

26
28j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**“METODOS DE MUESTREO EN
SUELOS FINOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

OSCAR BURGOS OLVERA

MEXICO, D. F.

1987



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 está 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.

I N D I C E

CAPITULO	I	INTRODUCCION -----	1
CAPITULO	II	PROGRAMA PARA LA EXPLORACION Y MUESTREO -	4
	II.1	Tipo y orden de sucesión de las operacio- nes -----	4
	II.2	Separación de las perforaciones -----	6
	II.3	Profundidad de las perforaciones -----	7
CAPITULO	III	METODOS DE EXPLORACION -----	10
	III.1	Propósito -----	10
	III.2	Sondeos -----	10
	III.3	Sondeos sencillos con barras -----	13
	III.4	Ensayo de corte "in situ" -----	17
	III.5	Método de penetración estandar -----	18
CAPITULO	IV	MUESTREO INALTERADO -----	21
	IV.1	Propósito -----	21
	IV.2	Tubos muestreadores de pared delgada -----	23
	IV.3	Operaciones de muestreo -----	31
	IV.4	Requisitos generales -----	34
CAPITULO	V	MANEJO Y CONSERVACION DE MUESTRAS -----	36
	V.1	Conservación de muestras representativas	38
	V.2	Inmersión o recubrimiento de muestras en parafina -----	39

I N D I C E

V.3 Conservación de muestras en tubos de muestreo largos	47
V.4 Clasificación, transporte y almacenamiento de muestras	51
CAPITULO VI CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFIA	57

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

La mecánica de suelos siempre ha desempeñado un papel muy importante dentro de la ingeniería civil y más aún, conociendo que de ella depende en gran parte la seguridad de obras importantes, como podrían ser presas, túneles, puentes, edificios, etc. Por eso se ha hecho evidente de que no es suficiente el diseño de la estructura en sí misma para lograr la plena garantía de su seguridad, sino que además el proyecto de la estructura debe ir precedido por el estudio cuidadoso de las características del suelo y materiales sobre los cuales se va a cimentar. De esto la gran importancia que reviste el estudio detallado de los diferentes estratos del suelo y de la correcta interpretación de los resultados.

Con el rápido desarrollo de la mecánica de suelos y métodos de laboratorio para la determinación de las propiedades físicas de los suelos, de pronto se hizo evidente que algunas de las propiedades físicas del suelo se pueden ver alteradas durante las operaciones de muestreo o por el inadecuado manejo y almacenamiento que se le da a las muestras, obteniéndose resultados irreales, utilizados posteriormente para el diseño de las diversas estructuras de una obra en común. De aquí que la exploración detallada del suelo, siempre debe ir acompañada de todos los pasos y cuidados necesarios para obtener resultados completamente verídicos.

El principal contenido de la tesis es un informe acerca de los procedimientos generales para poder llevar a efecto las operaciones de operación y muestreo, dando a conocer la metodología y una breve descripción del equipo, además la forma en que se deben manejar y transportar las muestras del suelo obtenido.

Conciderando que la gran mayoría del suelo de la Cd. de México está formado por suelos finos, como son los limos y las arcillas, los métodos de muestreo que se mencionan son para aplicarlos de preferencia en este tipo de suelos, ya que según estudios realizados son los que proporcionan mejores resultados.

En el contenido del segundo capítulo se menciona la secuencia y orden en la que se debe basar una exploración del suelo para la realización de una obra de ingeniería civil. Se habla también de cuales deben ser las consideraciones que se tienen que tomar para la localización, separación y profundidad de las diferentes perforaciones para la exploración y muestreo.

En el capítulo tercero se presentan algunos de los métodos más utilizados para la exploración del suelo, su metodología y una breve descripción del equipo.

El capítulo cuarto habla de los métodos para la obtención de muestras inalteradas en suelos finos, cuya principal finalidad es obtener las muestras con el mínimo de alteraciones y con todos los elementos constitutivos del material en sus propias proporciones. Los métodos o tubos-muestreadores que se citan en el capítulo son el tubo muestreador tipo Shelby y el tubo muestreador con pistón. Ambos métodos pertenecen al grupo de muestreadores de tubo de pared delgada.

El capítulo quinto hace referencia de la forma en -

que se deben manejar, transportar y conservar las muestras para que los resultados obtenidos de ellas sean lo más representativo posible del lugar de donde provienen.

C A P I T U L O II

PROGRAMA PARA LA EXPLORACION Y MUESTREO

II.1 Tipo y orden de sucesión de las operaciones.

En cualquier tipo de obra, el ingeniero no debe olvidar que la mayoría de los suelos se formaron por procesos geológicos que cambiaron en forma absolutamente irregular en el espacio y en el tiempo. Debido a la influencia que los factores geológicos ejercen en el orden de sucesión, en la forma y en la continuidad de los estratos del suelo, el primer paso a tomar en cualquier exploración del suelo debe siempre consistir en una investigación de las características geológicas generales del lugar. Cuanto mejor se entienda la geología del lugar, con tanta más eficiencia podrá establecerse el programa para la exploración del suelo. El segundo paso a tomar consiste en efectuar perforaciones exploratorias que proporcionen datos más específicos relativos a las características significativas generales y al espesor de cada estrato individual. Estos

dos pasos son obligatorios; los subsecuentes a estos dependen de la importancia de la obra y de las particularidades del perfil del suelo.

En los pasos a tomar en la exploración y muestreo del suelo, es importante tomar en cuenta la responsabilidad y el tiempo con el que se realiza el trabajo; ya que por ejemplo, los descuidos y la falta de experiencia pueden provocar resultados inconclusos o la pérdida de los mismos, con lo cual se pueden tener selecciones inadecuadas para la localización y diseño de una estructura propuesta o también hacer uso de métodos costosos en la construcción. En cuanto al tiempo es muy importante considerarlo, ya que los resultados de las investigaciones pueden verse desfavorecidos si no están completos a la hora de las decisiones; así los resultados pueden verse influenciados por investigaciones efectuadas anteriormente en zonas cercanas o en suelos con características semejantes. Por tales motivos se aconseja que la realización de las exploraciones del subsuelo, se realicen con gente preparada, como podrían ser los propios ingenieros o técnicos especializados.

En obras comunes, como por ejemplo el proyecto y la construcción de una casa de departamentos de dimensiones moderadas en distritos con suelos conocidos, no es necesaria ninguna otra investigación. Los ensayos de suelo pueden limitarse a la determinación de las propiedades índice de las muestras obtenidas con la cuchara utilizada en perforaciones exploratorias. Estos resultados sirven para correlacionar los suelos con otros encontrados previamente en obras similares, y por lo tanto, permiten utilizar la experiencia pasada. Toda vez que puedan obtenerse datos, por inspección de las estructuras existentes en las cercanías, la oportunidad no debe ser despreciada.

La exploración del suelo para obras de gran envergadura puede requerir la determinación de una o varias de las siguientes propiedades: densidad relativa, permeabilidad, resistencia al corte y capacidad de carga de los estratos de arcilla y arena, o compresibilidad de capas de arcilla. A medida que aumenta la complejidad del perfil del suelo, decrece rápidamente la utilidad a derivar de investigaciones elaboradas del subsuelo. Cuando el perfil del suelo es errático, los esfuerzos deben concentrarse, no tanto en la obtención de datos exactos relativos a las propiedades físicas de muestras aisladas del suelo, sino más en obtener una información completa con respecto a la forma estructural del subsuelo.

Como los perfiles del suelo errático son mucho más comunes que los simples y regulares, son raros los casos en que se justifica desde el punto de vista práctico la ejecución de ensayos elaborados y en gran escala.

II.2 Separación de las perforaciones.

Generalmente la distancia a que deben espaciarse las perforaciones exploratorias se basa principalmente por la experiencia y la costumbre, más que por consideraciones racionales.

En cierta forma la localización y separación de sondeos y perforaciones deberán ser tal como los perfiles del suelo obtenidos permitan una estimación de la extensión y calidad de los suelos y descubrir importantes irregularidades en las condiciones de la superficie. Cuando las condiciones del suelo son uniformes, se considera adecuada que la separación entre las perforaciones sea de cien metros aproximadamente; en algunos casos la distan-

cia de estas perforaciones podría verse disminuida si fuera necesario. Cuando las condiciones del suelo presentan un perfil errático la separación entre cada perforación es de 8 a 15 m.

Otro criterio, se toma a partir de la obra que ha de ejecutarse, sin olvidar el perfil del suelo con que se este trabajando. Por ejemplo, en obras de edificación suelen distanciarse unos 15 m en ambos sentidos principales. En proyectos de subterráneos, diques o presas se consideran 25 m como una distancia máxima. Sin embargo, si la zona que abarca el proyecto es muy grande, puede resultar necesario aumentar esta distancia a 50 o 100 m. Aún con esta separación, el número de perforaciones y la cantidad de ensayos necesarios pueden resultar muy grandes y causar demasiados retrasos en la iniciación de la obra.

II.3 Profundidad de las perforaciones.

La profundidad a la que deben llevarse las perforaciones se basa también en la experiencia y en la costumbre. Pero en este aspecto, la práctica corriente suele caracterizarse por el hecho de que sus resultados no solo no tienen utilidad alguna, sino que muchas veces hasta son peligrosos. En efecto, muchos edificios han resultado seriamente dañados por la consolidación de estratos de arcilla blanda situados por debajo de la profundidad hasta la cual fue explorado el subsuelo. Con todo, no resulta posible establecer reglas generales para seleccionar dicha profundidad, pues, para una estructura de dimensiones y peso dados, la profundidad de las capas que pueden tener una influencia significativa en los asentamientos depende en gran parte del perfil del suelo. Los ejemplos --

que siguen ilustran sobre los factores que deben considerarse antes de especificar la profundidad a la que deben llevarse las perforaciones.

