas finas sueltas del subsuelo por ocurrencia de un sismo, se puede reducir - utilizando un adecuado sistema de drenaje superficial en la Unidad, para evitar que haya aumentos considerables en la humedad del suelo. También se puede prevenir éste peligro compactando por lo menos al 90 % las capas superiores del suelo, en un espesor mínimo de 0.40 m en todo el predio.
- c.2) Resulta conveniente compactar, tanto la terracería como la capa subrasante y la base, con un equipo neumático vibratorio, o si no se dispone de él, con otro equipo, siempre y cuando sea también vibratorio.
Se recomienda el uso del equipo vibratorio por que, al aplicarlo en suelos friccionantes, se ha observado que se logra un buen acomodo de los granos del suelo.

- c.3) Se recomienda la realización de sondeos de penetración estándar a profundidades entre 10 y 15 metros con el fin de comprobar la inferencia geológica, dado que las losas de cimentación son de 15 m de lado.

REFERENCIAS

- 1) VIII Reunión Nal. de Mecánica de Suelos, Tomo II, SMMS, Guanajuato, Gto. Nov. 1976.
- 2) Thornbury, Principios de Geomorfología, Ed. Kaplusz, - Buenos Aires, 1960.
- 3) Leet y Judson, Fundamentos de Geología Física, Ed. - - Limusa, México, 1974.
- 4) Juárez Badillo y Rico, Mecánica de Suelos, Tomo I, p.472.
- 5) Juárez Badillo y Rico, Mecánica de Suelos, Tomo II, p. 253.
- 6) Terzaghi y Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice, ed. John Wiley and Sons, Second edition, 1967.
- 7) Sowers, " Shallow Foundations ", Chapter 6 from Foundation Engineering, ed. by Leonards, Mc. Graw Hill, 1962.
- 8) Corro y Prado, Diseño Estructural de Carreteras con Pavimento Flexible, informe 325 del Instituto de Ingeniería, UNAM, 1974.

UNIDAD HABITACIONAL INFONAVIT-TAMSA

croquis de localización de sondeos

COLONIA REVOLUCION

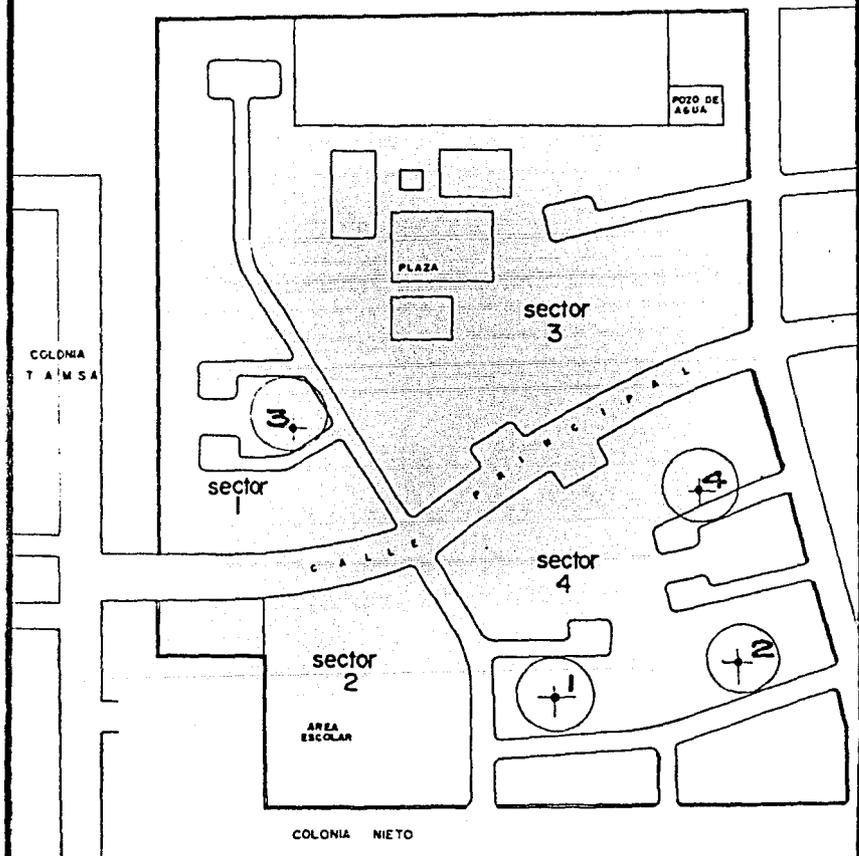
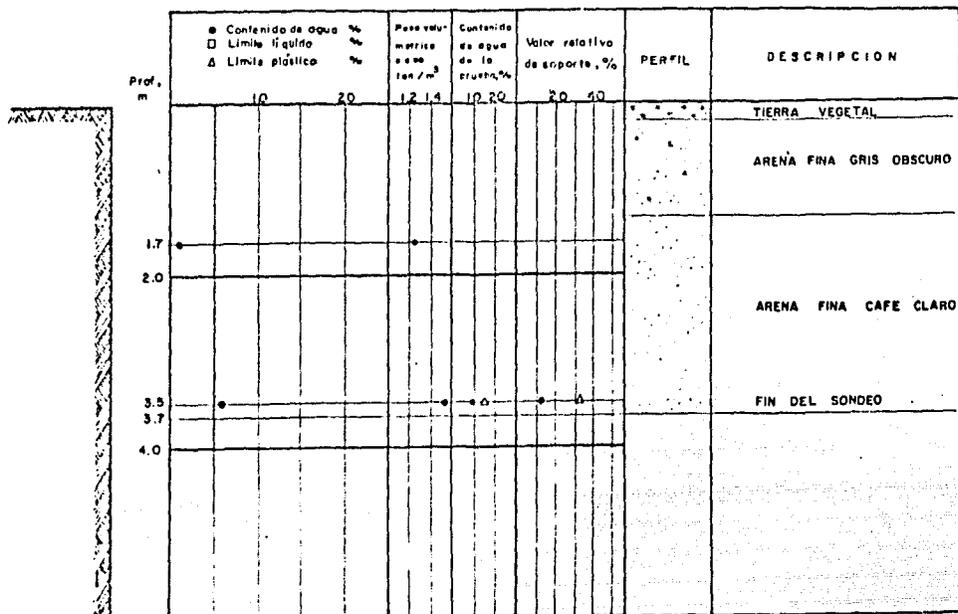


