

870115

7  
2y

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## “LA GEOTECNIA EN INGENIERIA Y SUS COSTOS EN LAS OBRAS CIVILES.”

TESIS PROFESIONAL  
 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  
 ARNELYS JOSEFINA GOMEZ LUNA  
 GUADALAJARA, JAL. NOVIEMBRE 1985



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

	Pág.
<b>CAPITULO I.</b>	
1.- Introducción	1
1.1 Definición de Geotecnia	4
1.2 Aplicaciones de La Geotecnia en Ingeniería	5
<b>CAPITULO II.</b>	
<b>LA GEOTECNIA EN LAS VIAS TERRESTRES.</b>	
2.1 Estudios Preliminares	9
2.1.1 Datos Generales del Camino	10
2.1.2 Proyecto y Diseño del Camino	13
2.1.3 Procedimiento de Construcción	14
2.1.4 Obtención del espesor de diseño	18
2.1.5 Reportes del Laboratorio	
2.2 ESTUDIOS DE CAMPO Y LABORATORIO	21
2.2.1 Exploraciones Directas	
2.2.2 Procedimiento de muestreo	
2.2.3 Perfil Estratigráfico	
2.2.4 Pozo a cielo abierto	25
2.2.5 Perforaciones en Portadora, Barrenos Helicoidales o métodos similares.	25
2.2.6 Método de Lavado.	27
2.2.7 Método de penetración estándar	28
2.2.8 Método de penetración cónica	29
2.2.9 Método de perforaciones con boleas y gravas	30
2.2.10 Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado.	31
2.2.11 Método con tubo de pared delgada o shelby	

2.2.12 Pruebas de Laboratorio	34
2.3 Localización de Banco de Materiales	64
2.4 Especificaciones Generales	67
2.5 Control de Calidad de las Obras	88

#### CAPITULO III.

##### LA GEOTECNIA EN EL DISEÑO DE CIMENTACIONES.

3.1 Estudios del Campo	97
3.2 Pruebas de Laboratorio	99
3.3 Estudios de Capacidad de Carga	
3.4 Proyecto de las Cimentaciones	

#### CAPITULO IV.

##### CÓSTOS DE LOS ESTUDIOS GEOTECNICOS.

4.1 En los proyectos y construcción de Vías Terrestres.	103
4.2 En el proyecto y diseño de las cimentaciones.	106

#### CONCLUSIONES.

#### BIBLIOGRAFIA.

## I N T R O D U C C I O N

Los suelos son el material más antiguo y complejo de construcción. Poseen variedad y propiedades enormes, variables en tiempo y espacio; difíciles de entender y medir.

Aún así antes del siglo XX no se hizo un mejor enfoque al estudio de la Mecánica de Suelos.

Esta ciencia es un producto propio de la Ingeniería de nuestro tiempo: fue a principios de este siglo, en 1913, en Estados Unidos y Suecia donde se iniciaron por primera vez estudios organizados para detectar fallas en el tratamiento y comportamiento de los suelos. Antes del desarrollo de esta técnica los problemas de Ingeniería Civil eran resueltos por tanteos o forma intuitiva lo cual acarrearía serios riesgos en cuanto a seguridad y economía.

La Mecánica de Suelos contempla como principios fundamentales:

- Teorías sobre el comportamiento de los suelos sujetas a cargas, basadas en simplificaciones necesarias dado el actual estado de la técnica.
- Investigación de las propiedades físicas de los suelos reales.
- Aplicación del conocimiento teórico y empírico a los problemas prácticos.

Hoy en pleno siglo XX Europa y América buscan conjuntamente nuevas rutas a la investigación, a la revisión de -

la metodología ingenieril, basándose en los cimientos que nos legaron los grandes precursores de Mecánica de Suelos: Terzaghi, Casagrande, Buecher, Marcos Mazari y otros.

Es necesario hacer notar la relación existente entre la Mecánica de Suelos Geotecnia.

Son benéficos los principios geotécnicos desarrollados sobre el comportamiento de los suelos y las rocas, los cuales han servido al desarrollo teórico-práctico de la Ingeniería.

La ciencia de la Geotecnia aun en sus aspectos cualitativos, puede prestar muchas veces grandes servicios al Ingeniero, el cual generalmente tiene que tener, hallar o suponer respuestas cuantitativas satisfactorias para muchos problemas y es en el proceso para llegar a ellas donde encuentra valiosas contribuciones en los conocimientos geotécnicos.

Debido al interés existente en cuanto a economía y seguridad, es necesario hacer uso de los conocimientos geológicos ya que en base a ellos se puede determinar: investigación de las localizaciones, elección de los materiales durante el proceso, funcionamiento y conservación de una obra, etc.

Es evidente que incluso en obras pequeñas, se pueden lograr economías y seguridad considerables, si se aplican los conocimientos geotécnicos en el momento y en el lugar adecuados.

Este estudio tiene como objetivo dar a conocer - -

ciertos principios básicos tanto de la Mecánica de Suelos como de la Geotecnia, ya que en la práctica profesional es posible que surjan problemas relativos a los materiales y sus procesos.

Mediante un control de calidad adecuado establecer costos y pruebas de laboratorio, planteados a partir de especificaciones formuladas de acuerdo a las propiedades de los materiales que se usen; los resultados y análisis obtenidos en las pruebas de laboratorio se presentan mediante formas pre-establecidas, además de representaciones gráficas.

El reconocimiento de las causas de fracasos aünados a factores como: responsabilidad, riesgos de costos, etc., que generan las grandes construcciones, condujo al uso de la Geotecnia como instrumento de la Ingeniería, llegando a convertirse en parte integral de la práctica moderna de esta última.

La presentación de esta tesis trata de dar una información teórico-práctica, documentada a través de textos y ensayos de laboratorio, que son factor determinante en el control de calidad de una obra.

En un sentido económico, el mejor Ingeniero no es el que crea la mejor estructura posible; el mejor Ingeniero es el que construye la estructura que puede satisfacer más económicamente su propósito.

## DEFINICION DE GEOTECNIA.

GED: del prefijo griego VEW, de V I VN; elemento compositivo que entra en la formación de algunas veces es- pañolas con el significado de "tierra, la tierra o el sue- lo".

TECNIA: del griego TEXVN sufijo que forma parte de algunas voces con el significado de arte.

GEOTECNIA: ciencia que se ocupa del análisis y com- portamiento del suelo, del diseño y construcción de cimen- taciones que son las partes que transmiten las cargas de - la estructura al terreno.

También incluye el tratamiento necesario de los ma- teriales del subsuelo para asegurar la capacidad adecuada de carga sin deformaciones indeseables.

Además trata las medidas necesarias para conseguir abajo o a nivel del suelo sin causar daños a las propieda- des adyacentes o peligro a los trabajadores o personas que estén en los alrededores.

Se auxilia de ciencias como la Geología y Mecánica de Suelos, las cuales contribuyen en la clasificación de los suelos y el entendimiento de las características de -- los mismos.

La Geotécnia requiere balancear el diseño conserva- dor con la economía, con base en la determinación precisa- del análisis de las condiciones del lugar donde estará la obra y de las cargas de la superestructura.



## APLICACIONES DE LA GEOTECNIA EN INGENIERIA.

Desde las épocas más remotas de la era prehistórica, el hombre se ha enfrentado con problemas relativos a los materiales, características y sus procesos, cuando empezó a practicar las artes de la ingeniería.

Cuando el progreso humano alcanzó el grado de civilización, el hombre ya había empezado a construir estructuras, sin duda ya era un ingeniero. La experiencia le enseñó mucho y la ingeniería empírica se adelantó muchas generaciones a la ciencia técnica.

Aunque siempre exista la admiración por el pasado, para la habilidad y realizaciones de los pueblos antiguos que constituyen maravillas insuperables, la realidad muestra que las técnicas de la ingeniería de hoy están más adelantadas con respecto a aquellas magníficas estructuras, como el cerbero mecánico lo está con respecto al ábaco sin que ello suponga el más mínimo menosprecio por aquellas técnicas admirables ni por las estructuras de la antigüedad.

En la ingeniería moderna se reducen los factores de seguridad, se introducen innovaciones de todo tipo en el estudio de los materiales, en los métodos, en las funciones; y las escalas de tamaño, peso y uso se han multiplicado de acuerdo con los progresos de la tecnología. No hay estructura mejor que sus cimientos o que el material de que están hechos.

Los conocimientos técnicos de la Geotecnia, combinados con la práctica y la experiencia, tienen una importante aplicación para resolver problemas que se presentan en las grandes obras de ingeniería civil.

Es unánimemente aceptado que el éxito y la economía de una obra de ingeniería, principalmente dependen del grado en que la estructura quede adaptada a las condiciones geotécnicas del terreno en que se construye, al grado que para efectos de cálculo se considere a las masas rocosas o de suelo, como una parte integral de la estructura.

En la resolución de problemas de ingeniería civil, la aplicación de la Geotecnia es relativamente reciente, pero cada día adquiere mayor uso e importancia. Las dependencias oficiales que proyectan y construyen, al igual que las compañías constructoras, cuentan con oficinas geotécnicas cada vez más grandes y mejor equipadas.

El ingeniero civil se enfrenta a una gran variedad de problemas, en los que es necesario el conocimiento de la Geotecnia. Sin duda se aprenderá más geotecnia en el campo y en la práctica que en las aulas o en el laboratorio de una escuela. Este aprendizaje será más fácil y más rápido y su aplicación más eficaz, si en los cursos de ingeniería se incluyen los principios básicos de la geotecnia.

Algunas ventajas específicas de esta preparación serían:

1.- Adquirirá un conocimiento sistematizado de los materiales, su existencia, localización y propiedades; -

aunque este conocimiento se adquiriera a través de una larga experiencia el camino resultara mas directo para el ingeniero joven que haya contado con la guía de un maestro competente; de donde las fuentes, tipos y características de los materiales geotécnicos son elementos fundamentales para cualquier ingeniero.

2.- Los problemas de cimentación los cuales son esencialmente geotécnicos; los edificios, puentes, presas, carreteras y otras construcciones se establecen sobre algún material natural.