Si por razones geológicas, o por conocimiento de perforaciones anteriores realizadas en la cercanía de la zona, se sabe que el suelo del lugar donde se va a construir un grupo de edificios es arenoso y no contiene ningún estrato de arcilla o de limo blando, es suficiente, en correspondencia con cada edificio, explorar el suelo según cuáles sean el peso y el tamaño del edificio, hasta una profundidad de 5 a 10 m por debajo del plano de fundación. Las dimensiones del área ocupada por el conjunto del edificio no requieren consideración alguna pues en arena el asentamiento de cada edificio es casi independiente de la existencia de los otros. La causa de esta particularidad deriva del hecho de que la compresibilidad de los estratos de arena decrece rápidamente con la profundidad.

Si por el contrario, el subsuelo de un grupo de edificios contiene estratos blandos, la causa principal de los asentamientos puede hallarse a una profundidad mayor que el ancho total ocupado por el grupo de edificios, ya que aún en el caso de que un grueso estrato de arcilla esté situado a gran profundidad, 50 m, por ejemplo, un aumento moderado de la presión que actúa sobre el mismo puede llegar a producir un asentamiento mayor de 30 cm. Por ello la profundidad a que debe explorarse el subsuelo depende principalmente de la presencia o ausencia de estratos compresibles, tales como los de arcilla o limo plástico.

Cuando la geología del lugar indica que pueden e-

xistir estratos de arcilla o de limo situados a gran profundidad, o cuando no se conoce absolutamente nada al respecto a las condiciones del subsuelo, como primera medida debe hacerse una estimación aproximada de la intensidad y la distribución de las presiones que se originan en el subsuelo como consecuencia de la construcción del grupo de edificios. Con esta estimación, se determina la máxima profundidad, D_{max} , para la cual la presencia de una potente capa de arcilla blanda con un alto límite líquido puede aún ejercer una influencia considerable sobre los asentamientos. La primera perforación debe efectuarse hasta dicha profundidad; las restantes, pueden suspenderse después de haber llegado a 3 m por debajo del estrato de arcilla más profundo que se hubiese encontrado dentro de la profundidad D_{max} .

Los resultados de las perforaciones exploratorias deben condensarse en un informe que contenga todos los datos reunidos relativos a la geología del lugar, una lista de las propiedades índice de todas las muestras obtenidas, y un registro de los resultados de los ensayos normales de penetración. Con este informe podrá entonces decidirse si son necesarias o no investigaciones suplementarias para determinar: la densidad relativa y la permeabilidad de estratos de arena, o a la resistencia al corte y la compresibilidad de capas de arcilla.

C A P I T U L O III

METODOS DE EXPLORACION

III.1 Propósito.

Este capítulo tiene la finalidad de presentar algunos de los métodos utilizados en la exploración del suelo, conocidos como sondeos y que posteriormente podrán ser utilizados en las operaciones de muestreo. Únicamente se hablará de los principios generales y no sobre los detalles de los métodos de exploración.

III.2 Sondeos.

Un sondeo consiste en la hincada de una barra en el subsuelo a presión constante o por medio de golpes repetitivos; generalmente la barra es ademada en un tubo o camisa proporcionándole así un cuerpo resistente (fig. 3.1), de tal forma que al ir avanzando la barra se pueda apre-

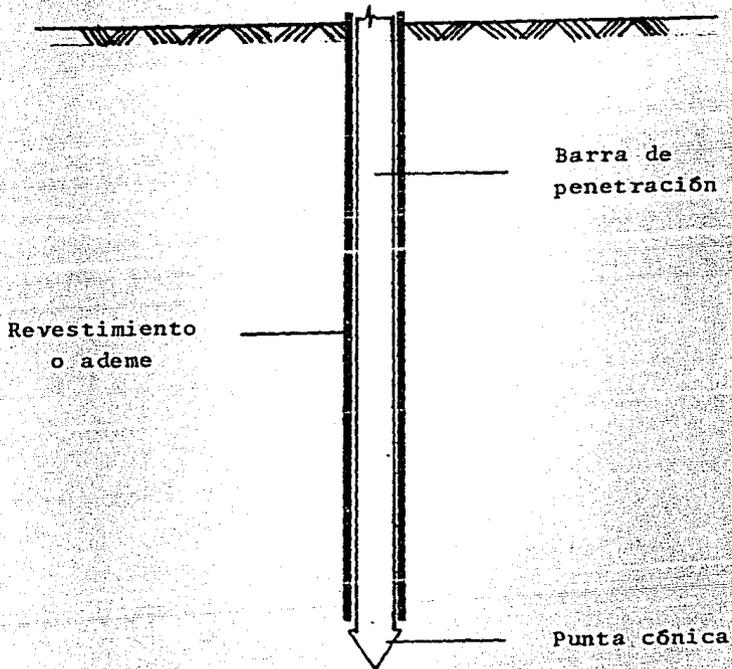


Fig. 3.1 Barra con punta c6nica.

ciar la resistencia que presentan las diferentes capas -- del suelo, así con los resultados obtenidos se puede dar una estimación aproximada de algunas de las propiedades -- físicas de los estratos. Los sondeos pueden ser considerados tanto como métodos de exploración como métodos de --- pruebas de campo.

Avances recientes en el diseño y operación de los aparatos de sondeo y métodos para evaluar los resultados obtenidos, han sido motivo para incrementar el uso de -- los sondeos. En los siguientes subcapítulos se hará una breve descripción del principal tipo de equipo y desarrollo de los métodos de sondeo. Las ventajas y limitaciones de los métodos se pueden resumir en los siguientes párrafos.

Cuando los sondeos son propiamente desarrollados con equipo reciente, los perfiles obtenidos generalmente proporcionan datos congruentes acerca de las diferentes profundidades de los estratos del suelo y también encontrar muchos de los resultados extraviados en perforaciones anteriores.

Muchos de los perfiles obtenidos por medio de sondeos pueden indicar la presencia de estratos delgados -- que frecuentemente pasan desapercibidos en operaciones de perforación, pero los estratos encontrados no pueden ser identificados únicamente por los sondeos, sino que -- deben verse auxiliados nuevamente por las perforaciones, a menos que los estratos encontrados en el área de investigación sean ya conocidos.

En regiones donde se han desarrollado suficientes correlaciones por medio de sondeos, perforaciones, pruebas de laboratorio y de campo sobre un tipo de suelo pre

valeciente y donde las condiciones se presentan favorables para el uso de los sondeos, se ha hecho posible que únicamente por medio de los fundamentos de estos se pueda dar una estimación aproximada de la capacidad de los estratos del suelo, así como su extensión y también obtener alguna información sobre la densidad relativa de los suelos poco o nada cohesivos. No obstante se debe hacer notar que los sondeos no proporcionan ninguna información acerca de la permeabilidad de los estratos ni de las características de consolidación de suelos cohesivos relativamente impermeables.

En general, grandes o pequeñas áreas de terreno pueden ser exploradas rápida y económicamente por los métodos de sondeo, especialmente cuando la profundidad de las exploraciones son moderadas y los terrenos en estudio están formados por suelos finos, suaves y sueltos. Los sondeos proporcionan gran cantidad de datos que a su vez se ven complementados por las perforaciones. Cabe mencionar que para el informe final y estudio completo del subsuelo no es suficiente únicamente con los datos proporcionados por los métodos de sondeo.

III.3 Sondeos sencillos con barras.

Penetración dinámica.- La penetración dinámica consiste en la hincada de una barra en el terreno por medio de golpes repetitivos efectuados por un martillo de caída libre, con peso y altura constantes (fig. 3.2). El número de golpes requeridos para cada 30 cm de penetración de la barra, es utilizado como indicador para medir la resistencia a la penetración que presentan los estratos del suelo; sin embargo, el valor numérico obtenido no solo depende -

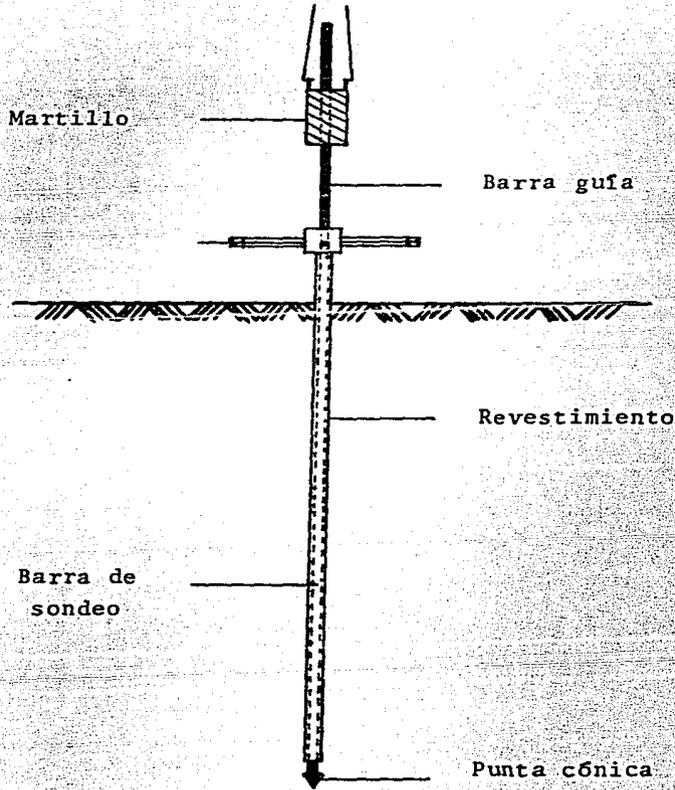
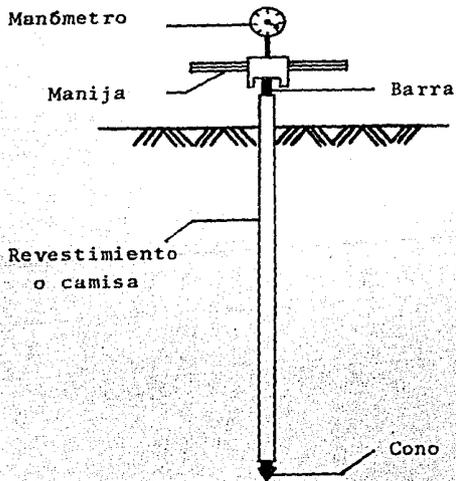


Fig. 3.2 Aparato de penetración dinámica.

de las características del suelo sino también del diámetro, longitud y peso de la barra en relación con el peso y altura del martillo.