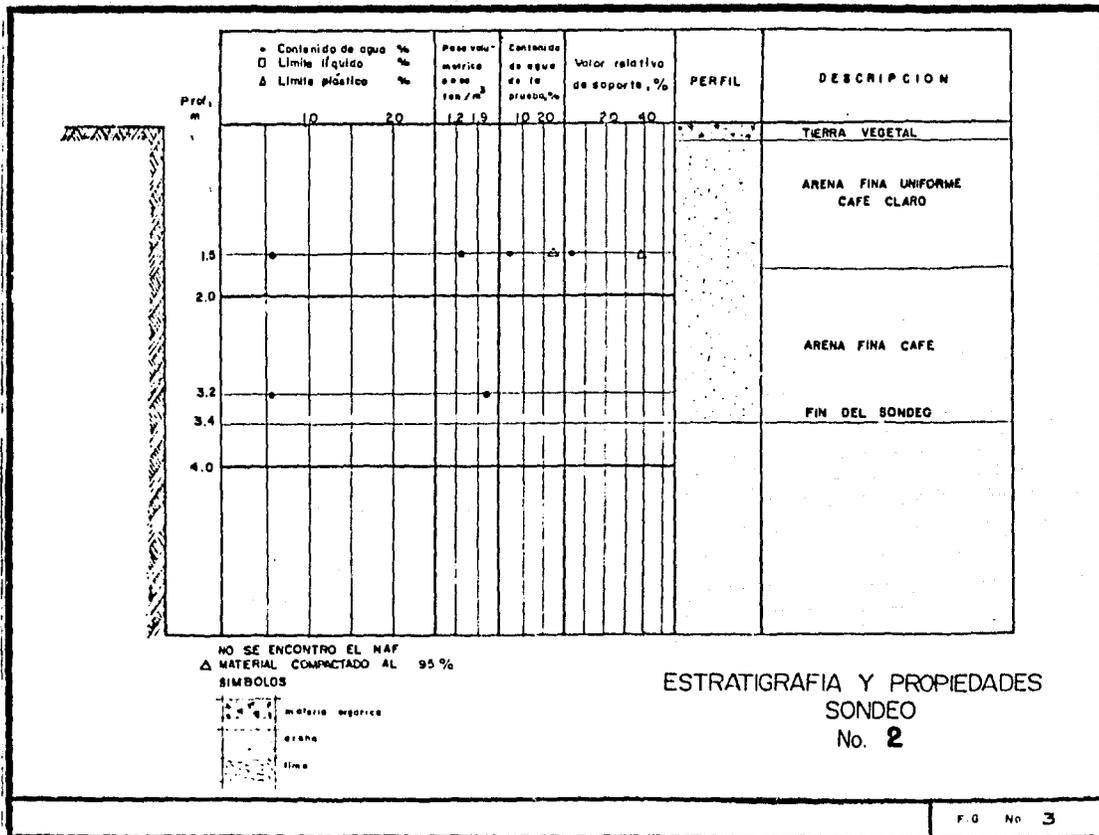
FIG. No. 1

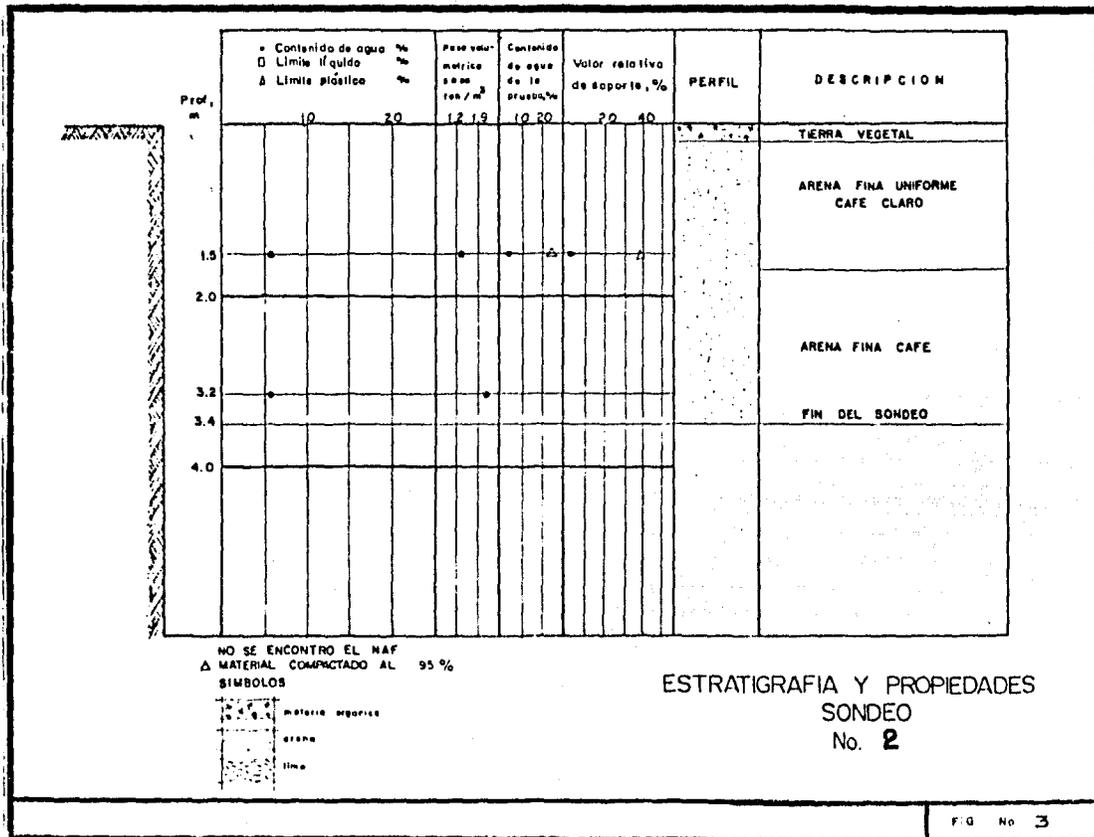


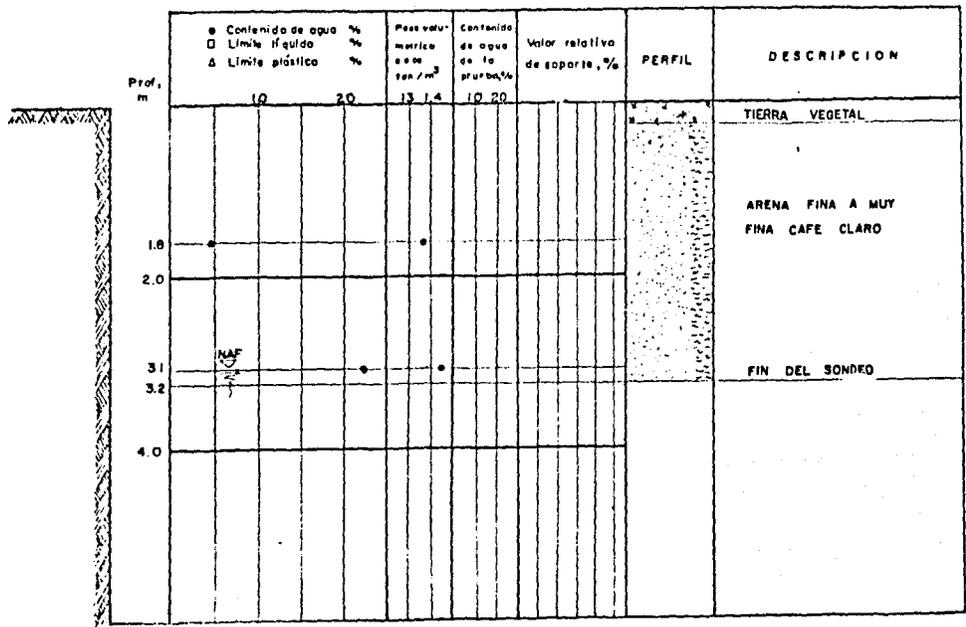
NO SE ENCONTRO EL NAF
 Δ MATERIAL COMPACTADO AL 95 %
 SIMBOLOS

● materia orgánica
 □ arena
 △ limo

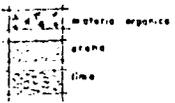
ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES
 SONDEO
 No. 1