3.- Las excavaciones, ya sean sobre la superficie o debajo de ella se pueden planear, dirigir y realizar con mayor seguridad se se conoce bien el tipo y la estructura de los materiales que hay que mover.

4.- El conocimiento de la existencia de aguas subterráneas y los elementos de la hidrología subterránea son buenos auxiliares en muchas ramas de la ingeniería práctica.

5.- El conocimiento de las aguas superficiales, -- sus efectos de erosión, transporte y sus sedimentaciones -- es esencial para el control de las corrientes, los trabajos de defensa de márgenes y costas, los de conservación de suelos y otros.

6.- La capacidad para leer e interpretar informes geotécnicos, mapas, planos geológicos y topográficos y fotografías es muy útil para la planeación de muchas obras, -- para la distribución de los distintos tipos de estructuras de suelos y rocas, para la representación de una zona correspondiente.

7.- La capacitación para reconocer la naturaleza de los problemas geotécnicos, como se presentan, cuales son -- los que necesitan el estudio de un especialista; siendo esto de mucha ayuda.

Es evidente que, incluso en obras pequeñas se pueden lograr economías de consideración si se aplican los conocimientos geotécnicos en el momento y en el lugar adecuados.

## II LA GEOTECNIA EN LAS VIAS TERRESTRES.

### ESTUDIOS PRELIMINARES.

Cuando se hace el estudio de geología superficial, es frecuente que se presente la necesidad de llevar a cabo algunas pruebas de campo sobre rocas o suelos, independientemente de la toma de muestras para el laboratorio, particularmente para cimentaciones, cortes y túneles.

Estas pruebas de campo se refieren, principalmente a mediciones de valores de resistencia "in situ".

Para suelos arcillosos saturados se emplea en algunos casos un medidor de cohesión manual tipo dinamómetro, para determinar la resistencia superficial a la compresión por medio de un pequeño pistón cilíndrico que se hince en el terreno. Este valor es útil para tener una idea general de la resistencia.

Para probar la resistencia in situ de rocas, de túneles u otras excavaciones, se procede a aplicar cargas por medio de gatos hidráulicos sobre las paredes o sobre pequeñas columnas de sección cuadrada excavadas. Se mide la resistencia a la compresión y al esfuerzo cortante en el lugar en que se hace la prueba.

Los conocimientos geológicos y la experiencia del ingeniero le permiten extrapolar o saber hasta qué grado se puede generalizar la información obtenida en la medición.

El martillo de geólogo es la herramienta más útil en el campo para conocer en una forma aproximada las características de dureza, resistencia y fracturamiento en rocas y suelos.

## 1.- DATOS GENERALES

### 1.1.- Antecedentes.

El Municipio de Tepatitlán de Morelos está ubicado al Oeste de la Sub-Región del mismo nombre, a una altitud de 1800 m. sobre el nivel del mar, una latitud Norte de 20°19' y longitud Oeste 102°45'.

Limita al Norte con los Municipios de Vahualica de González Gallo, y valle de Guadalupe; al Sur con Tototlán y Ato-tonilco el Alto; al Este con San Miguel el Alto y -- Arandas y al Oeste con Cuquilo, Acatic y Zapotlanejo.

Cuenta con una superficie total de 1471.8 Km<sup>2</sup> y -- una población aproximada de 63,748 personas, constituida por 31,926 hombres y 31,822 mujeres. El Municipio cuenta con 326 localidades, las cuales una es ciudad, 4 poblados, 5 congregaciones, 313 rancherías y 3 pequeños ranchos.

### 1.2.- Características climatológicas de la zona.

Los reportes de la estación climatológica de Tepatitlán clasifican el clima como semi-seco y en Otoño e -- Inviernos secos y semi-cálido sin cambio térmico invernal bien definido. Su temperatura media anual alcanza un promedio de 19°C, teniéndose registrado como extremos, temperaturas máximas de 37°C y mínima de -6°C.

### 1.3.- Características topográficas.

El territorio comprendido por este Municipio pre--

senta una topografía más o menos plana, caracterizada por altitudes entre 1500 y 2100 metros sobre el nivel del mar exceptuando los extremos Este y Oeste, donde varían entre 2100 y 2700 metros sobre el nivel del mar.

#### 1.4.- Características Hidráulicas e Hidrológicas.

La totalidad de su territorio está ocupado por -- áreas con régimen pluviométrico superior a los 800 mm. -- anuales y en promedio recibe una precipitación pluvial -- anual de 874.7 mm.

#### 1.5.- Antecedentes del Proyecto de Pavimentación.

El Municipio de Tepatitlán de Morelos es el más extenso de la Sub-Región de los Altos, presenta el 45% del total de la misma, cuenta con una superficie de 147,186 Has. clasificadas en la siguiente manera:

- a).- 88,000 Has. de temporal y humedad
- b).- 49,700 Has. de pastizales
- c).- 4,000 Hds. de bosques
- d).- 3,400 Has. improductivas

Los recursos naturales son proporcionados por los -- ríos y arroyos que conforman las Sub-Cuencas Hidrológicas Rlo Verde, Rlo Santiago y Rlo Atotonilco.

El municipio cuenta con servicio de agua potable, -- alcantarillado, servicios de hospitales y sanatorios, ser -- vicios eléctricos, etc.

Cuenta además con una red de caminos de una exten-

ción de 116.8 Km. de los cuales 76 están pavimentados, 10.9 en revestimiento provisional y 29.9 en brecha. En la actualidad la red de caminos del Municipio se encuentra en condiciones favorables debido al mantenimiento de que son objeto sus caminos pavimentados, que en su mayoría conforman la -- red.



## PROYECTO Y DISEÑO DEL CAMINO.

Para esto se hizo un estudio de los materiales contenidos y encontrados en los bancos fijados para la construcción del camino en este subtramo comprendido entre los kilómetros de la carretera Lagos de Moreno-Guadalajara.

La exploración de los bancos para determinar si el volumen de éstos era el necesario para este subtramo se realizó mediante pozos a cielo abierto hasta la profundidad de 2-3 mts. efectuándose una cuadrícula para determinar la capacidad de los bancos.

Se tomaron muestras en cada uno de los sondeos compuestas por la cantidad necesaria para las pruebas de calidad, como material de Sub-Rasante, el cual también se empleara en las terracerías para formar las secciones de construcción proyectadas en toda la longitud de este subtramo.

La base de estudio como material de Sub-Rasante está regido por las limitaciones de un material de regularidad para emplearlos en esta etapa de construcción y se refiere al valor relativo de soporte como mínimo es de 10%.

A continuación estoy refiriendo un cuadro en el cual se indican la calidad del material para Sub-Rasante.

TABLA DE CALIDAD PARA MATERIAL DE SUBRASANTE

	§	CALIDAD
V.R.S.	0 - 5	MUY MALA
V.R.S.	0 - 10	MALA A DUDOSA
V.R.S.	10 - 20	REGULAR A BUENA
V.R.S.	20 - 30	MUY BUENA

## PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

Previo a los trabajos de construcción de terraplenes, se considera dispensable un proceso de despalme que elimine la vegetación existente en el derecho de vía, con el objeto de evitar la presencia de estos materiales en la obra e impedir daños a la misma.

Una vez despalmado el terreno, se construirán los terraplenes utilizando el material procedente del banco -- para terracerías en donde los terraplenes se construirán de acuerdo con la altura de las secciones de construcción del proyecto compactándose en capas de 25-35 cm. sueltos que dependerán del material y del equipo que se pretanda utilizar, obteniéndose así de 20-30 cm. compactos.

En general los terraplenes de este subtramo tienen alturas que varían de 0.81-1.50 metros, nos estamos refiriendo a los espesores de las capas por tratarse de un -- suelo fino, compactable con poco material granular.

En caso de que nos encontráramos que el material -- del banco contenga un porcentaje de material mayor de 3" -- que sea superior al 20%, al emplearlo en la formación de terraplenes deberá sufrir un acomodo por bandeado en capas de 30-50 cms. de material suelto que lo definirá el equipo de compactación empleado para la construcción de éste subtramo.

Si en el eje de un camino es necesario cortar y -- nos encontramos roca sana o alterada esta será dinamitada y posteriormente desalojada del eje hacia el trazo donde se lo calice el terraplén.

**GRADO DE COMPACTACION QUE SUFRIRA EL MATERIAL PARA LA FORMACION DEL CUERPO DEL CAMINO, SECCIONES DE CONSTRUCCION O TERRAPLEN.**

El material del Banco Los Conejos ubicado en el -- kilómetro 48+000 con desviación derecha o izquierda de 100 metros resultó ser un material con un suficiente valor relativo de soporte de 15.7.

El material del Banco La Mina ubicado en el kilómetro 50+000 con desviación derecha o izquierda de 157 mts. -- nos dió un valor relativo de soporte dentro de especificación para subrasante y material de terracería de 11.75.

En este caso el terraplén (pedraplen) se formará en capas con espesores no mayores a 1.00 mt, dichos espesores serán acomodados por bandeos si es posible con las orugas del tractor, hasta que ya no se observen o sufran asentamientos dichas capas, ordinariamente se le dan de 10-12 pasadas con el mismo tractor y por el mismo lugar a estos materiales.

Sobre la última capa de terracerías se construirá la capa de Sub-Rasante compactados al 95% de su peso volumétrico seco máximo.

Los espesores de la Sub-Rasante por especificación en terraplenes debe ser de 50 cms. compactos y en cortes de 30 cms. compactos con material de calidad Sub-Rasante.

Para la construcción de la capa Sub-Base se utilizará material del banco La Aurora y se compactará al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

Sobre la capa de Sub-Base se construirá la Base Hidráulica y se compactará al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

Sobre la capa de Base Hidráulica ya compactada y superficialmente seca y libre de polvo, se aplicará un riego de impregnación con producto asfáltico de fraguado medio (FN<sub>2</sub>) a razón de 1.5 litros por metro cuadrado; es recomendable que el riego de producto asfáltico dure aproximadamente un día para que penetre más profundamente.