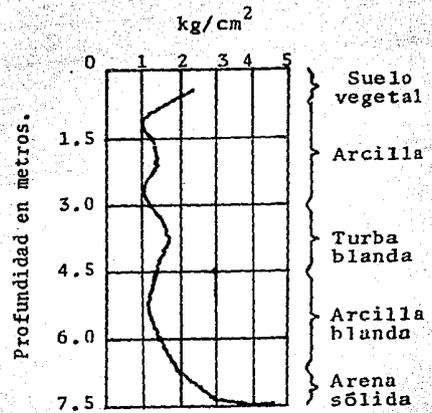
La fricción lateral es también de consideración, ya que esta aumenta sobre la barra conforme aumenta la profundidad, de tal forma que la resistencia a la penetración obtenida no es en muchas ocasiones representativa de la del estrato encontrado. La fricción lateral puede evitarse durante intervalos cortos de penetración a base de retirar la resistencia presentada en ese tramo dando una rotación a la barra.

Penetración estática.- La penetración estática -- consiste en la hincada de una barra en el terreno a presión constante. Las variaciones de la resistencia se pueden determinar con gran exactitud y los valores numéricos de la resistencia estática se pueden correlacionar con la capacidad del suelo. De entre los métodos de penetración estática, el más conocido es el aparato del cono holandés el cual ha encontrado una amplia aplicación. En su forma primitiva consiste en un cono de 60° con un diámetro de 36 mm roscado en la parte inferior de un vástago de 16 mm, rodeado por una tubería de gas de 19 mm --- (fig. 3.3 a). El cono se empuja 50 cm en el terreno a una velocidad de 1 cm por segundo por uno o dos hombres que aplican parte de su peso a una barra transversal unida al extremo superior del vástago del cono. La presión ejercida se registra en un manómetro conectado a un cilindro hidráulico situado debajo de la barra transversal. Después de cada desplazamiento vertical, se empuja la cámara hacia abajo también 50 cm y el recorrido anterior se repite. La presión ejercida en el vástago durante ca-



a) Penetrómetro Holandés.

Resistencia a la penetración.



b) Ejemplo de variación en la resistencia a la penetración.

da recorrido se dibuja en función de la profundidad. El registro de las penetraciones individuales provee datos para construir perfiles de consistencia del terreno (fig. 3.3 b).

El aparato holandés original se usa todavía para efectuar rápidos levantamientos de depósitos erráticos de arcilla, limos y turbas blandas. Se puede realizar un sondeo de 10 m en unos 15 minutos. El equipo ha sido mejorado y mecanizado permitiendo efectuar ahora una rápida exploración de depósitos blandos hasta profundidades que alcanzan 30 m e investigar la densidad relativa de las arenas. Se usa extensamente, en especial en Holanda y Bélgica, para estimar la longitud y la capacidad de carga de pilotes hincados a través de suelos compresibles que penetran en la arena. Con los aparatos del cono holandés actualmente en uso no solo se determina la resistencia a la penetración de la punta sino también la fricción desarrollada en el caño camisa.

III.4 Ensayo de corte in situ.

En muchos problemas prácticos es necesario determinar la resistencia al corte y la sensibilidad de depósitos de arcilla blanda. Teniendo en cuenta que tanto la resistencia como la sensibilidad de tal material pueden ser alteradas por el proceso de perforación, muestreo y manipuleo en el laboratorio. El instituto de geotecnia sueco experimentó un dispositivo para medir la resistencia inalterada y amasada del material in situ. De estos el más utilizado es el aparato de corte con paletas o veleta, desarrollado por Lyman Carlson. En su forma más simple una veleta está formada por cuatro hojas unidas al extremo in

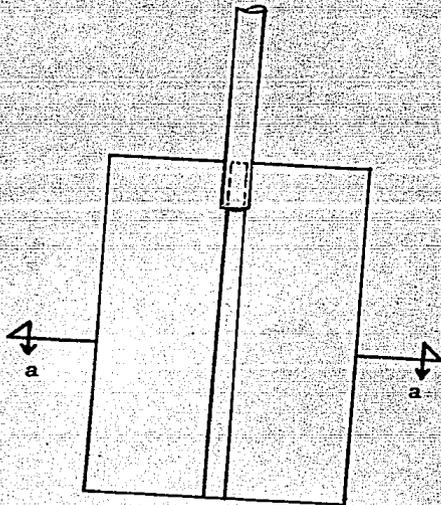
ferior de una barra vertical (fig. 3.4). La veleta y la barra se pueden introducir por presión en el terreno sin originar una alteración apreciable; el conjunto se hace luego rotar. Las investigaciones han demostrado que el suelo rompe a lo largo de una superficie cilíndrica que pasa por el borde exterior de las paletas de la veleta y que está delimitada por bases circulares horizontales en los extremos de la misma. La veleta puede utilizarse para medir la resistencia al corte de la arcilla debajo del fondo de una perforación y determinar los valores de dicha resistencia a medida que la perforación avanza. En suelos blandos puede ser empujada en el terreno sin necesidad de hacer una perforación. En estos casos, la barra del aparato se coloca dentro de una camisa y la veleta se protege hasta que alcanzado la profundidad a que debe realizarse el ensayo.

III.5 Métodos de penetración estandar.

Este procedimiento es, entre todos los exploratorios preliminares, quizá el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona más útil información en torno al subsuelo y no sólo en lo referente a descripción; probablemente es también el más ampliamente usado para esos fines en México.

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

Veleta simple



Sección a-a

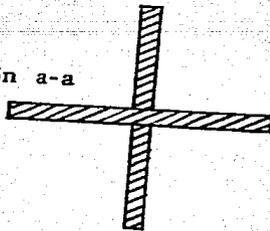


Fig. 3.4 Veleta simple de cuatro paletas.

Es normal que el penetrómetro sea de media caña, - así llamado por poder dividirse longitudinalmente para - facilitar la extracción de la muestra. El penetrómetro - se enrosca al extremo de la tubería de perforación y la - prueba consiste en hacerlo penetrar a golpes dados por - un martinete de 63.5 kg que cae desde 76 cm, contando el - número de golpes necesarios para lograr una penetración - de 30 cm. En cada avance de 60 cm debe retirarse el pene - trómetro, removiéndolo al suelo de su interior, el cual -- constituye la muestra.

El fondo del pozo debe ser previamente limpiado - de manera cuidadosa, usando posteadora o cuchara. Una -- vez limpio el pozo, el muestreador se hace descender has - ta tocar el fondo y, seguidamente, a golpes, se hace que - el penetrómetro entre 15 cm dentro del suelo. Desde este - momento deben contarse los golpes necesarios para lograr - la penetración de los siguientes 30 cm. A continuación - hágase penetrar el muestreador en toda su longitud. Al - retirar el penetrómetro, el suelo que halla entrado en - su interior constituye la muestra que puede obtenerse -- con este procedimiento.

C A P I T U L O I V

MUESTREO INALTERADO

IV. 1 Propósito.

El producto de las perforaciones exploratorias, en general, son inadecuadas para proveer una concepción satisfactoria de las características ingenieriles de los suelos encontrados o incluso del espesor y profundidad de los diferentes estratos. Es un tipo de evidencia tan limitada que, en la mayoría de los casos, conduce a conclusiones erróneas y ha sido responsable de muchas fallas de cimentación.

La identificación adecuada de los materiales del subsuelo, requiere que las muestras recuperadas contengan todos los elementos constitutivos del material en sus propias proporciones. Más aún, la evaluación de las propiedades ingenieriles como la resistencia, la compre-

sibilidad o la permeabilidad, puede requerir la realización de ensayos de laboratorio sobre muestras bastante intactas o virtualmente inalteradas. El gasto de tiempo y de dinero aumenta rápidamente a medida que las exigencias se hacen más estrictas con respecto al grado de alteración que puede ser tolerado y con el aumento del diámetro de la muestra. Por ello, en obras pequeñas o en los períodos iniciales exploratorios en obras grandes y complejas es usualmente preferible obtener muestras suficientemente intactas, aunque relativamente poco costosas de perforaciones exploratorias. En base a la información obtenida de estas muestras se puede considerar la necesidad de emplear procedimientos de muestreo más elaborados.

Los métodos de muestreo definitivo o tubos muestreadores a los cuales nos vamos a referir en este capítulo, son el tubo muestreador abierto tipo Shelby y el tubo muestreador con pistón. Ambos pertenecen al grupo de muestreadores de tubo de pared delgada.