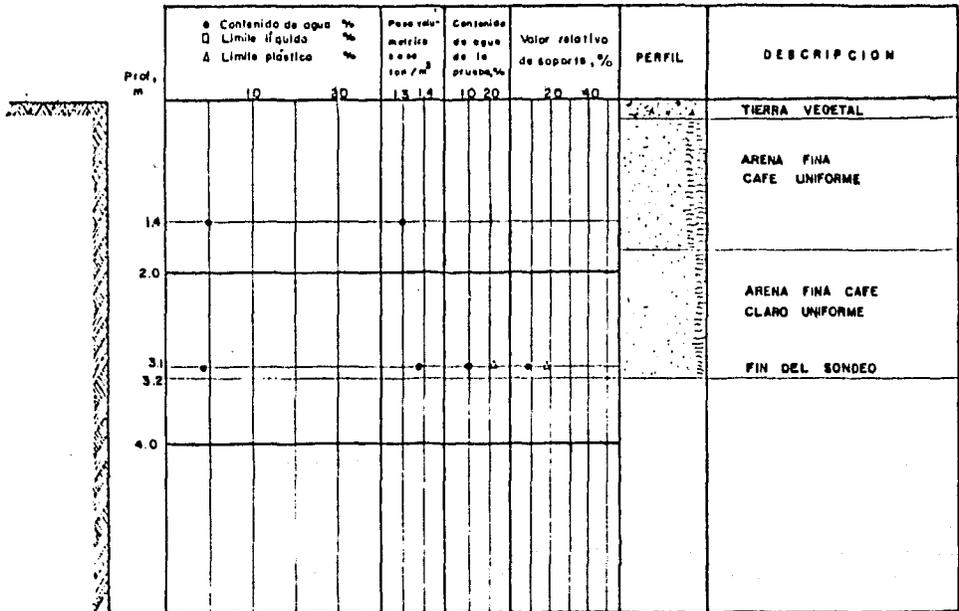




△ MATERIAL COMPACTADO AL 95 %
 SIMBOLOS



ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES
 SONDEO
 No 3

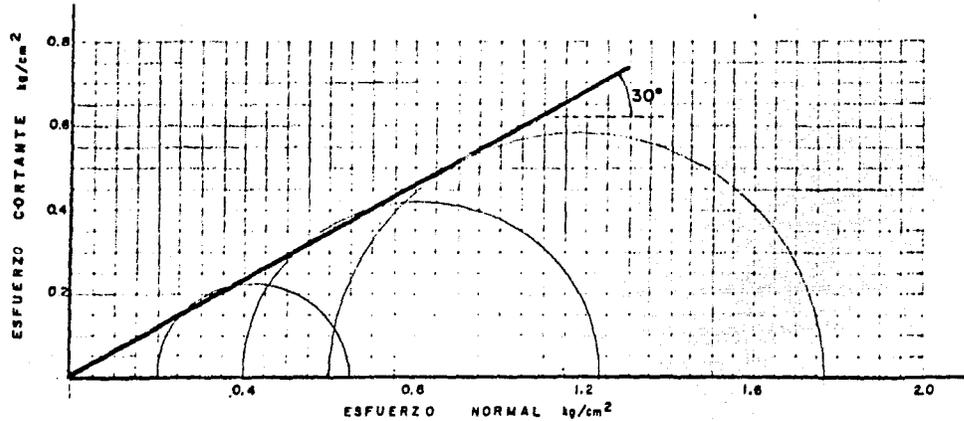


NO SE ENCONTRO EL NAF
 Δ MATERIAL COMPACTADO AL 95 %
 SIMBOLOS

- materia orgánica
- arena
- limo

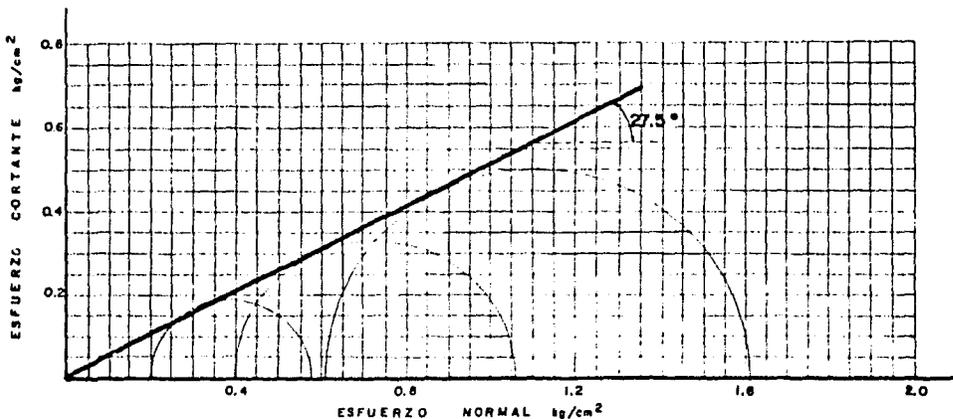
ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES
 SONDEO
 No. 4

COMPRESION TRIAXIAL DRENADA (material con su compacidad natural)



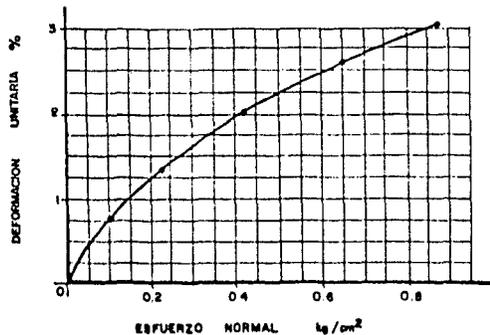
SONDEO	PROFUNDIDAD m	COMPACIDAD RELATIVA %	ANGULO DE FRIC- CION INTERNA
1	3.60	67	30°

COMPRESION TRIAXIAL DRENADA (material con su compacidad natural)