Una vez impregnada la Base Hidráulica se aplicará un riego de liga con producto asfáltico de fraguado rápido

{FR<sub>3</sub>} a razón de 0.5 litros por metro cuadrado o el equivalente a la emulsión.

Se procederá a colocar la carpeta asfáltica de 5 -- cms. de espesor compactándola al 95 %. La mezcla utilizada sera elaborada en Planta Procesadora del Concreto Asfáltico, se utilizara material pétreo y ademas cemento asfáltico No. 6 ya analizado y obtenido el óptimo por el método Marshall en el laboratorio.

Una vez terminada la cinta asfáltica, se aplicará un riego de sello con material pétreo (3-6) a razón de 12 - lbs. de material por metro cuadrado.

## D I S E Ñ O

OBTENCIÓN DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO OBTENIDO MEDIANTE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO EN LOS MATERIALES DE LOS BANCOS LA MINA Y LOS CONEJOS FIJADOS PARA SU EXPLOTACIÓN COMO -- SUBRASANTE Y TERRACERIAS DEL SUBTRAMO EN CONSTRUCCION.

- 1.- Para esto se hizo el muestreo en los bancos mediante pozos a cielo abierto formando una cuadrícula a distancias de 100 mts. uno de otro, realizándose en la zona definida para su explotación cuatro sondeos. Las muestras en los sondeos fueron tomadas en canal de las paredes de dichos sondeos, el material obtenido fue revuelto, homogeneizado y después cuarteado para simplificar el volumen del material resultante de este proceso, para trasladarlo al laboratorio.
- 2.- El área de explotación fue un cuadrado de 100 X 200 -- mts. siendo la profundidad de los pozos a cielo abierto de 3 mts. como promedio; con las medidas y profundidades de los sondeos se puede observar que la cantidad en volumen de material aprovechable fue de 60,000 mts<sup>3</sup> en el banco Los Conejos.
- 3.- En el Banco La Mina se siguió el mismo sistema que en el banco Los Conejos efectuándose también cuatro sondeos a las mismas distancias de 100 mts. entre sondeo y sondeo, también con la profundidad de 3 mts.; siendo su volumen de 60,000 mts<sup>3</sup>; cabe aclarar que en este -- banco después de los 3 mts. de profundidad que seguía el material de la misma calidad que en el nivel superior antes citado.

- 4- Se llevaron las muestras al laboratorio dándoles el tra tamiento inicial de secado y disgregado por maceo.
- 5.- Se hizo el estudio completo cuyos datos estan registra- dos en la hoja de reporte de terracería observandose -- que la calidad de este material es aceptable para sub- rasante ya que la prueba de calidad determinada en su - valor relativo de soporte resultaron ser en promedio - de 13.8 en el Banco La Mina y de 14.7 en el Banco Los Conejos.
- 6.- Se procedio hacer la prueba que nos determinaría el - - V.R.S. de estos materiales, a los grados de compacta- ción que podria quedar la sub-rasante, que fue del 95% y el 90% para que con el V.R.S. y el tránsito de ve- - hículos diarios que tendrá este camino obtener el espe- sor que se necesita para obtener una vida útil de este camino.
- 7- De acuerdo con el V.R.S. y el tránsito en las gráficas- obtuvimos un espesor de pavimento de        cms. compac- tos que seran repartidos en dos capas de sub-base y 1 - de base.

TABLA DE VARIANTES Y GRADO DE COMPACTACION

GRADO DE COMPACTACION %	VARIANTE I Buen drenaje y precipitación baja a media	VARIANTE II Drenaje deficien- te y precipita- ción o bien pre- cipitación alta.
100	$W_0$	$W_0$
95	$W_0$	$W_0 - 1.5$
90 - 75	$W_0$	$W_0 - 3.0$

- 8.- Los materiales de los bancos para sub-rasante de La Mina y Los Conejos para este sub-tramo comprendido entre los Kms. 45 + 500 y 50 + 000 serán repartidos en el -- inicio y terminación del tramo.
- 9.- El material del banco Los Conejos será utilizado entre los Kms. 45 + 500 al 48 + 000.
- 10.- El material del banco La Mina dada su ubicación será -- utilizado a partir del Km. 48 + 000 hasta el km. -- 50 + 000, por así convenir para abaratar el costo del camino por la reducción de los acarneos.
- 11.- La extracción del material se obtendrá con trascavo de acuerdo con las características del suelo, que son de fácil explotación.





# LABORATORIO DE MATERIALES Y MECANICA DE SUELOS

INSTITUTO DE CIENCIAS EXACTAS Y TERRESTRES  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

REPORTE DE TERRACERIA

F. 14 - X-70-1000

Camino LAGOS VE MORENO-GUADALAJARA Expediente No. \_\_\_\_\_  
 Tramo PEGUEROS - TEPATITLAN Fecha de Recibo \_\_\_\_\_  
 Estudiado por: Estudio del Bco. Los Conejos Fecha de Informe \_\_\_\_\_  
 Km. 47-000

## IDENTIFICACION

No. de Ensaye	922	923	924	925
Estación	Sondeo 1 Sondeo 2 Sondeo 3 Sondeo 4			

## CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

	3/8"	1/4"	1/4"	3/8"
Tamaño Máximo	3/8"	1/4"	1/4"	3/8"
% que pase malla 4	97	95	96	93
" " " 40	43	48	40	39
" " " 800	18	16	20	16
Equivalente de Arena	--	--	--	--
Límite Líquido	42	45	46	40
Índice Plástico	16	17	15	14.8
Contracción Lineal	7.5	6.0	6.0	6.9
P. V. S Suelto, Kg/m <sup>3</sup>	1050	1000	1025	1075
P. V. S. mfx. Kg/m <sup>3</sup>	1460	1480	1430	1450
Humedad Óptima %	22	23	24	23.5
Humedad Natural %	18.9	20	22.3	24.2
Compactación del lugar, %	--	--	--	--

## ESTUDIO DE ESPESORES

Tipo de Prueba	VARIANTE II			
Curva de Proyecto	5.000 VEHICULOS			

% de Compactación	95	95	95	95
Humedad de Prueba %	23.5	24.5	25.5	25.0
Valor Soporte	11.7	16.0	10.8	12.9
Espesor Requerido, cms.	30	30	30	30
Espesor Actual, cms.	--	--	--	--
Espesor Faltante, cms.	30	30	30	30
% de Compactación	90	90	90	90
Humedad de Prueba %	25	26	27	26.5
Valor Soporte	7.5	9.7	6.4	7.9
Espesor Requerido, cms.	30	30	30	30
Espesor Actual, cms.	--	--	--	--
Espesor Faltante, cms.	30	30	30	30
% de Compactación	85	85	85	85

NOTA: No se efectuó la prueba a este grado de compactación por tratarse de un material fino considerando también el exceso de tráfico. Se tomó el espesor de acuerdo a especificaciones.

EL LABORATORISTA

EL JEFE DE LA OFICINA



# LABORATORIO DE MATERIALES Y MECANICA DE SUELOS

INSTITUTO DE CIENCIAS EXACTAS Y TERRESTRES  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

## REPORTE DE BASES Y SUBBASES

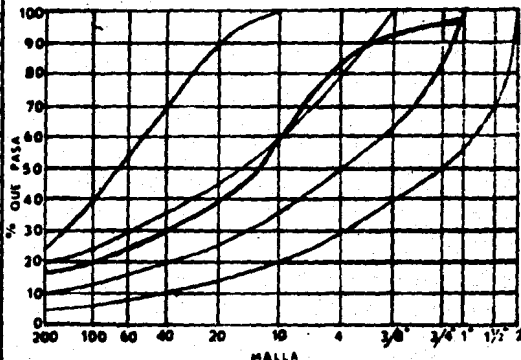
MUESTRA DE MATERIAL TRITURADO EN EL BANCO ENSAYE No. 930  
 PROCEDENCIA BANCO LA AURORA, MUESTRA No. 1 Obtenida del almacenam-  
 miento en el banco en Km. 48 - 350

LABORATORISTA

FECHA

% PASANDO MALLA DE

2"	
1 1/2"	100
1"	95
3/4"	93
3/8"	86
No. 4	78
" 10	62
" 20	40
" 40	31
" 60	26
100	21
" 200	16



% DE DESPERDICIO 0.00

Lim. Líquido 32	VRS (estandar) % 105.6	Peso Vol. Suelto $\text{kg/m}^3$ 1390
Lim. Plástico 25	Expansión % 0.0	Peso Vol. Máximo $\text{kg/m}^3$ 1750
Ind. Plástico 7.0	Valor Cementante $\text{kg/m}^2$ 6.7	Hum. Óptimo % 14.5
Equiv. Num. Compo 22.0	Absorción % 2.9	
Centros. Lineal 2.0	Densidad 2.4	

CLASIFICACION PETROGRAFICA

**OBSERVACIONES MATERIAL:** Roca basáltica, triturada en el banco y trasladada al laboratorio para su estudio como base de pavimento, resultando con propiedades adecuadas, dentro de las especificaciones para base.

Vo. Bo.