Los dos principales problemas a los que se enfrentan los muestreadores en el muestreo inalterado son, primero, la obtención de las muestras, es decir, la manera de forzar o hincar en el terreno el tubo muestreador y posteriormente retirarlo con la muestra en su interior. En segundo término, igual en importancia, pero de mayor dificultad, es la obtención de la muestra con la menor cantidad de alteraciones posibles. Cabe señalar que las alteraciones no únicamente pueden ocurrir durante la operación de muestreo, sino antes o después de esta, ya que algunas veces antes de iniciar la operación, el equipo pudo no haber sido revisado y manifestar ciertas alteraciones o después de haber realizado la operación ser ma-

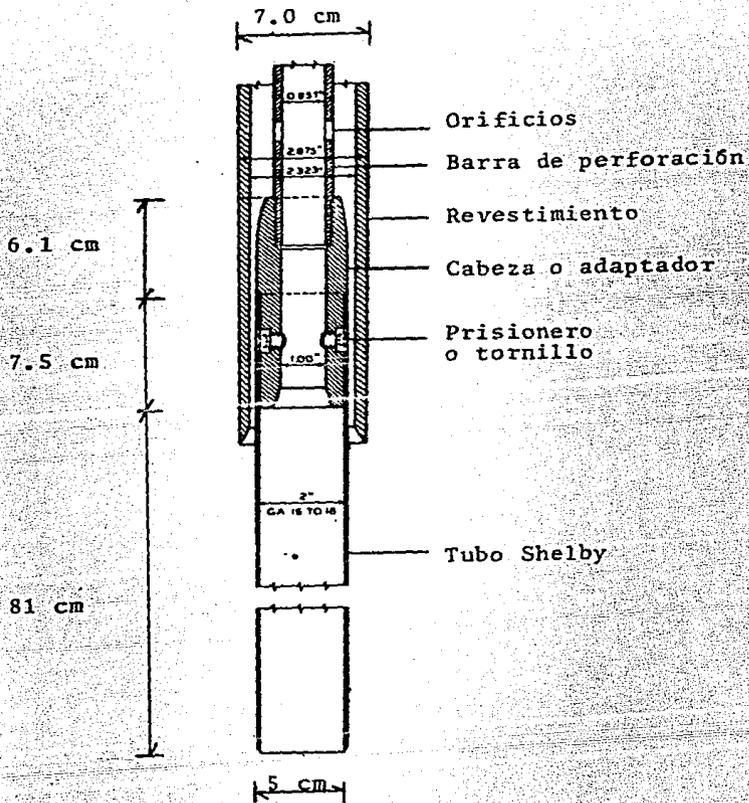
nejado inadecuadamente.

IV.2 Tubos muestreadores de pared delgada.

a) Tubo muestreador abierto.- Uno de los métodos más adecuados para la obtención de muestras inalteradas en suelos limoarcillosos, es aquel que se lleva a cabo con tubos de pared delgada; el método fue introducido por H. A. Mohr en el año de 1936. Un ejemplo de tubo de pared delgada de poca sección, es el tubo Shelby; Este nombre corresponde a una marca de tubos duros, sin costura, pero se puede utilizar cualquier tubo de poca sección de acero o bronce y de características semejantes, razón por la cual también son llamados tubos de pared delgada o tubos tipo Shelby (fig. 4.1).

Se suelen encontrar estos tubos muestreadores en tamaños de 5, 7.6, 8.5 y 10 cm (2, 3, 3.37 y 4 pulg) de diámetro interior y con una longitud que varía entre 75 y 90 cm. Estos muestreadores básicamente consisten en una sección de tubo, con su extremo inferior biselado formando un borde cortante y el extremo superior acondicionado para unirlo a la barra de perforación, la unión se realiza por medio de un adaptador o cabezal sujetados con dos tornillos a presión, siendo así que cualquier fuerza aplicada en la barra de perforación sea transmitida directamente al tubo muestreador.

Se debe considerar que bajo ninguna circunstancia se pueda obtener una muestra de suelo que pueda ser rigurosamente considerada como inalterada; en efecto, siempre será necesario extraer al suelo de un lugar con algu



Tubo muestreador abierto de pared delgada con tubo Shelby.

(fig. 4.1)

na herramienta que inevitablemente alterará las condiciones de esfuerzo en su colindancia; además, estando la muestra dentro del tubo muestreador no se ha encontrado hasta hoy un método que proporcione a la muestra, sobre todo en sus caras superior e inferior los mismos esfuerzos que tenía "in situ". A parte de esto, la remoción de la muestra del muestreador al llegar al laboratorio produce inevitablemente otro cambio en los esfuerzos. Por eso, cuando en mecánica de suelos se habla de muestras inalteradas se debe entender en realidad un tipo de muestra obtenida por cierto procedimiento que trata de hacer mínimos los cambios en las condiciones de la muestra "in situ".

Se debe a M. J. Hvorslev un estudio que condujo a procedimientos de muestreo con tubos de pared delgada que por lo menos en suelos cohesivos, se usan actualmente en forma practicamente única. El grado de alteración que produce el muestreador depende principalmente de las dimensiones del muestreador y del método que se ha utilizado para introducirlo en el suelo; la hinca por medio de golpes sucesivos o algún otro método dinámico es el procedimiento que origina la mayor alteración, mientras que el hincado a velocidad constante por medio de un esfuerzo estático produce los mejores resultados. Hincando el tubo a presión y velocidad constante y para un cierto diámetro, el grado de alteración de la muestra depende de la llamada "relación de áreas";

$$Ar (\%) = 100 \frac{D_e^2 - D_i^2}{D_e^2}$$

donde D_e es el diámetro exterior del tubo y D_i el interior. La expresión anterior equivale a la relación entre el área de la corona sólida del tubo y el área exterior del mismo. La relación de área no debe ser mayor de 10% en muestreadores de 5 cm (2") de diámetro interior, hoy de escaso uso por requerirse en general muestras de mayor diámetro y, aunque en muestreadores de mayor diámetro pueden adquirirse resultados algo mayores, no existen motivos prácticos que impidan satisfacer fácilmente el primer valor.

Ventajas y limitaciones.

La principal ventaja del tubo muestreador abierto es tanto la simplicidad en su construcción como en operación, la pequeña relación de área y el mínimo de alteraciones en la muestra. Una de sus desventajas es que el tubo es utilizado sólo una vez y puede dañarse fácilmente cuando es utilizado en suelos duros y densos.

Por lo general el suelo en el fondo de la perforación se encuentra mezclado y alterado; por lo anterior la parte superior de la muestra nunca es representativa ni utilizada en las pruebas de laboratorio.

El tubo muestreador algunas veces tiende a hundirse ligeramente en el suelo debido a su peso propio y al peso de las barras de perforación, especialmente cuando el terreno en estudio es muy blando; algunas veces se torna difícil determinar esta penetración inicial y por lo tanto la penetración total.

En algunas ocasiones cuando las perforaciones son llenadas con agua o algún otro fluido, un exceso en presión hidrostática se podría generar sobre la muestra y al ser extraída provocar que parte del suelo de la

muestra se separara del total de esta y por lo tanto no obtenerla completa.

Muestras representativas relativamente inalteradas pueden obtenerse satisfactoriamente con el tubo ---muestreador tipo Shelby de pared delgada, pero en general cuando el suelo es blando y la perforación inestable es preferible realizar la operación con el tubo ---muestreador con pistón, ya que hay mayor posibilidad de obtener muestras inalteradas.

b) Tubo muestreador con pistón.- Es un método cuyo tubo en su extremo inferior puede cerrarse por medio de un pistón y liberarse cuando la operación de muestreo ha iniciado. La posición y movimientos del pistón son controlados desde la superficie por medio de una barra o varilla, colocada por el interior de la barra de perforación.

Una de las principales ventajas de este tipo de muestreador es la posibilidad de eliminar, o por lo menos disminuir la limpieza del sondeo previa al muestreo. Al hincar el tubo muestreador con el pistón en su posición inferior, puede llevarse al nivel deseado sin que el suelo alterado de las paredes del sondeo entre en el tubo, evitando que una mayor cantidad de muestra entre en él.

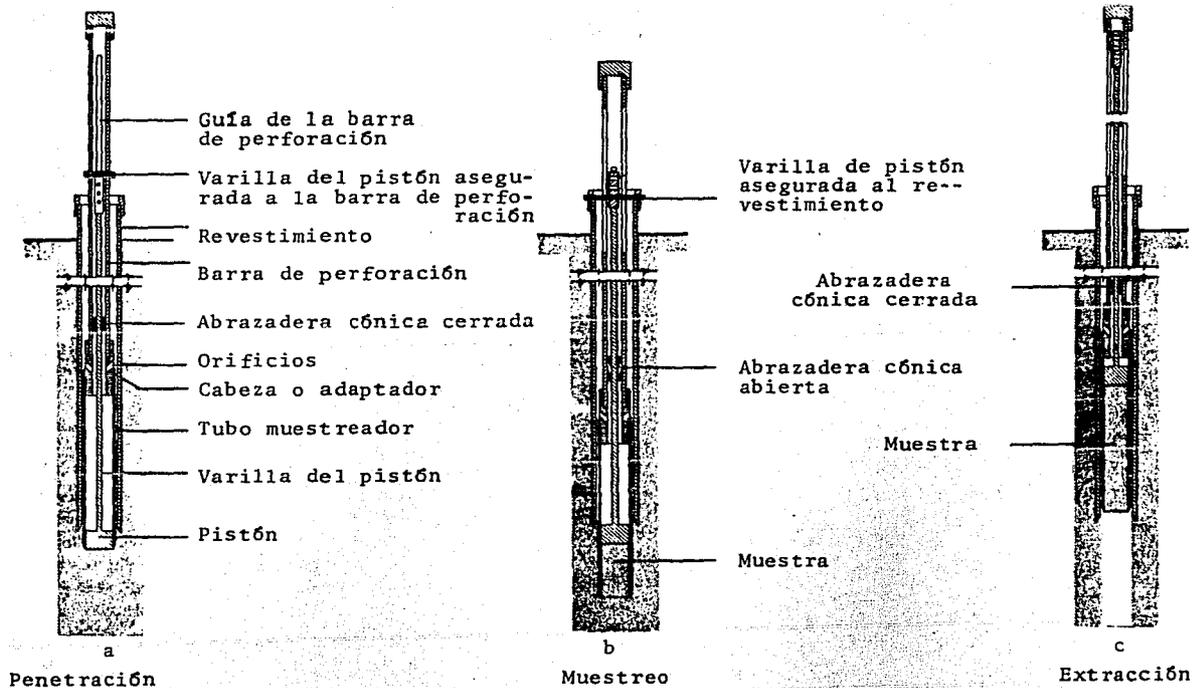
Los tubos muestreadores con pistón pueden clasificarse en tres tipos, de acuerdo a la manera con que sea operado el pistón durante el muestreo, y son: tubo-muestreador con pistón estacionario, con pistón retráctil y con pistón libre. De los tres nos referiremos únicamente al primero, ya que es el más adecuado y el que presenta mejores resultados para suelos finos.