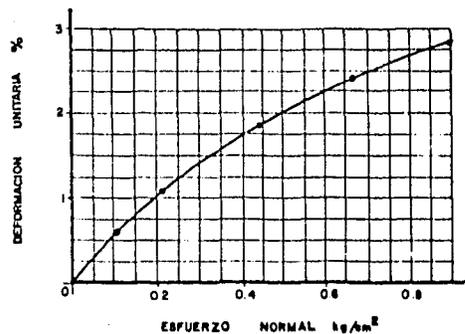
SONDEO	PROFUNDIDAD m	COMPACIDAD RELATIVA %	ANGULO DE FRIC- CION INTERNA
4	3.10	55	27.5°

COMPRESIBILIDAD



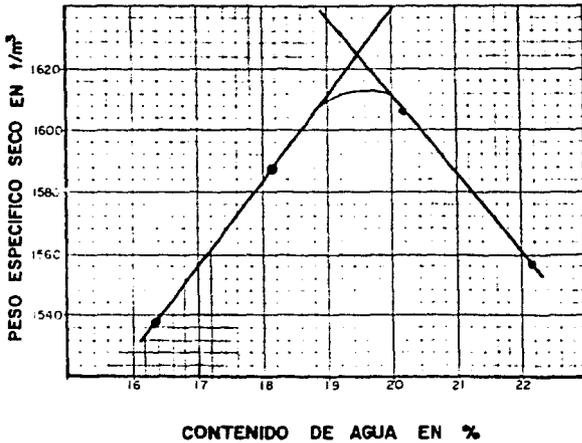
SONDEO	PROFUNDIDAD m.
1	3.60

UNIDIMENSIONAL



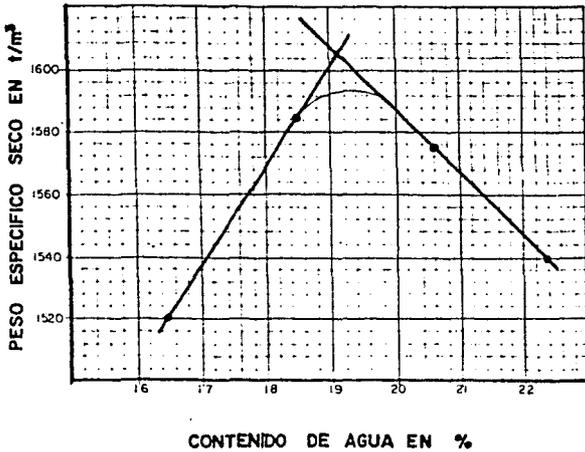
SONDEO	PROFUNDIDAD m.
4	3.10

PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR SOP



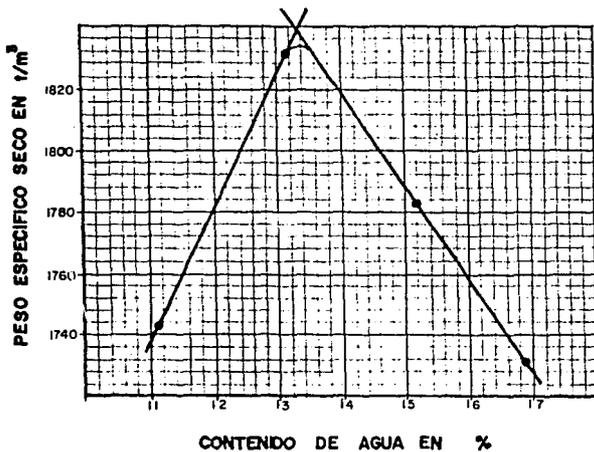
SONDEO	PROFUNDIDAD m	PESO VOLUMETRICO seco máximo kg/m ³	HUMEDAD OPTIMA %
2	1.50	1615	19.5

PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR SOP



SONDEO	PROFUNDIDAD m	PESO VOLUMETRICO seco máximo kg/m ³	HUMEDAD OPTIMA %
4	3.10	1595	19.1

PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR SOP



SONDEO	PROFUNDIDAD m	PESO VOLUMETRICO seco máximo kg/m^3	HUMEDAD OPTIMA %
1	3.60	1853	13.4

UNIDAD HABITACIONAL TAMSA-INFONAVIT
Veracruz, Ver.

Sondeo	Prof. m	Compacidad relativa %	Densidad de sólidos	Angulo de fricción interna
1	1.6	0	-	-
1	3.6	67	2.64	30°
2	1.5	17	2.59	-
2	3.3	17	-	-
3	1.6	-	-	-
3	3.1	-	-	-
4	1.4	0	2.69	-
4	3.1	55	2.65	27.5°

TABLA 1. Compacidad relativa, densidad de sólidos y ángulo de fricción interna de los suelos.