Encargado de Laboratorio

El Jefe de Laboratorio



# LABORATORIO DE MATERIALES Y MECANICA DE SUELOS

INSTITUTO DE CIENCIAS EXACTAS Y TERRESTRES  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

REPORTE DE TERRACERIA

F. 14 - N-70-1,000

Camino LAGOS DE MORENO-GUADALAJARA Expediente No. \_\_\_\_\_  
 Tramo PEGUEROS-TEPATITLAN Fecha de Recibo \_\_\_\_\_  
 Estudiado por Estudio Bco. LA MINA Fecha de Informe \_\_\_\_\_  
Km. 41-500

## IDENTIFICACION

No. de Ensayo	926	927	928	929
Estación	Sondeo 1	Sondeo 2	Sondeo 3	Sondeo 4

## CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

Tamaño Máximo	1/4"	No. 4	No. 40	3/8"
% que pase malla 4	90	95	97	90
" " " " 40	50	45	40	38
" " " " 200	23	26	29	24
Equivalente de Arena	--	--	--	--
Límite Líquido	44	40	39	42
Índice Plástico	18.3	17.9	16.0	15.2
Contracción Líneal	6.9	7.2	7.0	6.4
P. V. S. Suelto, Kg/m <sup>3</sup>	1030	1010	1020	1075
P. V. S. m <sub>v</sub> , Kg/m <sup>3</sup>	1420	1430	1460	1410
Humedad Óptima %	26.5	25.5	22	26
Humedad Natural %	20	17.3	14.4	15.7
Compactación del lugar, %	--	--	--	--

## ESTUDIO DE ESPESORES

Tipo de Prueba	VARIANTE II			
Curva de Proyecto	5,000 VEHICULOS			
% de Compactación	95	95	95	95
Humedad de Prueba %	28	27	23.5	27.5
Valor Soporte	13.2	10.0	9.7	8.5
Espesor Requerido, cms.	30	30	30	30
Espesor Actual, cms.	--	--	--	--
Espesor Faltante, cms.	30	30	30	30
% de Compactación	90	90	90	90
Humedad de Prueba %	29.5	28.5	25	29
Valor Soporte	8.0	7.5	6.2	4.0
Espesor Requerido, cms.	30	30	30	30
Espesor Actual, cms.	--	--	--	--
Espesor Faltante, cms.	30	30	30	30
% de Compactación	85	85	85	85
Humedad de Prueba %	NOTA: No se efectuó la prueba de este grado de compactación por tratarse de un material fino. Considerando también el exceso de tráfico.			
Valor Soporte				
Espesor Requerido, cms.				
Espesor Actual, cms.				
Espesor Faltante, cms.				

EL LABORATORISTA

EL JEFE DE LA OFICINA



# LABORATORIO DE MATERIALES Y MECANICA DE SUELOS

INSTITUTO DE CIENCIAS EXACTAS Y TERRESTRES  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

## REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

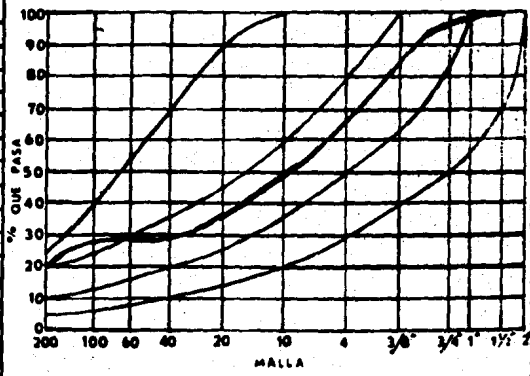
MUESTRA DE MATERIAL TRITURADO EN EL BANCO \_\_\_\_\_ ENSAYE No. 931

PROCEDENCIA BANCO LA AURORA MUESTRA No. 2 Tomada transportadora en el  
Km. 48-350 D.I - 135 mts.

LABORATORISTA \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

% PASANDO MALLA DE	
2"	
1 1/2"	100
1"	98
3/4"	96
3/8"	91
No. 4	73
" 10	50
" 20	36
" 40	29
" 60	27
100	24
" 200	21
% DE DESPERDICIO 0.00	



Lim. Líquido _____ 35	VRS (estandar) % _____ 99.0	Peso Vol. Suelto <sup>kg/m<sup>3</sup></sup> _____ 1370
Lim. Plástico _____ 27	Expansión % _____ 0.0	Peso Vol. Máximo <sup>kg/m<sup>3</sup></sup> _____ 1780
Ind. Plástico _____ 8.0	Valor Cementante <sup>kg/m<sup>3</sup></sup> _____ 5.9	Hum. Óptima % _____ 15.0
Equiv. Hum. Campo _____ 31.0	Absorción % _____ 2.7	
Contrac. Línea _____ 2.5	Densidad _____ 2.35	

### CLASIFICACION PETROGRAFICA

**OBSERVACIONES** La muestra analizada fue tomada en el banco de la banda transportadora con el objeto de llevarla al laboratorio para su estudio, lo cual presentó propiedades dentro de especificaciones para emplear el material como base de pavimento.

Vo. Bo.

Encargado de Laboratorio

El Jefe de Laboratorio



# LABORATORIO DE MATERIALES Y MECANICA DE SUELOS

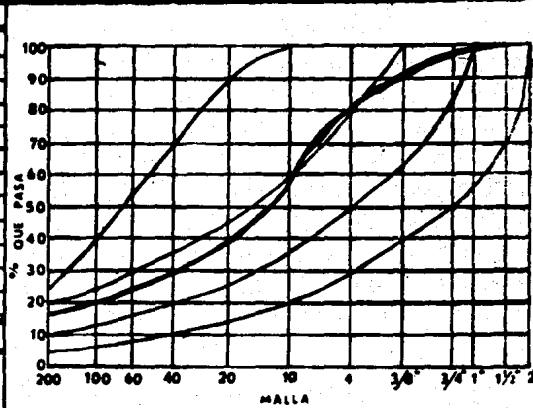
INSTITUTO DE CIENCIAS EXACTAS Y TERRESTRES  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

## REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

MUESTRA DE MATERIAL TRITURADO EN EL BANCO ENSAYE No. 932  
 PROCEDENCIA BCO. LA AURORA MUESTRA No. 3 Tomada en el Banco de al-  
 macenamiento en el Km. 48-350 D.T. - 135.0

LABORATORISTA del tramo en construcción FECHA \_\_\_\_\_

% PASANDO MALLA DE	
2"	
1 1/2"	100
1"	98
3/4"	95
3/8"	89
No. 4	79
" 10	58
" 20	41
" 40	31
" 60	25
100	21
" 200	18



% DE DESPERDICIO \_\_\_\_\_

Lim. Líquido <u>34</u>	VRS (estandar) % <u>115.0</u>	Peso Vol. Suelto $\text{kg/m}^3$ <u>1350</u>
Lim. Plástico <u>28</u>	Expansión % <u>0.0</u>	Peso Vol. Máximo $\text{kg/m}^3$ <u>1795</u>
Ind. Plástico <u>6.0</u>	Valor Cementante $\text{kg/m}^3$ <u>5.6</u>	Hum. Óptima % <u>15.7</u>
Equiv. Num. Campo <u>31.2</u>	Absorción % <u>2.5</u>	
Contrac. Líneal <u>1.9</u>	Densidad <u>2.2</u>	

CLASIFICACION PETROGRAFICA \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES** *La muestra fue tomada del tramo en construcción para ser analizada en el laboratorio reportando que cumple las especificaciones para emplearse como material de base.*

Vo. Bo.

Encargado de Laboratorio

El Jefe de Laboratorio



# LABORATORIO DE MATERIALES Y MECANICA DE SUELOS

INSTITUTO DE CIENCIAS REACTAS Y TERRESTRES  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

4

## REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

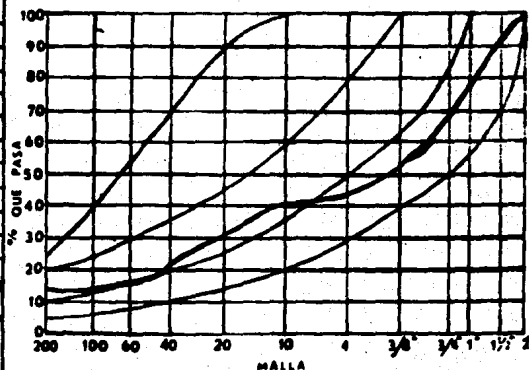
MUESTRA DE MATERIAL TRITURADO ENSAYE No. 933  
PROCEDENCIA BANCO LA AURORA MUESTRA No. 1 DE MATERIAL DE SUB-BASE

LABORATORISTA \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

% PASANDO MALLA DE

2"	100
1 1/2"	93
1"	83
3/4"	73
3/8"	57
No. 4	48
" 10	40
" 20	30
" 40	21
" 60	15
" 100	11
" 200	12



% DE DESPERDICIO \_\_\_\_\_

Lim. Líquido _____ 36	VRS (estandar) % _____ 83	Peso Vol. Suelta $kg/m^3$ _____ 1400
Lim. Plástico _____ 26	Expansión % _____ 0.0	Peso Vol. Máxima $kg/m^3$ _____ 1725
Ind. Plástico _____ 10	Valor Constante $kg/m^2$ _____ 4.7	Húm. Óptima % _____ 14.8
Equiv. Núm. Campo _____ 33	Absorción % _____ 5.3	
Contrac. Lineal _____ 1.8	Densidad _____ 2.4	

CLASIFICACION PETROGRAFICA \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES

*La muestra que se reporta, cumple con las especificaciones como material de Sub-Base.*

Vo. Bo.

Encargado de Laboratorio

El Jefe de Laboratorio



# LABORATORIO DE MATERIALES Y MECANICA DE SUELOS

INSTITUTO DE CIENCIAS REACTAN Y TERRESTRES  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

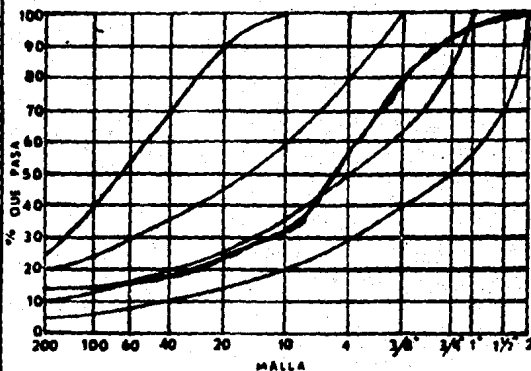
## REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

MUESTRA DE MATERIAL TRITURADO ENSAYE No. 934  
PROCEDENCIA BANCO LA AURORA MUESTRA No. 2

LABORATORISTA \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

% PASANDO MALLA DE	
2"	100
1 1/2"	96
1"	92
3/4"	90
3/8"	75
No. 4	51
" 10	31
" 20	24
" 40	20
" 60	15
100	12
" 200	11



% DE DESPERDICIO

Lim. Líquido. <u>33</u>	VRS (estender) % <u>19</u>	Peso Vol. Suelta <sup>kg/m<sup>3</sup></sup> <u>1390</u>
Lim. Plástico <u>25</u>	Expansión % <u>0.0</u>	Peso Vol. Máximo <sup>kg/m<sup>3</sup></sup> <u>1700</u>
Ind. Plástico <u>8.0</u>	Valor Cementante <sup>kg/m<sup>2</sup></sup> <u>5.2</u>	Hum. Óptima % <u>15.5</u>
Equiv. Num. Campo <u>31.3</u>	Absorción % <u>4.5</u>	
Contrac. Língal <u>2.5</u>	Densidad <u>2.4</u>	

CLASIFICACION PETROGRAFICA \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES** La muestra analizada fue tomada del tramo en construcción reportándose que cumple con las especificaciones para material de Sub-Base.