Tubo muestreador con pistón estacionario.- El primer muestreador de este tipo fue diseñado en 1925 por Jhon Olsson. El muestreador que se presenta en la figura 4.2 difiere solamente en algunos aspectos del original, y se caracteriza porque el pistón se encuentra sostenido a una elevación constante durante el muestreo.

En este tipo de muestreador la varilla del pistón se sujeta a la barra de perforación, de modo que el pistón quede enrasado con el borde cortante del tubo, entonces el muestreador puede descender por la perforación hasta alcanzar el nivel en que se va a tomar la muestra (fig. 4.2 a); generalmente este nivel es el fondo del revestimiento o camisa. Durante toda la toma de la muestra el pistón permanece en ese nivel, para eso se desconecta la varilla del pistón de la barra de perforación y se sujeta al revestimiento o a algún otro objeto fijo en la superficie del terreno. Entonces el tubo muestreador se hace penetrar a través del suelo hasta la profundidad de muestreo deseada (fig. 4.2 b) y cuando el tubo está lleno, se desconecta de nuevo la varilla del pistón del revestimiento y se inicia el proceso de extracción, (fig. 4.2 c). La posibilidad de un movimiento de descenso del tubo durante la extracción se elude por una abrazadera cónica especial, ubicada en la parte superior del adaptador del muestreador.

Las ventajas de operación del método se mencionan en los siguientes párrafos.

1. La entrada de suelo en exceso en el tubo mues--



Tubo muestreador con pistón estacionario

(fig. 4.2)

treador es prevenida y la influencia de la relación de área sobre la alteración del suelo es generalmente reducida, por lo tanto esta relación deberá ser tan pequeña como sea posible.

2. Las presiones atmosférica e hidrostática que actúan sobre el pistón no se transmiten a la muestra y cualquier tendencia en la relación de recuperación a caer por debajo del 100 % es automáticamente retenida por una disminución de presión sobre la cima de la muestra.
3. El extremo superior de la muestra no puede separarse del pistón sin crear un vacío, de modo que, en ese instante, la presencia del pistón ayuda a hacer penetrar la muestra dentro del tubo y con eso disminuye la posibilidad de perder la muestra durante su extracción.
4. Se puede determinar con facilidad y exactitud la penetración del tubo muestreador y la longitud de la muestra y con estos datos obtener la relación total de recuperación.

El tubo muestreador con pistón estacionario, es uno de los mejores métodos diseñados hasta la fecha para la obtención de muestras inalteradas en suelos cohesivos, aún cuando estos sean muy blandos y sensitivos. En comparación con el tubo muestreador abierto tipo --Shelby se tiene la desventaja de que su construcción - en cierto modo es más complicada y de que se requiere tiempo adicional para el descenso, obtención de la --- muestra y extracción. No obstante, estas desventajas -

se podrían compensar con la disminución del tiempo utilizado en la limpieza de la perforación, la obtención de muestras más largas y mejores y con un porcentaje menor en pérdida de muestras.

Relación de recuperación.

Para llevar un control en la expresión de los resultados de las operaciones de muestreo y una formulación de los requisitos de diseño, se ha encontrado que es conveniente utilizar ciertas relaciones entre las medidas y dimensiones del muestreador.

La condición general de una muestra de suelo está representada por la:

$$\text{Relación total de recuperación} = \frac{L}{H}$$

donde H es la penetración del muestreador debajo del fondo de la perforación y L es la longitud de la muestra después de su extracción.

IV.3 Operaciones de muestreo.

Aún cuando el muestreador es apropiadamente diseñado para cada tipo de suelo y las operaciones previas al muestreo son cuidadosamente limpiadas, muestras cortas y alteradas pueden obtenerse cuando métodos inapropiados son utilizados en la obtención de las muestras.

Las siguientes instrucciones aplicables a las operaciones de muestreo normalmente no presentan dificultades.

- a) Preparación.- Para la obtención de una muestra se debe procurar siempre, revisar que todas las partes del equipo estén en la posición y lugar adecuados y que se encuentre completamente limpio para tener un mejor y adecuado funcionamiento.
- b) Penetración inicial.- En ocasiones cuando el suelo es muy blando, al introducir un tubo muestreador abierto por la perforación hasta el nivel de muestreo, este suele hundirse ligeramente debido a su peso propio y al de la barra de perforación. El hundimiento se deberá determinar lo más exactamente posible y proseguir con los pasos posteriores.
- c) Muestreo.- De preferencia, la entrada del muestreador en el terreno debe efectuarse con una fuerza estática y en un movimiento rápido y continuo. No deberá existir movimiento rotativo ni interrupciones en el descenso del muestreador, ya que podrían aflorar alteraciones en la muestra.
- d) Penetración total.- La penetración total del tubo en el fondo de la perforación no deberá exceder su longitud total, tratándose especialmente del muestreador con pistón estacionario, ya que se puede crear un espacio libre entre el pistón y la parte superior de la muestra provocando un flujo de agua y con eso alterar la muestra.

- e) Tiempo de reposo.- Después de haber completado la penetración del tubo es conveniente dejar un periodo de reposo de 10 a 20 min antes de iniciar la extracción; se considera esto necesario para permitir un desarrollo total de adherencia entre la muestra y el tubo muestreador.
- f) Separación del subsuelo.- Para la separación de la muestra es necesario girar y dar un ligero tirón a la barra de perforación para cortar el extremo inferior de la muestra. El tirón facilita la separación, pero se debe tener cuidado de que no sea lo demasiado fuerte y provoque un movimiento ascendente de la barra de perforación antes de que el tubo muestreador haya sido girado.
- g) Extracción.- Después de la rotación, el tubo muestreador deberá ser retirado lentamente y con velocidad uniforme; movimientos tales como aceleraciones, choques y vibraciones deberán ser evitados, especialmente cuando se trate de suelos blandos y cohesivos.

En el curso de estas operaciones la perforación deberá permanecer llena de agua o de algún otro fluido de perforación, ya que de lo contrario la muestra podría perderse en el momento en que el tubo muestreador es levantado por encima de la superficie del agua, la superficie baja de nivel en el momento en que son retirados el tubo muestreador y la barra de perforación, por eso es conveniente mantener siempre

llena la perforación durante la extracción, a menos -- que el muestreo sea ejecutado en perforaciones secas.- En ningún caso se debe hincar la camisa en la arcilla por debajo de un nivel dado, antes de que se haya tomado por lo menos una muestra entera por abajo de dicha cota, en caso contrario, la muestra no se compondrá de material relativamente inalterado, sino de suelo que fue forzado dentro del revestimiento.

Si la arcilla es muy blanda, el agujero dejado por el muestreo puede desmoronarse en forma tan rápida que resulte necesario su revestimiento antes de tomar la próxima muestra, pero si en cambio el suelo es demasiado resistente, resulta posible tomar varias muestras sucesivas antes de que se haga necesario continuar con la hinca del revestimiento.

IV.4 Requisitos generales.

Diámetro de la muestra.- Un diámetro entre 5 y 7.6 cm (2 y 3 pulg) es usualmente satisfactorio en exploraciones de campo y para exámenes rutinarios de laboratorio. Algunas veces se requieren diámetros mayores, de aproximadamente 10 a 15.2 cm (4 a 6 pulg); esto es cuando se tienen que hacer exámenes especiales en un estrato en común.

Longitud del tubo muestreador.- Considerando -- que la parte superior e inferior de una muestra frecuentemente se alteran y puesto que el peligro de perder la muestra durante la extracción disminuye con su longitud, el muestreador deberá ser lo suficientemente largo para una utilización segura en la profundidad de

penetración.

Conservación de la muestra.- El tubo muestreador debe estar construido en tal forma que se pueda -- conservar la muestra en su interior, se limpian ambos- extremos de este quitando la parte del material recuperado, de modo que se puedan insertar discos de metal - para proteger las caras extremas de la muestra y poner sobre los discos metálicos parafina o cera mineral con el objeto de formar un tapón hermético que evita la evaporación.

Orificios.- Los orificios en los muestreadores- sirven para dar escape al aire o agua durante la operación de muestreo y prevenir incrementos en la presión- que se pueda provocar sobre la muestra.