OBRA UNIDAD HABITACIONAL INFONAVIT-TAMSA
 LOCALIZACION VERACRUZ, VER.
 ENSAYE N° _____ SONDEO N° 2
 MUESTRA N° _____ PROF. LSO m.
 DESCRIPCION ARENA FINA UNIFORME
 PESO DE LA MUESTRA _____

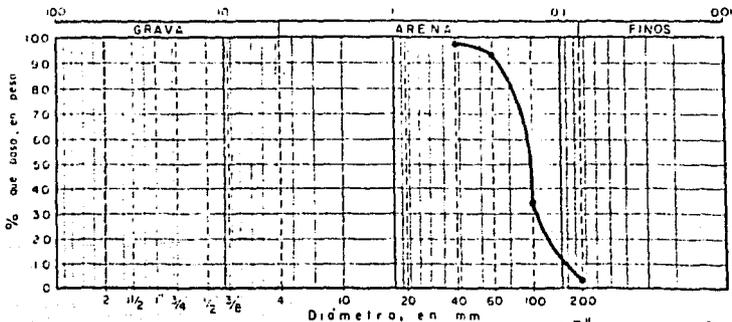
GRANULOMETRIA POR MALLAS

PORCIENTO	
TARA + MUESTRA HUMEDA	
TARA + MUESTRA SECA	
PESO AGUA	
PESO TARA	
PESO MUESTRA SECA	
CONTENIDO DE HUMEDAD	

FECHA: _____
 OPERADOR: _____
 CALCULO: _____

Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa
	mm	gr	%	%		mm	gr	%	%
2	50.80				10	2.000			
1/2	36.10				20	0.840			
1	25.40				40	0.420	2.4	1.3	98.7
3/4	19.05				60	0.250	6.5	3.5	95.2
1/2	12.70				100	0.149	110.8	59.9	35.3
3/8	9.52				200	0.074	60.7	32.8	2.5
1/4	4.75				Peso 200		4.6	2.5	
Peso N° 4					SUMA		185.0	100.0	
SUMA									

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO



$D_{10} =$ _____ $C_u = \frac{D_{50}}{D_{10}} =$ _____ $> 3" =$ _____ %
 $D_{30} =$ _____ D_{10} _____ $G =$ _____ %
 $D_{60} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$ _____ $S =$ _____ %
 F = _____ %

Clasificación SUCS SP

OBSERVACIONES _____

fig. No. 13

OBRA UNIDAD HABITACIONAL INFONAVIT-TAMSA
 LOCALIZACION VERACRUZ, VER.
 ENSAYE N° _____ SONDEO N° 3
 MUESTRA N° _____ PROF. 3.10 m.
 DESCRIPCION ARENA FINA UNIFORME
 PESO DE LA MUESTRA: _____

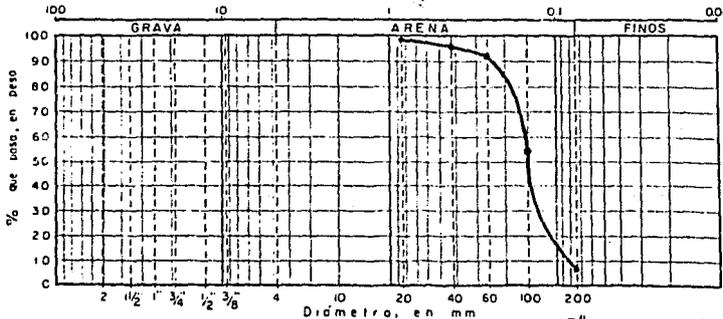
GRANULOMETRIA POR MALLAS

	RET N° 4	PASA N° 4
PORCIENTO		
TARA + MUESTRA HUMEDA		
TARA + MUESTRA SECA		
PESO AGUA		
PESO TARA		
PESO MUESTRA SECA		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

FECHA: _____
 OPERADOR: _____
 CALCULO: _____

Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido		Porcentaje retenido parcial		Porcentaje que pasa		Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido		Porcentaje retenido parcial		Porcentaje que pasa	
		gr	%	%	%	gr	%			%	%				
2"	50.80							10	2.000						
1 1/2"	36.10							20	0.840	2.5	1.2		98.8		
1"	25.40							40	0.420	3.3	1.7		97.1		
3/4"	19.05							60	0.250	7.2	3.7		93.4		
1/2"	12.70							100	0.149	79.2	40.2		53.2		
3/8"	9.57							200	0.074	89.7	45.5		7.7		
N° 4	4.75							Pasa 200		15.1	7.7				
Pasa N° 4								SUMA		187.0	100.0				
SUMA															

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO



$D_{10} =$ _____ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $> 3'' =$ _____ %
 $D_{30} =$ _____ $G =$ _____ %
 $D_{60} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$ _____ $S =$ _____ %
 $F =$ _____ %

Clasificación SUCS: **SP-SM**

OBSERVACIONES: _____

fig. No. 14

OERA UNIDAD HABITACIONAL INFONAVIT-TANSA
 LOCALIZACION: VERACRUZ, VER.
 ENSAYE N° _____ SONDEO N° 4
 MUESTRA N° _____ PROF. 1.40 m
 DESCRIPCION: ARENA EDMA UNIFORME LIMOSA
 PESO DE LA MUESTRA: _____