Vo. Bo.

Encargado de Laboratorio

El Jefe de Laboratorio

## ESTUDIOS DE CAMPO Y LABORATORIO.

### 2.2.1 EXPLORACIONES DIRECTAS:

El procedimiento mas común para hacer investigaciones subterráneas, es practicar perforaciones en los sitios escogidos para obtener muestras de roca o de suelo que pueden estudiarse posteriormente.

Para llevar a cabo exploraciones del subsuelo, se requiere tener conocimientos de geotécnia, así como una considerable practica del campo, tanto para programar adecuadamente la exploracion como para poder dar una interpretación adecuada a los datos obtenidos.

El termino "exploraciones directas" se refiere al conjunto de estudios de campo y laboratorio, recorridos e inspecciones, analisis y cálculos que se realizan sobre una zona y que conducen al conjunto de recomendaciones geotécnicas e ingenieriles así como a conclusiones necesarias para establecer los procesos y proyectos de construcción.

Toda esta informacion debiera presentarse en forma sencilla, clara y sistematizada para que todo el grupo de trabajo pueda comprenderla y ejecutarla en forma correcta y segura.

### 2.2.2 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:

La informacion acerca de la clase y de la calidad del material, se obtiene no solamente de las muestras sino tambien de las observaciones de la geotecnica superficial.



cial, y de los datos de perforación, tales como gráfica de avances, pérdida del agua de perforación, etc.

Para fines de ingeniería civil, los métodos de muestreo más empleados son los pozos a cielo abierto, el penetrómetro standard, el tubo de lámina y la perforación rotatoria, aunque existen otros métodos de sondeo exploratorio.

Las muestras de suelo que se obtienen de una excavación, pueden ser alteradas o inalteradas. Las muestras alteradas son aquellas en que el material ha sido removido o remodelado por lo que las características de la muestra difieren grandemente de las que tenía ese material in situ.

Las muestras inalteradas son las que mantienen las propiedades del material in situ.

Aún cuando en realidad no hay posibilidades de tomar muestras completamente inalteradas, se considera que lo son porque se obtienen con procedimientos especiales que permiten conservar en gran parte sus propiedades. Se toman para estudios de cimentaciones en materiales blandos.

**COLUMNA GEOLOGICA:** Es la práctica en una perforación, es la sucesión de los estratos encontrados. El conocimiento de la columna geológica es el objeto directo de cada excavación; se representa a escala dando a cada capa su espesor relativo.

### 1.2.3 PERFIL ESTRATIGRAFICO:

Para facilitar y ordenar los trabajos de campo - -

conviene dividir la zona en zonas de características similares.

Una unidad morfológica podrá estar formada por diferentes materiales o por un mismo tipo con diferentes características estructurales. A veces es necesario establecer en forma especial el origen de los suelos y si es necesario, el tipo de acumulaciones que lo forman (aluvial, abanico aluvial, pantano, depósito de talud, etc.)

El perfil estratigráfico o también llamado perfil geológico o de suelos, se forma uniendo gráficamente -- los contactos entre las diferentes estratos de cada una de las columnas geológicas.

#### 2.2.4 POZO A CIELO ABIERTO (MUESTREO ALTERADO O INALTERADO)

Cuando este método sea practicable debe considerarse como el mas satisfactorio para conocer las condiciones del subsuelo, ya que consiste en excavar un pozo de dimensiones aproximadas de 2x2 mts. de sección y profundidades pequeñas o medianas para que un técnico pueda directamente bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como conocer las condiciones referentes al agua contenida en el suelo.

Este tipo de excavaciones no puede realizarse a grandes profundidades debido precisamente a lo difícil de controlar el flujo de agua bajo el nivel freático; el tipo de suelo de los diferentes estratos atravesados tam

bien influye en los alcances del método.

Por estas excavaciones se puede reconocer directamente la columna geológica del lugar, hasta la profundidad de excavación así como las características de cada uno de los estratos.

También es necesario cuidar los criterios de la naturaleza del suelo "in situ" y la misma, modificada por la excavación realizada; por ejemplo una arcilla dura puede aparecer con el tiempo como suave y esponjosa a causa del flujo de agua hacia la trinchera de excavación, o una arena compacta puede presentarse como semifluida y suelta por el mismo motivo.

Es recomendable siempre que se haga un pozo a cielo abierto, llevar un registro completo de las condiciones del subsuelo durante la excavación hecho por técnico o un conocedor de la materia.

Cuando se requiere ademe en el pozo puede usarse madera o acero; por lo regular, el ademe se hace con tablones horizontales, pero deberán ser verticales y bien hincados si se tuviesen suelos friccionantes situados bajo el nivel freático.

De estos pozos se pueden tomar tanto muestras alteradas como inalteradas de los diferentes estratos que se vayan encontrando. Las muestras alteradas son simples porciones de suelo que se protegerán contra pérdidas de humedad introduciéndolas en frascos o bolsas emparafinadas, se toman sin muchas precauciones.

Las muestras inalteradas por lo general cubos de -

30x30x30 cm. que se toman de cualquier profundidad o del fondo del pozo se obtienen con ciertas precauciones como: cubrirlas inmediatamente en el campo con manta de -- cielo y brea, para evitar que pierdan humedad, y en el la laboratorio se labran hasta sacar del entro un cilindro, -- que es el que se prueba.

Todo este procedimiento de pozo a cielo abierto es lento y cuando la excavación debe ser profunda, es caro - por lo que sólo se emplea para estudios someros, en materiales que permiten la excavación con pico y pala.

## 2.2.5 PERFORACIONES CON POSTEADORA, BARRENOS HELICOIDALES O METODOS SIMILARES

Por medio de estos sondeos exploratorios se obtiene una muestra completamente alterada, pero que suele ser representativa del suelo en cuanto a contenido de agua, - por lo menos en suelos muy plásticos. Esta muestra se extrae con herramientas como: barrenos helicoidales y posteadora.

Los barrenos helicoidales varían en cuanto al tipo de suelo por estudiar, también de acuerdo a la preferencia del perforista.

Un factor de importancia en el principio de operación de los barrenos es el paso de la hélice, que debe -- ser muy cerrado para suelos arenosos y mucho más abierto para el muestreo en suelos plásticos. Las posteadoras -- son comúnmente más usadas, se hacen penetrar en el terreno ejerciendo un giro sobre el mango adaptado al extremo superior de la tubería de perforación.

Las herramientas se conectan al extremo de una tubería de perforación, formada por secciones de igual longitud, que se van añadiendo según aumenta la profundidad del sondeo.

Cuando se trata de arenas colocadas bajo el nivel de aguas freáticas, estas herramientas no son adecuadas para poder extraer muestras y en esos casos es preferible recurrir al uso de cucharas muestreadoras; las muestras obtenidas así son generalmente más alteradas que las obtenidas con barrenos helicoidales y posteadoras, debido al agua que entra en la cuchara junto con el suelo, formando en el interior una suspensión del mismo. En estos casos estas pruebas sólo se usan para clasificación y para pruebas que no requieran muestra inalterada.

El contenido de agua de las muestras de barrenos es mayor que el real, por lo que el método no excluye la obtención de muestras más apropiadas cada vez que se alcanza un nuevo estrato.

Por lo general es necesario ademar el pozo de sondeo, esto se realiza con tubería de hierro, hincada a golpes, de diámetro suficiente para permitir el paso de las herramientas muestreadoras; a veces la tubería tiene secciones de diámetros decrecientes, de manera que las secciones de menor diámetro vayan entrando en las de mayor. Los diferentes segmentos se retiran al fin del trabajo usando gatos apropiados.

Un inconveniente serio de la perforación con barrenos se tiene cuando la secuencia estratigráfica del suelo es tal que a un estrato firme sigue uno blando; - - -

en estos casos es muy frecuente que se pierda la frontera entre ambos o aun la misma presencia del blando.

Este error puede corregirse accionando el barrenohelicoidal tan adelantado respecto al ademe como lo permite el suelo explorado.

#### 2.2.6 METODO DE LAVADO:

Este método constituye un procedimiento económico y rápido para conocer aproximadamente la estratigrafía -- del subsuelo (aun cuando la experiencia ha comprobado que puede llegar a tenerse errores hasta de 1 m al marcar la frontera entre los diferentes estratos).

Las muestras obtenidas en lavado son tan alteradas que prácticamente no deben ser consideradas como suficientemente representativas para realizar ninguna prueba de laboratorio.

El equipo necesario para realizar la perforación incluye un trípode con polea y martinete suspendido, de 80 a 150 kg. de peso, cuya función es hincar en el suelo a golpes el ademe necesario para la operación; este ademe debe ser de mayor diámetro que la tubería que se use para la inyección de agua.

La operación consiste en inyectar agua en la perforación, una vez hincado el ademe, la cual forma una suspensión con el suelo en el fondo del pozo y sale al exterior a través del espacio comprendido entre el ademe y la tubería de inyección; una vez afuera es recogida en un recipiente en el cual se puede analizar el sedimento. Cuan

do las características del suelo no cambien será suficiente obtener una muestra cada 1.50 m aproximadamente; si se nota un cambio en el agua eyectada debe procederse de inmediato a un nuevo muestreo. Al detener las operaciones para un muestreo debe permitirse que el agua alcance en el pozo un nivel de equilibrio, que corresponde al nivel freático el cual debe registrarse.