C A P I T U L O V

MANEJO Y CONSERVACION DE MUESTRAS

La primera operación que se lleva a cabo después de haber retirado el muestreador de la perforación, es desmontarlo de tal forma que la longitud total de la muestra pueda determinarse y posteriormente retirarla o en su defecto sellarla en el mismo tubo muestreador. Se debe tener cuidado de que el desmonte se haga sin choques ni golpes que puedan provocar alteraciones a la muestra, especialmente tratándose de sus los cohesivos.

Se debe tener cuidado para determinar la longitud total de la muestra y su relación de recuperación, ya que es de vital importancia para tomar decisiones sobre la condición de la muestra y estimar la profundidad de perforación para la obtención de la siguiente muestra.

La protección de la muestra contra cambios en el contenido de agua y de su composición química es uno de los principales problemas encontrados después de que la muestra ha sido obtenida. La eficiencia de varios métodos de protección o sellado de muestras contra la evaporación del agua fue investigada por medio de experimentos de Octubre de 1942 a Marzo de 1946. -- Los resultados de estos experimentos se muestran en -- la tabla 13.

Los experimentos fueron realizados bajo condiciones de laboratorio; la temperatura de la parafina fue cuidadosamente controlada; los tubos en la parte de sus extremos fueron completamente limpiados antes de colocar los sellos de parafina.

Es de dudarse que estos cuidados en el sellado de muestras pueda ser igualado en condiciones de campo. Por eso, en algunas ocasiones la pérdida de agua puede dar inicio antes de lo previsto y la proporción en pérdida de muestras selladas durante la operación de muestreo puede ser mayor que las que se sellaron en los experimentos.

El valor de una protección temporal contra la pérdida de agua en las muestras, por medio de una cubierta o envueltas en papel encerado o celofán se muestra en las pruebas 1 a la 4 de la tabla 13. La proporción de pérdida de agua para una muestra envuelta en papel encerado es menos del 10 % de aquella que no se proteja y la pérdida utilizando papel celofán es de 3 a 8 veces menos que utilizando papel encerado. Las orillas del papel utilizado deberán ir plegadas y quedar bien cubiertas bajo la muestra y nunca deberán pegarse

con algún cementante, calor o cinta; el pliegue disminuirá notablemente la pérdida de agua y por lo tanto se disminuirá el posible deterioro de la muestra. Un posible contacto de la muestra con el aire en circulación puede provocar el desarrollo de hongos y cambios químicos, perjudicando el estado inicial de la muestra.

V.1 Conservación de muestras representativas.

En algunas ocasiones no es muy esencial mantener el contenido inicial de agua, en estos casos las muestras de suelo son generalmente conservadas en bolsas de tela de tejido estrecho o en lonas ligeras. A continuación se presentan capacidades y dimensiones de bolsas de mayor utilización.

Capacidad (Kg)	Dimensiones (cm)
50.0	42 x 85
25.0	35 x 55
5.0	18 x 42
1.0	14 x 32
0.5	12 x 23

Bolsas de tamaño intermedio cuyo contenido es de 35, 10 y 2 kg de suelo también son de uso común. Las bolsas cuya capacidad es de 50 kg son generalmente difíciles de manejar, por lo tanto se suele no llenarlas completamente o de preferencia utilizar las de 35

o 25 kg. Para facilitar el manejo de las bolsas, estas se suelen dejar a 2/3 o 3/4 de su capacidad, de tal forma que se facilite sujetarlas en la parte superior. En caso de que las muestras tengan que ser almacenadas por largos periodos de tiempo, se tendrán que utilizar bolsas preparadas para resistir el enmohecimiento o utilizar cajas de madera, barriles o lámina galvanizada.

Cuando muestras representativas tengan que ser conservadas sin pérdida de agua, estas deberán ser colocadas en recipientes de vidrio con empaques y un escudo metálico de bronce o aluminio.

V.2 Inmersión o recubrimiento de muestras en parafina.

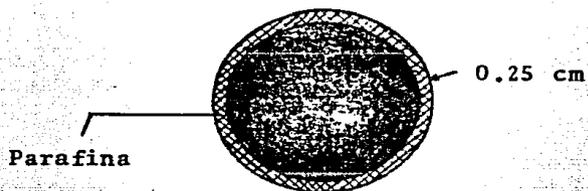
A pesar de ciertos contratiempos del método, -- las secciones largas y pedazos irregulares de muestras pueden ser conservadas por medio de una inmersión o recubriéndolas con parafina, previniendo que el suelo no sea de granulación gruesa, ni porosa, pues la parafina fundida puede penetrar en la muestra.

En seguida se describen algunos detalles del procedimiento.

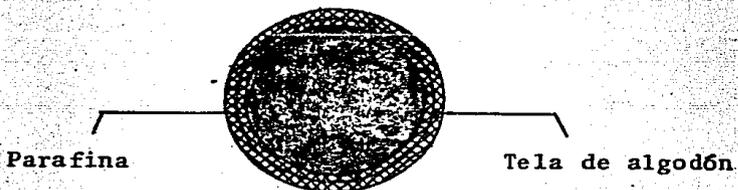
a) Remoción del tubo de muestreo.- Recientemente, las muestras de diámetro grande eran con frecuencia removidas del tubo muestreador por medio de la aplicación de aire o agua a presión, aplicada en la parte superior de la muestra. De cualquier forma, es difícil --

controlar los movimientos de la muestra cuando se utiliza aire o agua a presión, además el agua puede provocar un aumento en el contenido natural de agua de la muestra. Las alteraciones en la muestra se pueden ver disminuidas, transmitiendo la presión a través de un pistón con un empaque impermeable. Este método tiene la ventaja de que la fuerza aplicada en la muestra no es contraria durante la remoción de esta y de que su parte inferior puede ser adaptada para posteriormente poder colocar el pistón. Cuando la parte inferior de la muestra en contacto con el pistón, no es plana y perpendicular al eje del tubo muestreador y la presión se empieza a aplicar, se podrían originar algunas deformaciones plásticas afectando seriamente una parte considerable de la muestra.

b) Inmersión en parafina.- En este caso es conveniente dar con una brocha una aplicación preliminar de una o dos capas de parafina, ya que la parafina se seca rápidamente y la posible penetración en grietas y poros de la muestra disminuye notablemente. Por lo general las capas que se aplican con la brocha provocan burbujas de aire y pequeños orificios en la superficie con la muestra, por lo tanto se deberá complementar el método con la inmersión de la muestra completa en parafina derretida, repitiendo las inmersiones hasta lograr una capa con un espesor de aproximadamente 2.5 mm (fig 5.1 a). Una protección adicional contra agrietamientos y deformaciones en la capa de parafina se podría obtener envolviendo a la muestra en una tela de algodón, después de que el espesor de la parafina ha alcanzado un espesor de 1.5 mm y luego aumentando el -



a) Muestra sumergida en parafina.



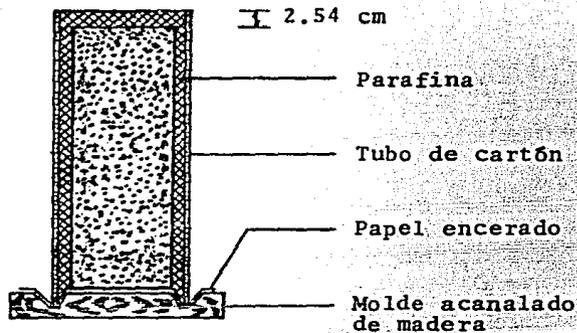
b) Muestra envuelta en tela de algodón entre dos capas de parafina.

Fig. 5.1 Muestras cubiertas con parafina

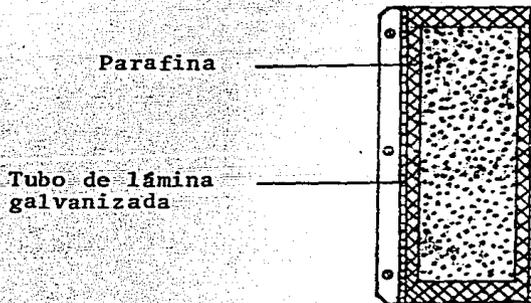
espesor de la capa con inmersiones adicionales en parafina, (fig 5.1 b).

c) Recubrimiento con parafina.- La inmersión de muestras muy largas en parafina resulta generalmente inconveniente y de difícil manejo durante las operaciones de muestreo. Estas muestras son colocadas en cajas o recipientes grandes, de tal forma que la parafina aplicada se esparza alrededor de ellas; pero la capa de parafina obtenida de esta forma no es tan fuerte y uniforme como la que se logra con las inmersiones. Si la caja o recipiente son utilizados únicamente como moldes y retirados durante las operaciones de muestreo, la capa de parafina que cubre a la muestra deberá ser envuelta en tela de algodón y dar varias capas con parafina derretida aplicadas con una brocha. Cuando el suelo es de granulación gruesa y porosa, la muestra puede cubrirse con papel celofán después de que la parafina se ha esparcido.

Las muestras cilíndricas largas son colocadas en tubos de cartón o en cilindros de lámina galvanizada, (fig 5.2 a y b). El recubrimiento con parafina es de fácil aplicación utilizando un molde de base acanalada como se muestra en la fig 5.2 a, después de que la parafina derretida ha cubierto los lados y parte superior de la muestra y esta se ha secado, el tubo con la muestra se voltea, el molde se retira y la parte inferior también se cubre. Los tubos de cartón se cortan y se abren cuando la muestra tiene que ser examinada en el laboratorio y los cilindros de lámina galvanizada se abren, se retiran y se vuelven a utilizar. Oca--



- a) Muestra recubierta con parafina utilizando tubo de cartón.



- b) Muestra recubierta con parafina y tubo de lámina galvanizada.