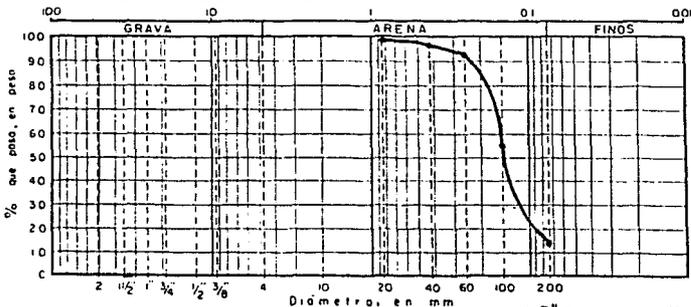
GRANULOMETRIA POR MALLAS

FECHA: _____
 OPERADOR: _____
 CALCULO: _____

	RET N° 4		PASA N° 4
PORCIENTO			
TARA + MUESTRA HUMEDA			
TARA + MUESTRA SECA			
PESO AGUA			
PESO TARA			
PESO MUESTRA SECA			
CONTENIDO DE HUMEDAD			

Malla N°	Aberura		Peso Suelo retenido		Porcentaje retenido		Porcentaje que pasa	
	m m	gr	gr	%	%	%		
2"	50.80							
1 1/2"	36.10							
1"	25.40							
3/4"	19.05							
1/2"	12.70							
3/8"	9.52							
N° 4	4.75							
Pasa N° 4								
SUMA								

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO



D_{10}^2 _____ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ _____ $> 3" =$ _____ %
 D_{30}^2 _____ D_{10} _____ $G =$ _____ %
 D_{60}^2 _____ $C_c = \frac{D_{30}^2 - D_{10}^2}{D_{60} - D_{10}}$ _____ $S =$ _____ %
 $D_{10} \times D_{60}$ _____ $F =$ _____ %

Clasificación: SUCS **SP-SM**

OBSERVACIONES _____

fig. No. 15

OBRA UNIDAD HABITACIONAL JEFONAVIT-TAMSA
 LOCALIZACION VERACRUZ, VER
 ENSAYE N° _____ SONDEO N° 4
 MUESTRA N° _____ PROF. 3JO
 DESCRIPCION ARENA LIMO UNIFORME
 PESO DE LA MUESTRA: _____

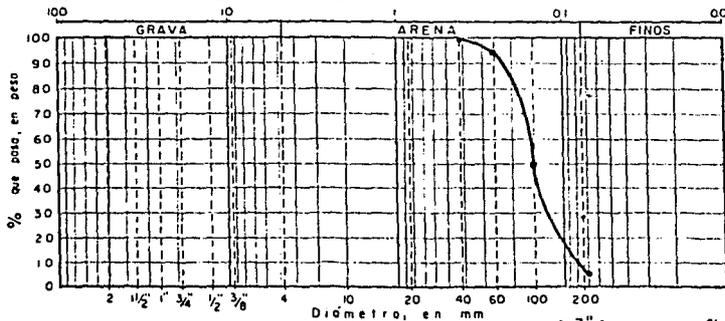
GRANULOMETRIA POR MALLAS

PORCIENTO	RET N° 4	PASA N° 4
TARA + MUESTRA HUMEDA		
TARA + MUESTRA SECA		
PESO AGUA		
PESO TARA		
PESO MUESTRA SECA		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

FECHA: _____
 OPERADOR: _____
 CALCULO: _____

Malla N°	Apertura m m	Peso Suelo retenido gr	Porcentaje retenido por porcentaje	Porcentaje que pasa %	Malla N°	Apertura m m	Peso Suelo retenido gr	Porcentaje retenido por porcentaje	Porcentaje que pasa %
2"	50.80				10	2.000			
1 1/2"	36.10				20	0.840			
1"	25.40				40	0.420	1.2	0.6	99.4
3/4"	19.05				60	0.250	9.6	4.5	94.9
1/2"	12.70				100	0.149	94.3	44.9	50.0
3/8"	9.52				200	0.074	93.4	44.5	5.5
N° 4	4.75				Pasa 200		1.5	5.5	
Peso N° 4					SUMA		210.0	100.0	
SUMA									

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO



$D_{10} =$ _____ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $> 3" =$ _____ %
 $D_{30} =$ _____ $G =$ _____ %
 $D_{60} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$ _____ $S =$ _____ %
 $F =$ _____ %

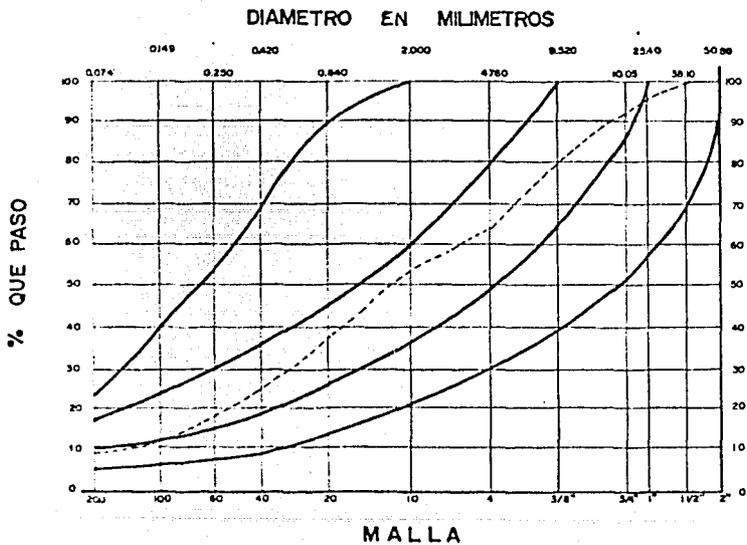
Clasificación SUCC: **SP**
 OBSERVACIONES: _____