Entre los muestreadores más comunes está el de media caña, así llamado por poder dividirse longitudinalmente para facilitar la extracción de la muestra; el cucharón raspador es de utilidad para el muestreo de arenas bajo el nivel freático y funciona por rotación.

#### 2.2.7 METODO DE PENETRACION 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; consiste en el hincado por percusión, de un muestreador de forma tubular, llamado penetrómetro, de dimensiones establecidas. Es normal que el penetrómetro sea de media caña, para facilitar la extracción de la muestra que haya penetrado en su interior; 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 563.5 kg. que cae desde 76 cm. contando el número necesario de golpes para lograr una penetración de 30 cm.

El martinete hueco y guiado por la misma tubería de perforación es elevado por un cable que pasa por la polea del trípode y dejado caer desde la altura requerida -

contra un ensanchamiento de la misma tubería de perforación; en cada avance de 60 cm. debe retirarse el penetrometro, removiendo al suelo de su interior, el cual constituye la muestra.

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, si bien tosca, de la resistencia a la compresión simple. Además el método lleva implícito un muestreo, que proporciona muestras alteradas representativas del suelo en estudio.

La utilidad e importancia mayores de la prueba de penetración estándar radican en las correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio en diversos suelos, sobre todo arenas, que permiten relacionar aproximadamente la compacidad, el ángulo de fricción interna,  $\phi$ , en arenas y el valor de la resistencia a la compresión simple que, en arcillas, con el número de golpes necesarios en ese suelo para que el penetrometro estándar logre entrar los 30 cm. especificados.

### 2.2.8 METODO DE PENETRACION CONICA:

Estos métodos consisten en hacer penetrar una punta cónica en el suelo y medir la resistencia que el suelo ofrece. Existen diversos tipos de conos: tipo danés, holandés, para ensaye dinámico y de inyección.

Dependiendo del procedimiento para hincar los co-



nos en el terreno, estos métodos se dividen en estáticos y dinámicos. En los primeros la herramienta se hinc a presión, medida en la superficie con un gato apropiado; en los segundos el hincado se logra a golpes dados con un peso que cae.

En la prueba dinámica puede usarse un penetrómetro del tipo para ensaye de inyección, atornillado al extremo de la tubería de perforación, que se golpea en su parte superior de un modo semejante al que se usa para la prueba de penetración estandar ya descrito. Esta prueba se ha usado con frecuencia por dos razones: su economía y su rapidez, pues al no haber operaciones de muestreo no existe demora de retirar el equipo y obtener la muestra.

Podría decirse que las pruebas de penetración conica, estática o dinámica, son útiles en zonas cuya estratigrafía sea ya conocida y cuando se desea simplemente obtener información de sus características en un lugar específico; pero resultan muy problemáticas en lugares no explorados a fondo con anterioridad.

#### 2.8.9 METODO DE PERFORACIONES CON BOLEOS Y GRAVAS:

A veces es necesario atravesar durante las perforaciones estratos de boleos o gravas que presentan grandes dificultades para ser perforados con las herramientas usuales. En estos casos se hace necesario el empleo de herramientas mas pesadas, del tipo de barrietones con taladros de acero duro, que se suspenden y dejan caer sobre el estrato en cuestión, manejándolos con cables.

En algunas ocasiones se ha recurrido al uso de explosivos para romper la resistencia de un obstáculo --

que aparezca en el sondeo.

#### MÉTODOS DE SONDEO DEFINITIVO.

Se incluyen aquí los métodos de muestreo que tienen por objeto rendir muestras inalteradas en suelos, -- apropiadas para pruebas de compresibilidad y resistencia y muestras de roca, que no pueden obtenerse por los métodos antes mencionados.

Cuando la clasificación del suelo permita pensar en la posibilidad de la existencia de problemas referentes a asentamientos o a falta de la adecuada resistencia al esfuerzo cortante en los suelos, se hará necesario recurrir a los métodos que aquí se exponen.

#### 2.2.10 POZOS A CIELO ABIERTO CON MUESTREO INALTERADO:

Este método ya se describió con anterioridad; pero se debe insistir en el hecho de que cuando es factible, -- debe considerarse el mejor de todos los métodos de exploración a disposición del ingeniero para obtener muestras inalteradas y datos adicionales que permitan un mejor proyecto y construcción de una obra.

#### 2.2.11 MÉTODO CON TUBO DE PARED DELGADA O SHELBY:

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", sin interpretar la palabra en su sentido lateral.

Se debe a M.J. Hvorslev un estudio exhaustivo moderno que condujo a procedimientos de muestreo con tubos de pared delgada que, por lo menos en suelos cohesivos se usan actualmente en forma prácticamente única. Existen muestreadores de muchos modelos y es común que cada institución desarrolle el suyo propio. El grado de perturbación que produce el muestreador depende principalmente -- del procedimiento usado para su hincado; las experiencias han demostrado que si se desea un grado de alteración mínimo aceptable, ese hincado debe efectuarse ejerciendo -- presión continuada y nunca a golpes ni con algún otro método dinámico. Hincado el tubo a presión, a velocidad -- constante y para un cierto diámetro de tubo, el grado de alteración parece depender esencialmente de la llamada relación de áreas:

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

$D_e$  = diámetro exterior del tubo

$D_i$  = " interior " "

La expresión anterior equivale a la relación entre el área de la corona sólida del tubo y el área exterior - del mismo. Esta relación no debe ser mayor del 10% en muestreadores de 5 cm. de diámetro interior.

Entre los tipos más comunes de muestreador de pared delgada están: con tubo de lámina o Shelby, de pistón y un dispositivo de hincado por presión de un diferencial.

El tubo de lámina más usado, mide 10 cm. de diámetro y 90-1.00 m. de largo, la lámina es delgada de 1.6 --

mm con el objeto de que el suelo no se altere al tomar la muestra.

El muestreador de pistón tiene por objeto eliminar o casi eliminar la tarea de limpiar el fondo del pozo previa al muestreo, necesaria en los muestreadores abiertos; al hincar el muestreador con el pistón en su posición inferior, puede llevarse al nivel deseado sin que el suelo alterado de niveles más altos en el fondo del pozo entre en él; ya en el nivel de muestreo el pistón se eleva hasta la parte superior y el muestreador se hince libremente (pistón retráctil) o bien fijado el pistón en el nivel de muestreo por un mecanismo accionado desde la superficie, se hince el muestreador relativamente al pistón hasta que se llena el suelo (pistón fijo).

El dispositivo aplicador de presiones puede usarse cuando no se disponga de una máquina perforadora que aplique la presión mecánicamente.

En suelos muy blandos y con alto contenido de agua, los muestreadores de pared delgada no logran extraer la muestra, saliendo sin ella a la superficie; esto tiende a evitarse hincando lentamente el muestreador y una vez lleno de suelo, dejándolo en reposo cierto tiempo antes de proceder a la extracción.

En arenas situadas bajo el nivel freático, se tiene la misma dificultad, lo que hace necesario recurrir a procedimientos especiales y costosos para darle al material una cohesión que le permita conservar su estructura y adherirse al muestreador.

## PRUEBAS DE LABORATORIO.

### MUESTREO Y PRUEBAS DE MATERIALES

Se trata todo lo referente a la obtención, envase, identificación y transporte de las muestras de suelos para construcción de terracerías; la preparación que deba darsele a dichas muestras y las ensayos que deben efectuarse con objeto de conocer su calidad y prever su probable comportamiento en la obra.

### OBTENCION, ENVASE, IDENTIFICACION Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS.

Es condición indispensable que las muestras que se obtengan de las terracerías construidas o de los depósitos naturales de suelos que van a utilizarse en la construcción de terracerías, sean verdaderamente representativas del suelo o suelos de que se trate. Las muestras podrán ser alteradas, cuando estén constituidas por el material disgregado o en trozos en los que no se han tomado precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad.

Las muestras deberán identificarse siempre con dos tarjetas, una sujeta al exterior del envase y otra en su interior, con los siguientes datos claramente escritos:

Obra.

Ubicación del pozo o sondeo.

Numero de la muestra.

Profundidad a que se tomó la muestra.

Espesor del estrato correspondiente.

Fecha.

Nombre del operador que tom6 la muestra.

En una libreta de campo se llevar6 un registro de las muestras y adem6s deber6 dibujarse un croquis del banco, corte y pr6stamo lateral, en el que se indicarn los sitios en que fueron tomadas las muestras, haciendo las referencias que fueren necesarias. Se anotarn, para cada sondeo, las capas o estratos atravesados por 6ste, as6 como la clasificaci6n que corresponda al material de la muestra.

#### PREPARACION DE LAS MUESTRAS

La preparaci6n de una muestra llevada al laboratorio comprende las operaciones siguientes:

- A) Secado
- B) Disgregaci6n
- C) Cuarteo

Debe secarse la muestra para eliminar el agua que contiene a un grado tal que permita su f6cil disgregaci6n y manejo, exponi6ndola al sol, extendiendo todo el material sobre una superficie limpia y tersa o bien en charolas de l6mina, en un horno a temperatura baja; es conveniente revolver peri6dicamente el material para lograr un secado m6s r6pido y uniforme, hasta bajar su humedad a un grado tal que permita la f6cil disgregaci6n y manejo de la muestra. Debe ponerse especial atenci6n en que el secado de la muestra no se haga a temperatura elevada, porque podria dar lugar a una alteraci6n de ciertas caracter6sticas del material, como son la cohesi6n, la plasticidad, etc., lo cual conducir6 a la obtenci6n de resultados err6neos en las pruebas a que se vaya a sujetar el material posteriormente.

Para efectuar la disgregación de la muestra, se -- utilizará un mazo de madera de forma prismática cuadrangular, con las siguientes dimensiones: altura 15 cms. y base 9,5 cms. por lado, debiendo tener el mango en la cara opuesta a la base. El peso del mazo será de 1 kg. aproximadamente. La disgregación se hará en una charola de lámina.