Fig. 5.2 Muestras recubiertas con parafina

sionalmente los recipientes metálicos son retirados durante la operación de muestreo en el campo, después de que la parafina se ha secado; en estos casos la muestra cubierta deberá envolverse con tela de algodón y dar varias capas de parafina derretida aplicadas con brocha.

d) La parafina como material de sello.- La parafina es relativamente barata, disponible y material de más extenso uso para el recubrimiento y sellado de muestras de suelo. La parafina tiene ciertas propiedades indeseables, como por ejemplo, que al enfriarse se contrae considerablemente ocasionando el agrietamiento de esta, también es frágil y quebradiza; es suave, plástica, deformable y de difícil manejo para utilizarse en las altas temperaturas del verano. La contracción y el peligro por la penetración de la parafina dentro de los poros y grietas de la muestra, puede verse disminuido por la aplicación de la parafina a una temperatura lo más cercana posible a su punto de congelación. Sin embargo, cuando hay un espacio muy estrecho entre la muestra y el recipiente y este debe ser llenado con parafina, esta deberá ser calentada por arriba de su punto de fusión para que no llegue a enfriarse antes de alcanzar las partes vacías más distantes en el recipiente y con eso dejar partes de la muestra sin protección.

Los experimentos realizados con muestras sumergidas y recubiertas con parafina, indican solamente una insignificante pérdida de agua durante el primero y segundo año de almacenamiento, tabla trece pruebas 5 a la 7, pero después de este tiempo la pérdida de agua se genera rápidamente. El repentino incremento en la

proporción de pérdida de agua fue provocada por deformaciones plásticas, las que reducen el espesor de la capa de parafina. Las deformaciones plásticas pueden verse reducidas evitando la concentración de fuerzas en los soportes de las muestras selladas y protegiendo las contra altas temperaturas.

Una muestra de suelo sumergida en parafina, fue almacenada por ocho años sin apreciable pérdida de agua, pero también hay reportes de muestras que se han secado completamente en menos de un año, a pesar de que fueron cubiertas con espesores de parafina de 1 a 2 cm y almacenadas en cuartos fríos y húmedos. Las posibles causas de estas pérdidas de agua no están definitivamente establecidas, pero es posible que ciertos vacíos o espacios de aire se hayan formado en la cubierta de parafina y que la concentración haya provocado el desarrollo de pequeñas grietas.

Las propiedades físicas de la parafina pueden verse mejoradas por medio de una mezcla de varios tipos y calidades de parafina con diferentes puntos de fusión. Experimentos sistemáticos son necesarios para determinar las mezclas y tipos de parafina que produzcan los mejores resultados y capas más fuertes para el sellado o recubrimiento de muestras.

En general, se podría pensar que a pesar de los contratiempos que la parafina presenta como material para protección de muestras, ya sea por inmersión o recubrimiento, es el método más ventajoso y práctico para sellar muestras grandes e irregulares. Es posible que algunos tipos de lacas o compuestos de goma y materiales plásticos puedan ser utilizados y obtener cier-

tas ventajas, por ejemplo, pueden proporcionar una capa más hermética, durable y fácil de aplicar a altas temperaturas. Los compuestos utilizados no deberán ser pegajosos ni mostrar una fuerte adhesión con la muestra de suelo, pues sería difícil de retirar sin provocar alteraciones a la muestra.

Ventajas y desventajas de la inmersión y recubrimiento de muestras con parafina.

Ventajas.

1. El tubo de muestreo abierto de pared delgada -- puede ser utilizado repetidamente.
2. La muestra al poder ser inspeccionada contribuye a llevar un mejor control en el registro de perforaciones de campo.
3. La muestra no está en contacto directo con metal y por lo tanto los cambios químicos en la muestra se ven reducidos.
4. La parafina se puede recuperar y volverse a utilizar después de que la muestra ha sido retirada para las pruebas de laboratorio.

Desventajas.

1. El manejo y retiro de muestras del tubo muestreador bajo adversas condiciones de campo, pueden provocar serias alteraciones a la muestra y no se podrán realizar con seguridad cuando se trate de suelo suave y cohesivo.

2. Únicamente muestras pequeñas de suelo podrán -- ser retiradas de una sola vez del tubo muestreador, teniendo por inconveniente que se incrementarán los costos por los muestreos continuos.
3. El recubrimiento de muestras con parafina consume mucho más tiempo que el requerido para conservarlas en los tubos de muestreo, especialmente cuando se está trabajando a altas temperaturas.
4. La capa de parafina no siempre proporciona una protección completamente real contra la pérdida de agua durante períodos prolongados de almacenamiento.
5. El tiempo utilizado para retirar la capa de parafina de la muestra también es tiempo perdido.

V.3 Conservación de muestras en tubos de muestreo largos.

En muchas de las ocasiones las muestras suelen ser conservadas en los tubos de muestreo. Después de que el tubo es liberado de la cabeza o adaptador del muestreador, se determinará cuál es la longitud de la muestra. El material obtenido en el tubo muestreador a bierto, resulta en la mayoría de las veces seriamente alterado en la parte superior, de tal forma que esta porción de suelo tendrá que ser retirada y la parte inferior de la muestra deberá ser emparejada sin extenderse más allá de 2 cm del eje cortante, todo esto es

con el objeto de hacer un espacio suficiente para poder colocar los sellos en los extremos del tubo y de la muestra. Se recomienda conservar el suelo retirado de la parte inferior de la muestra en un recipiente de vidrio, ya que esta pequeña parte de suelo permite hacer verificaciones de laboratorio como clasificación de suelo y en algunas ocasiones contenido de agua. Las caras del tubo que van a recibir el tapón o sello de parafina, tendrán que ser limpiadas definitivamente, ya que cualquier porción de suelo contenida en las paredes del tubo podrían impedir una buena unión entre el sello y el tubo. La longitud neta de la muestra se obtendrá de medirla después de haber sido recortada y sellada en sus extremos.

Sellos a base de parafina.- Es común sellar las muestras en su parte superior con un tapón de parafina derretida de 2.5 a 5 cm de long, vaciada dentro del tubo. Sin embargo, el tapón no es completamente seguro, pues la parafina al enfriarse se contrae, de tal forma que el contacto entre el tubo y la parafina desaparezca. Cuando el tubo es transportado o almacenado en una posición horizontal y la temperatura es alta, la parafina puede sufrir deformaciones plásticas provocando la abertura de grietas en la muestra. Tan pronto como una grieta o abertura se forma, se produce una rápida pérdida de agua. Las deformaciones en el tapón de parafina se pueden ver disminuidas satisfactoriamente con la implementación de un disco metálico, (fig 5.3 A), o por medio de un tapón adicional de yeso, (fig 5.3 B). Experimentos con muestras selladas de esta manera indican una insignificante pérdida de agua durante el primer año y medio de almacenadas, después de este perfo-



Sellos con parafina o yeso en tubos de muestreo

(fig. 5.3)

do de tiempo las grietas empiezan a formarse y la proporción en pérdida de agua se incrementa rápidamente.- De cualquier modo, cuando las muestras son selladas inmediatamente después de la operación de muestreo, las grietas pueden aparecer y con eso dar inicio la pérdida de agua después de un corto período de almacenamiento.

En climas cálidos, cuando la parafina se enfría lentamente y en algunos casos no por completo, el sello de parafina (fig. 5.3 B) puede ser reemplazado con un adecuado relleno de hule. Sin embargo, el contacto directo entre el metal y el hule vulcanizado puede producir corrosión durante un prolongado tiempo de almacenamiento.

La parte inferior del tubo puede ser sellado de la misma forma que en su parte superior, pero en este caso se debe proteger el tapón de parafina con una cinta adhesiva, con el fin de sostenerlo y evitar que resbale. Los tapones de corcho o de hule son ocasionalmente utilizados para sellar la parte inferior de los tubos.

Sellos con cera de abeja.- Los experimentos se realizaron con sellos de cera de abeja con un espesor aproximado de 2 cm. No hubo evidencia de que el material se encogiera, agrietara o tuviera deformaciones plásticas aún a 35° C, pero el mayor de sus inconvenientes es que no pudo evitar la pérdida de agua y por consiguiente la muestra se secó completamente después de tres años y medio de almacenamiento.

V.4 Clasificación, transporte y almacenamiento de muestras.

Clasificación de muestras.- Todas las muestras tendrán que ser señaladas apropiadamente de tal forma que no haya ninguna duda acerca del origen de la muestra. Las marcas se pueden escribir directamente sobre la cubierta de parafina o en el recipiente que contenga a la muestra, con un crayón de porcelana o con pintura antidesmanchable, también se puede utilizar una tarjeta debidamente incrustada en la parafina o pegada en el recipiente. En muchas ocasiones cuando llega haber exceso de humedad y almacenamiento prolongado, la tinta utilizada para las marcas se puede desteñir y hacerse ilegible, por eso es conveniente proteger el escrito con una capa de laca clara.

Los datos que comunmente se utilizan para la clasificación de muestras son: localización y número de proyecto; número de perforación, profundidad y número de muestra; tipo de suelo y la fecha del muestreo.

Las muestras conservadas en tubos de pared delgada son marcados con una tarjeta alojada dentro de un sobre adjunto al tubo e insertado en la parte superior del mismo, en este caso el número de muestreo y perforación se anotan directamente sobre el tubo. La tarjeta mencionada deberá contener los datos descritos en el párrafo anterior, siendo conveniente complementar la información con el tipo de muestreador, longitud total de la muestra, método de muestreo y resistencia a la penetración. A pesar de que toda esta información se encuentra ya incluida en los registros de perforación y muestreo.