fig. No 1G

No.	Localización	Descripción	Peso vol. max.kg/m ³	Humedad óptima	VRS estándar	Expansión	Valor cementante kg/cm ²	Límite líquido %	Equiv. de arena	Contracción lineal
1	Desviación derecha 4400 m	conglomerado	2000 a 1010	10 a 11	81 a 82.	0	3.7-4.1	19-20	68-73	0-0.5
2	Desviación derecha 4400 m	Mezcla 70-30% en vol.de con glomerado y grava, tam. max. 1 1/2".	2015 a 2090	9 a 10	112 a 118	0	3.3-3.4	19-20	65-74	0
3	Desviación derecha	Mezcla 70-30 % en vol. de con glomerado y triturado, tam. max. - 1 1/2".	2015 a 2045	9 a 11	103 a 109	0	5.5-5.8	18-19	58-69	0

TABLA 2. Propiedades de los materiales del Banco "El Limón".

MATERIAL PARA BASE



----- curva granulométrica del material.

CARACTERISTICAS

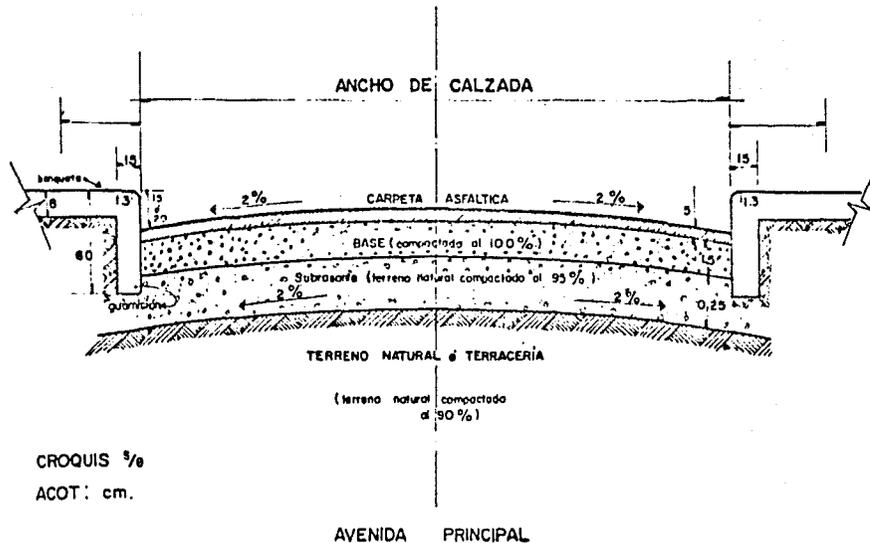
ZONAS EN QUE SE CLASIFICA
EL MATERIAL DE ACUERDO
CON SU GRANULOMETRIA

	1	2	3
Límite líquido en por ciento	30 máx.	30 máx	30 máx.
Contracción lineal en %	4.5 máx.	3.5 máx.	2.0 máx.
Valor cementante para materiales angulosos, en kg/cm ²	3.5 mín.	3.0	2.5 mín.
Valor cementante para materiales redondeados, en kg/cm ²	5.5 mín.	4.5 mín.	3.5 mín.

Condiciones que debe cumplir un material para ser usado como Base.

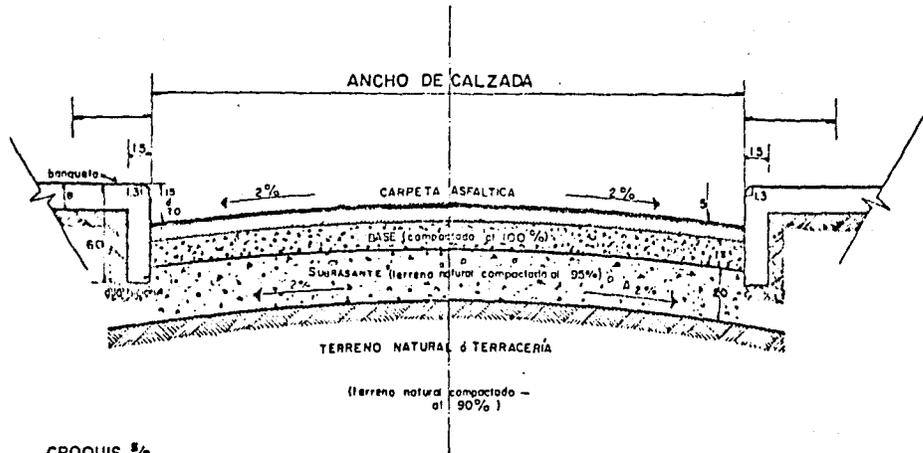
TABLA 3 (Parte Octava, Libro primero de Especificaciones generales de con
strucción, SANOP.)

SECCION TRANSVERSAL



CROQUIS $\frac{5}{8}$
ACOT: cm.

SECCION TRANSVERSAL



CROQUIS $\frac{3}{8}$

ACOT: cm

CALLE SECUNDARIA