La disgregación del material deberá hacerse en charola de lámina, la cual será colocada sobre una mesa -- cubierta de madera y el mazo deberá golpear verticalmente sobre el material, desde una altura no mayor de 20 cms. -- Primeramente deberá cribarse todo el material a través de la malla Núm. 4. El material retenido se cribará nuevamente por la malla de 50.8 milímetros de abertura (2") y la fracción retenida en dicha malla deberá golpearse con el mazo, hasta obtener partículas que ya no sean disgregables. El material así tratado se cribará nuevamente por la malla de 50.8 milímetros (2"), juntándose el material que pasa la malla con el obtenido en la primera operación de cribado a través de la malla de 25.4 milímetros (1"), disgregando el retenido y procediendo como en el caso anterior. Se repetirá el procedimiento empleando la malla de 9.52 milímetros (3/8") y la malla Núm. 4. Se -- combinarán finalmente todos los productos obtenidos en estas operaciones para constituir la muestra que va a ser mezclada y cuarteada en la siguiente etapa de preparación de la muestra.

De la muestra ya disgregada, deberán cortarse las diferentes porciones necesarias para verificar las pruebas. Dichas porciones deberán ser todas ellas representativas de la muestra original. Es conveniente hacer hincapié en la importancia tan grande que tiene el hecho de --

que las porciones de la muestra sean verdaderamente representativas de ella, ya que de otra manera se obtendrían - resultados erróneos que conducirían a un falso conocimiento del material que va a ser ensayado.

En muestras de 20 kgs. o mayores, la muestra total deberá revolverse con una pala, traspaleando de un lugar a otras 4 veces todo el material, hasta conseguir que presente un aspecto homogéneo. Se procederá después a formar un cono, colocando con la pala el material en el vértice de éste y permitiéndole que, por sí mismo, busque su acomodo, procurando a la vez que la distribución se haga uniformemente. Con la pala, que deberá ser de las de forma rectangular, se formará un cono truncado, encajando la pala en forma radial y haciéndola girar con centro en el eje del cono a fin de ir desalojando el material hacia la periferia. Una vez obtenido un cono truncado de 15 a 20 cms. de altura, se procederá a dividirlo en cuadrantes -- usando una regla de longitud conveniente. Se combinará el material de dos cuadrantes opuestos y se repetirá el proceso anterior, en caso necesario, para obtener una muestra con peso de 10 kgs., aproximadamente.

#### HUMEDAD DE LOS SUELOS

La humedad de un suelo se define como la relación del peso del agua contenida en el suelo al peso de los sólidos, expresada en por ciento:

$$W = \frac{P_a}{P_s} \times 100$$

En donde:

W = Contenido de humedad en por ciento.



Pa = Peso del agua presente en el suelo.

P<sub>s</sub> = Peso de los sólidos.

La muestra que se tome para la determinación de la humedad deberá ser representativa del suelo cuya humedad se desea conocer. Si dicha muestra de humedad va a ser tomada en el campo y transportada al laboratorio para hacer la determinación correspondiente, deberá colocarse en una cápsula metálica o en un recipiente que esté provisto de tapa y se protegerá de la pérdida de humedad colocando una cinta de celulosa engomada que cubra la junta perfectamente. La cantidad de muestra que deberá tomarse para esta determinación dependerá del tamaño máximo del agregado:

- A) Para muestras de suelo de agregado máximo de -- 5.1 cms. [2"], se deberá tomar aproximadamente 1 kg. de muestra y las pesadas deberán hacerse en una balanza de un décimo de gramo de aproximación.
- B) Para el material que pase la malla Núm. 4, la muestra deberá pesar aproximadamente 60 gramos y se utilizará una balanza de un centésimo de gramo de aproximación.

Para realizar la prueba de determinación estándar de la humedad, deberá considerarse:

- A) El equipo necesario será el siguiente:  
Una balanza de un centésimo de gramo de aproximación o bien, una balanza de un décimo de gramo de aproximación.

Un horno que mantenga una temperatura constante comprendida entre cien grados Celsius y ciento-diez grados Celsius (100°C y 110°C).

Cápsulas metálicas de cien cms. cúbicos de capacidad aproximadamente, o bien charolas de lámina.

- B) Se procederá en la forma que se indica a continuación: se pesará la muestra de suelo húmedo - en el recipiente que la contiene, registrándose este peso como P. Se quitará la tapa al recipiente y se mantendrá la muestra en el horno a temperatura constante entre 100°C y 110°C durante 20 horas, aproximadamente. En caso de una muestra grande, será preferible colocarla extendida en una charola con objeto de facilitar la evaporación del agua. Se pesará la muestra seca en el mismo recipiente original, incluyendo la tapa, dejándola enfriar previamente hasta -- que alcance la temperatura ambiente, anotándose el peso P<sub>2</sub>. Si la atmósfera se encuentra húmeda, será necesario colocar la muestra en un desecador mientras se enfría. Se pasará el recipiente P<sub>2</sub>. Se calculará la humedad, en por - ciento, por medio de la fórmula:

$$W = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_1} \times 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad en por ciento.

P<sub>1</sub> = Peso de la muestra húmeda más el peso del -

recipiente

$$(P_1 = P_w + P_r)$$

$P_r$  = Peso del recipiente.

$P_w$  = Peso de la muestra húmeda.

$P_d$  = Peso de la muestra seca

$P_2$  = Peso de la muestra seca más el peso del re  
cipiente.

$$(P_2 = P_d + P_r).$$

DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DEL MATERIAL PÉTREO  
RETENIDO EN LA MALLA DE 9.52 MÍLIMETROS (3/8").

Este procedimiento de prueba se refiere a la determinación de la cantidad de agua absorbida por el material pétreo que se haya dejado saturado en agua, a una temperatura de 15°C a 25°C, durante 24 horas.

Una muestra representativa del material, deberá -- cribarse por la malla de 9.52 mm. (3/8"). La muestra del material retenido en la malla, que será la que se utilizará en la prueba, deberá tener un peso aproximado de 500 - gramos. Cuando se trate de un mismo material pétreo y su aspecto sea homogéneo, esta cantidad puede ser reducida -- hasta 300 gramos.

A) El equipo necesario será:

Una balanza de un décimo de gramo de aproximación.

Un recipiente adecuado para verificar la saturación del material.

Un lienzo absorbente.

- B) La muestra de material pétreo deberá sumergirse en agua que se encuentre a una temperatura de - 15°C a 25°C y mantenerse en estas condiciones - durante 24 horas. Finalizando este tiempo, deberá extraerse la muestra del agua y proceder a su secado superficial, utilizando un lienzo absorbente ligeramente humedecido. Esta operación deberá hacerse rápidamente a fin de evitar

cualquier pérdida de humedad por evaporación. - Se pesará el material saturado y superficialmente seco, anotándose dicho peso como  $P_w$ . Se secará la muestra en un horno a temperatura constante entre  $100$  y  $110^\circ\text{C}$ , durante 20 horas aproximadamente y se pesará cuando se haya enfriado a la temperatura ambiente, registrándose el peso como  $P_s$ . La absorción se calculará por medio de la fórmula:

$$W_a = \frac{P_w - P_s}{P_s} \times 100$$

Siendo:

$W_a$  = Humedad de absorción, en por ciento.

$P_w$  = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca en gramos.

$P_s$  = Peso de la muestra seca, en gramos.

#### DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LOS SUELOS

La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos.

La densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos.

La densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a la temperatura de  $4^\circ\text{C}$ . La densidad relativa aparente de un material pétreo se define como la relación de la --

densidad absoluta, de dicho material, incluyendo sus va-  
culos, a la densidad absoluta del agua destilada a 4°C, --  
que tiene un valor de 1 gramo por  $\text{cm}^3$ .

La densidad relativa de un suelo se define como la  
relación de la densidad absoluta promedio de las partícu-  
las que constituyen el suelo, a la densidad absoluta del  
agua destilada a 4°C, que tiene un valor de 1 gramo por -  
 $\text{cm}^3$ .

La densidad relativa queda expresada por un número  
abstracto y la densidad absoluta se acostumbra expresarla  
en gramos masa por  $\text{cm}^3$ .

Expresada en forma de ecuación se tendría:

$$D_s = \frac{M_s}{V_s}$$

$$D_a = \frac{M_s}{V_t}$$

$$D_r = \frac{D_s}{D_w} ; \text{ o bien } D_r = \frac{D_s}{D_w}$$

En donde:

$D_r$  = Densidad relativa del sólido.

$D_s$  = Densidad absoluta del sólido, en gramos por  $\text{cm}^3$ .

$D_w$  = Densidad absoluta del agua destilada a temperatura -  
de 4°C, un gramo por  $\text{cm}^3$ .

$M_s$  = Masa del sólido, expresada en gramos masa.

$V_s$  = Volumen de sólidos, expresado en  $\text{cm}^3$ .

$V_t$  = Volumen de sólidos más volumen de huecos, expresado  
en  $\text{cm}^3$ .

En términos generales, se puede decir que a densidades altas y bajas absorciones, corresponden materiales compactos y resistentes, a no ser que presenten planos o superficies de debilitamiento. Sin embargo, existen materiales porosos de baja densidad y alta absorción que son bastante resistentes y que se identifican fácilmente por la presencia de poros o cavernas, visibles a simple vista. Para la determinación debe considerarse:

A) El equipo necesario será:

Una balanza de un décimo de gramo de aproximación.

Un recipiente adecuado para verificar la saturación del material.

Un lienzo absorbente.

Un picnómetro del tipo de sifón.

Una probeta graduada de  $250 \text{ cm}^3$  de capacidad -- con aproximación en las lecturas a  $2 \text{ cm}^3$ .

B) La muestra de material pétreo, previamente cribada por la malla de  $9.52 \text{ mm}$  ( $3/8''$ ), para eliminar el material que pasa dicha malla, se saturará durante 24 horas en agua y se secará superficialmente.

Se registrará el peso,  $P_w$ , del material húmedo y superficialmente seco y se sumergirá con todo cuidado en el picnómetro lleno de agua que ha sido llevado al nivel del derrame, el cual deberá permanecer fijo durante la prueba. Se recogerá en la probeta graduada toda el agua desalojada por el material pétreo y se medirá el volu

men de ella. Se extraerá del picnómetro la muestra de material pétreo y se procederá a secarla en un horno a temperatura constante de 100 a -- 110°C durante 20 horas, aproximadamente. Después de secada, se dejará enfriar la muestra de material hasta que alcance la temperatura ambiente y se registrará su peso  $P_{\Delta}$ .