Envío de muestras.- El transporte de muestras no representativas no requiere de cuidados especiales, basta con que las bolsas o los envases de vidrio sean protegidos contra la humedad excesiva que puede provocar el deterioro de los rótulos en las tarjetas.

Por el contrario, las muestras representativas que comprenden material inalterado pueden ser seriamente afectadas por las alteraciones sufridas durante la carga y transporte. Las muestras deberán estar debidamente protegidas contra todo tipo de vibraciones, choques y en algunos casos contra el congelamiento. Cuando las muestras son transportadas en vehículos privados, es conveniente colocarlas sobre una capa de aserrín o sobre un colchón de hule espuma, con el fin de amortiguar los choques y vibraciones. La principal consecuencia de las vibraciones es provocar la compactación y deformación de las capas de suelo en conjunto con la licuación parcial de la muestra, además se puede ocasionar el desligamiento del sello de parafina.

Siempre resulta peligroso el transporte de muestras en vehículos a distancias grandes, ya que a pesar de tomar todas las precauciones debidas siempre se generarán vibraciones y por lo tanto algunas alteraciones en las muestras, principalmente cuando se trata de suelos arenosos, limosos y arcillosos. Por eso cuando se tienen muestras con este tipo de suelo, es de suma importancia que el laboratorio donde se van a realizar las pruebas esté lo más cerca posible al lugar de las perforaciones.

Cuando se transportan tubos largos de muestreo es generalmente imposible mantenerlos en una posición

vertical, por eso es que los tubos tendrán que ser empacados en cajas de madera sujetos adecuadamente para evitar cualquier desplazamiento. Los tubos podrán ir separados con cartón corrugado, con papel rasgado o aserrín.

Inspección y almacenamiento de muestras.- Cuando la muestra llega al laboratorio, todos los sellos y las marcas son revisados cuidadosamente y cualquier defecto encontrado tendrá que ser remediado antes de que la muestra sea almacenada.

Las muestras se almacenan en cuartos fríos y húmedos y de preferencia en una posición vertical. Si llega a haber cualquier duda acerca de la efectividad del sello, las muestras podrían ser almacenadas en un cuarto donde la humedad se mantenga a un 100% o también podrían ser colocadas en cajas de aserrín continuamente húmedo. El alto contenido de humedad con que se almacenan estas muestras retarda considerablemente la pérdida de agua, pero no siempre es recomendable tomar este tipo de solución pues requiere de mayores cuidados, siendo más favorable sellar apropiadamente todas las muestras. En aquellos casos donde la temperatura y la humedad en el cuarto de almacén alcanzan niveles que pueden provocar el crecimiento de hongos, es recomendable retardar el crecimiento por medio de luz ultravioleta.

A pesar de todas las precauciones, siempre hay peligro de que la pérdida de agua y los cambios físicos y químicos en el suelo se produzcan durante un almacenamiento prolongado. Por eso, se debe procurar que las muestras sean examinadas lo más pronto posible después de su llegada al laboratorio.

TABLE 13 - EFFICIENCY OF VARIOUS METHODS OF SEALING SOIL SAMPLES AGAINST LOSS OF WATER

No.	METHOD OF SEALING	ELAPSED TIME IN DAYS →														
		1/2	1	2	4	7	12	19	32	47	110	226	324	539	1250	
		Loss of Water in g from Samples with Approximate Wet Weight 370 g, Dry Weight 270 g, and Water 80 g														
1	 Unprotected sample	12.5	24.1	44.1	67.2	74.2	75.6	76.7	78.2	78.2	78.5	76.7	75.4	78.4	78.8	
2	 Covered - one layer of wax paper	1.4	2.8	5.5	10.5	20.5	35.8	56.6	76.4	77.5	78.4	76.4	75.5	78.4	78.5	
3	 Wrapped - two layers of wax paper	0.9	1.7	3.6	8.1	15.4	25.5	42.5	60.7	75.7	77.3	75.4	74.5	77.2	77.3	
4	 Wrapped - two layers of Cellophane	0.2	0.5	1.0	1.7	2.4	3.7	5.4	8.5	13.9	22.9	35.2	45.4	58.5	74.4	
5	 Paraffin brush coats - 1/16 in.	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.5	1.4	4.6	16.4	55.5	
6	 Paraffin dipped coats - 1/8 in.	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	30.6	
7	 Paraffin cast coating - 1/2 in.	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.7	0.8	28.8	
8	 Tube - 3/4 in. paraffin plugs	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	2.8	10.2	23.4	77.9	80.9	
9	 Tube - 3/4 in. beeswax plugs	0	0	0.1	0.2	0.3	0.7	1.1	2.1	3.2	10.4	18.3	24.0	30.9	78.4	
10	 Tube - 3/4 in. sealing compound	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0	
11	 Tube - 1-1/2 in. paraffin plugs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	1.8	3.9	13.7	80.6
12	 Tube - 3/4 in. paraffin plugs 3/4 in. plaster of Paris plugs	2.1	5.6	11.6	19.8	25.1	26.3	26.4	26.4	26.1	26.3	26.9	27.6	31.8	65.7	
		0	0	0	0	0	0	0	0.1	-0.2	0	0.6	1.3	5.5	39.4	
13	 Tube - 3/4 in. paraffin and steel disk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.7	1.5	5.5	72.4	
14	 Tube - 3/4 in. paraffin and tape	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	1.9	5.9	11.3	27.8	77.3		
15	 Tube - plain disk covers and tape	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	1.0	1.4	2.0	5.0	8.2	10.8	14.8	38.3	
16	 Tube - tight fitting caps	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.6	1.4	2.9	3.9	5.7	10.6	
17	 Tube - 1/64 in. paraffin, caps, vents	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.5	0.9	1.7	2.5	3.4	6.8	
18	 Tube - caps and rubber band	0	0	0	0	0	0.2	0.3	0.3	0.5	1.0	1.7	3.0	4.1	13.0	
19	 Tube - caps and tape	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	1.6	2.7	3.8	5.3	12.0	
20	 Tube - caps, tape, and vents	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	1.5	2.9	5.0	11.5	26.8	

All samples remolded Boston Blue Clay; diameter 1.93 in., length 4.0 in. Tubes and caps of brass. Samples stored in horizontal position on open shelves in basement laboratory. In winter warm and dry with temperatures 20 to 25°C. In summer some exposure to sunlight, occasionally humid and temperatures to 35°C. After 5 to 6 months, wax paper and Cellophane fully deteriorated by fungus and chemical changes. Plastic flow of paraffin during warm summer months, causing decrease of thickness and ultimately pin holes in bottom cover in Tests 5, 6, 7, and

air channels to be formed on top of paraffin plugs in Tests 8, 11, 12, 13, 14. Considerable corrosion of tubing and adhesion of soil in Tests 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 20. Some corrosion and very strong adhesion in Test 18; rubber bands deteriorated in 10 minutes. No corrosion but some adhesion in Tests 16, 17, 19. No corrosion or adhesion in Test 10. In Test 12, gross indicates total loss of water from sample and plaster of Paris reinforcing plugs; net indicates loss of water from sample alone. Tests started Oct. 1942, terminated March 1946.

C A P I T U L O VI

CONCLUSIONES

En general se puede afirmar que un programa de exploración y muestreo se basa fundamentalmente en los siguientes dos aspectos; primero contar con una investigación general de las características geológicas del lugar y segundo, que las perforaciones exploratorias proporcionen datos verídicos de las características de los estratos del suelo. Se debe tomar en cuenta la responsabilidad, costo y tiempo con el que se realiza el trabajo, considerando que las personas que efectúen los trabajos exploratorios tengan que estar debidamente preparados y capacitados para poder realizar todas las operaciones lo mejor que sea posible; tales personas podrían ser los mismos ingenieros o técnicos especializados.

En lo que respecta a los métodos de exploración-

del suelo o sondeos, practicamente están constituidos - por una barra que al ser hincada en el subsuelo, ya sea a presión constante o por golpes repetitivos, esta nos da una información fehaciente de la resistencia que presentan las diferentes capas del suelo, así como una estimación de algunas propiedades físicas de los diferentes estratos del suelo. Con todo esto y buen equipo se dan datos congruentes de las diferentes profundidades - a que se encuentran los estratos.

A pesar de que las perforaciones exploratorias - nos brindan todos estos resultados, siempre es necesario contar con el empleo de procedimientos de muestreo más elaborados, con el fin de obtener una información - más acertada en cuanto a: espesores de suelo, profundidad más real de los estratos y además contar con la obtención de muestras de suelo con la menor cantidad de - alteraciones posibles y que contengan todos los elementos constitutivos del material en sus propias proporciones.

Por último cabe mencionar que para tener un mayor éxito en las operaciones de exploración y muestreo, siempre será necesario que todas las muestras obtenidas sean manejadas y conservadas lo mejor que sea posible, - ya que de tener cualquier falla en esta parte del programa puede echar abajo todo el trabajo realizado y tener resultados de laboratorio que no sean representativos de la muestra ni del lugar de donde proviene esta.

B I B L I O G R A F I A

1. Subsurface Exploration and Sampling of Soils.
M. Juul Hvorslev.
U. S. Corps of Engineers, Waterways Experimental Station
Vicksburg, Miss. 1949
2. La Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica.
K. Terzaghi y R. B. Peck (trad. O. Moretto)
El Ateneo
1943
3. Fundamentos de la Mecánica de Suelos.
Juárez Badillo y Rico Rodríguez
LIMUSA
México, 1982
4. Principios de Geología y Geotecnia Para Ingenieros.
Dimitri P. Krynine y William R. Juud
OMEGA, S.A.
España, 1961