La densidad relativa aparente se calculará por la fórmula:

$$D_r = \frac{P_{\Delta}}{V_t \times D_w}$$

En donde:

$D_r$  = Densidad relativa aparente.

$P_{\Delta}$  = Peso de la muestra seca, en gramos.

$V_t$  = Volumen desalojado, en  $\text{cm}^3$ .

$D_w$  = Densidad absoluta del agua = 1 gramo por  $\text{cm}^3$



### DETERMINACION DE LOS PESOS VOLUMETRICOS DE LOS SUELOS

El peso volumétrico húmedo de un suelo es el peso del agua y de las partículas sólidas del suelo contenidas en la unidad de volumen, considerando los huecos que existen entre ellas. La fórmula que debe emplearse es:

$$w = \frac{P_w}{V}$$

Siendo:

- $w$  = Peso volumétrico húmedo, en kgs. por  $m^3$ .
- $P_w$  = Peso de material húmedo, en kgs.
- $V$  = Volumen del suelo, incluyendo los huecos en  $m^3$ .

El peso volumétrico seco de un suelo es el peso de las partículas sólidas del suelo, contenidas en la unidad de volumen, considerando los huecos que existen entre ellas. La fórmula que debe emplearse es:

$$s = \frac{P_s}{V}$$

Siendo:

- $s$  = Peso volumétrico seco, en kgs. por  $m^3$ .
- $P_s$  = Peso del material seco, en kgs.
- $V$  = Volumen del suelo incluyendo los huecos, en  $m^3$ .

El peso volumétrico suelto es el peso por unidad de volumen de suelo secado, considerando los vacíos que quedan entre sus partículas, cuando no han estado sujetas

estas a un proceso especial de acomodo.

El peso volumétrico seco en el lugar es el peso -- del material seco, contenido en la unidad de volumen, con siderando los huecos que quedan entre sus partículas, cuando han adquirido estas un cierto acomodo, ya sea por un proceso natural o por un proceso mecánico de compactación.

A) El equipo necesario será el siguiente:

Un recipiente cilíndrico de lámina de 25.24 cm. de diámetro por 20 cms. de altura.

Una regla de 20 cms.

Una regla de 35 cms.

Una balanza de 20 kgs. de capacidad con aproximación de 1 gm.

B) Para hacer esta determinación se tomará por cuarteo una cantidad suficiente de muestra secada -- ya parcialmente y desgregada; se colocará sobre el recipiente cilíndrico dejando caer el material previamente mezclado, desde una altura de 20 cm. Se enrasará el recipiente con una regla y se pesará. A este peso se descontará la tara o peso del recipiente y se dividirá entre el volumen -- del mismo, que en este caso es de 10 litros, para obtener el peso volumétrico suelto. Se corregirá este peso por la humedad presente en el material; se calculará el peso volumétrico suelto y seco aplicando la fórmula siguiente:

$$\delta = \frac{100 P}{V (100+W)}$$

En donde:

- $f$  = Peso volumétrico suelto, en kgs. por  $m^3$ .  
 $P$  = Peso del material contenido en el recipiente, en kg.  
 $V$  = Volumen del recipiente o volumen del material contenido en el mismo en  $m^3$ .  
 $w$  = Humedad del material, en por ciento.

La determinación del peso volumétrico seco en el lugar encuentra su principal aplicación como prueba de control de compactación durante la construcción de una terracería. En terracerías ya construídas se emplea para conocer el grado de compactación alcanzado por los suelos que forman dicha estructura, con el fin de hacer el estudio de su valor relativo de soporte. Se aplica también para conocer el abundamiento de los suelos desde los préstamos o bancos al equipo de transporte y al terraplén.

A) El equipo necesario será:

- 1) Si se usa el procedimiento de la arena se utiliza el siguiente equipo y material:

Una cuchara de albañil o una espátula con hoja de acero de 5 cms. de ancho. Una barreta de acero con un extremo terminado en punta y el otro plano.

Arena lavada clasificada entre las mallas números 20 y 30, 3 kgs. para cada determinación, aproximadamente.

Una regla de 40 cms. de longitud.

Una regla de 10 cms. de longitud.

Una balanza de 20 kgs. de capacidad y un gramo de aproximación.

Una balanza de 200 gramos de capacidad y un centésimo de gramo de aproximación.

- 8) Para realizar la prueba se hará una excavación en el suelo cuyo peso volumétrico se desee determinar, utilizando la cuchara y la barreta y procurando que sea lo más regular posible, de sección sensiblemente circular o cuadrada. Las dimensiones deberán ser aproximadamente las siguientes:

Para materiales finos que pasen por la malla -- Num. 4, 15 cms. de diámetro o de lado y 15 cms. de profundidad o profundidad igual al espesor de la capa de suelo.

Para materiales con agregado grueso, entre 25 y 30 cms. de diámetro o de lado y 20 cms. de profundidad o igual al espesor de la capa de suelo.

Se pesará inmediatamente el material extraído de la excavación en la balanza de 20 kgs. de capacidad y se tomará una muestra para determinar su humedad.

El procedimiento llamado de la arena, se pesará -- una cantidad conveniente de arena, que sea mayor de la que puede llenar la excavación, anotando este peso inicial  $P_1$ . Se llenará la excavación con la arena, dejándola caer desde una altura constante de 10 cms. Se nivelará la arena-

hasta el borde superior de la excavación dejando una superficie plana con ayuda de la regla. Deberá anotarse el peso del resto de la arena que llenó la excavación mediante la fórmula:

$$P_a = P_1 - P_f$$

Siendo:

$P_a$  = Peso de la arena que llenó la excavación.

Se calculará el volumen de la excavación dividiendo  $P_a$  entre el peso volumétrico de la arena, previamente determinado con toda exactitud en el laboratorio, dando en el campo la misma altura de calda constante de 10 cm.

$$V = \frac{P_a}{a}$$

Siendo:

$V$  = Volumen de la excavación, en  $m^3$ .

$a$  = Peso volumétrico de la arena, en kgs. por  $m^3$

El peso volumétrico húmedo del suelo se calculará dividiendo el peso del material húmedo extraído de la excavación entre el volumen de la misma:

$$w = \frac{P_w}{V}$$

Donde:

$w$  = Peso volumétrico húmedo del suelo, en kgs. por  $m^3$

$P_w$  = Peso del material húmedo en kgs.

Una vez determinada la humedad que contiene el suelo, se calculará el peso volumétrico seco de este mediante la fórmula:

$$s = \frac{w}{100 + w} \times 100$$

o bien:

$$s = \frac{P_s}{V} = \frac{P_w}{V(100+w)} \times 100$$

Siendo:

s = Peso volumétrico seco del suelo, en kgs. por m<sup>3</sup>

w = Humedad del suelo.

#### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

Esta es una prueba definitiva para juzgar la calidad de un material, de acuerdo con el fin a que se le --destina y se verifica mediante la determinación de los tamaños de las partículas que forman el suelo, por el procedimiento de cribado o por el de sedimentación. El primero de ellos consiste en separar las partículas de suelo, -tamizándolo a través de una sucesión de mallas de abertura cuadrada y en pesar las porciones que se retienen en -cada una de ellas, a fin de relacionar dichos retenidos, -como porcentajes de la muestra total, para obtener la composición granulométrica. Con este procedimiento se clasifican las partículas de suelo hasta un tamaño mínimo de -setenta y cuatro milésimos de milímetro (0.074) que corresponde a la malla Núm. 200. El procedimiento de sedi-

mentación se basa en el siguiente principio: en un líquido menos denso que el suelo, las partículas del suelo de la misma densidad se asentarán a través del líquido con velocidades proporcionales a sus tamaños. Este principio está expresado por la ley de Stokes, que da la velocidad de caída de una pequeña esfera en un líquido viscoso.

La composición granulométrica representa gráfica o numéricamente, la distribución de los diferentes tamaños de las partículas que componen el suelo. Se acostumbra trazar la curva que representa la composición granulométrica en una gráfica que tenga por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas -- los porcentajes de material que pasa por dichas mallas, a escala aritmética.

Si se requiera conocer la composición granulométrica, la muestra total deberá ser secada en un horno que -- mantenga una temperatura comprendida entre 200 y 110°C -- hasta alcanzar peso constante, siempre y cuando de la muestra así secada no vaya a tomarse material para efectuar -- otra prueba.

A) El equipo necesario será:

Una balanza de 20 kgs. de capacidad y aproximación de 1 gramo.

Un juego de cribas Tyler estándar de abertura -- cuadrada, cuya denominación se indica a continuación:

## Denominación:

2"	1-1/2"	1"	3/4"	3/8"	Núm. 4
----	--------	----	------	------	--------

## Abertura en mm:

50.8	38.1	25.4	19.1	9.52	4.76
------	------	------	------	------	------

## Charolas de lámina.

- B) Se pesará la muestra anotándose dicho peso  $P_t$  y se tamizará a través de las cribas indicadas, - comenzando por la de mayor abertura y siguiendo el orden en que aparecen anotadas. Para facilitar esta operación se imprimirá a las cribas un movimiento lateral y vertical que produzca una vibración para mantener el material en constante movimiento. Las porciones retenidas en cada una de las cribas mencionadas, así como la porción que pasa la malla Núm. 4, se pesarán en la balanza anotándose los resultados obtenidos. - Los pesos de las porciones retenidas en cada -- criba deberán expresarse como porcentajes del peso de la muestra total  $P_t$ .
- C) Para cada criba considerada, se calculará el -- por ciento de retenido acumulativo, sumando los porcentajes de retenidos en las cribas de abertura mayor, con el retenido de dicha criba. Ca da uno de los porcentajes



## DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG Y PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

Las pruebas de Atterberg tienen por objeto determinar la plasticidad de la porción de material que pasa la malla N<sup>o</sup> 40 y que forma parte de un suelo. La plasticidad es una propiedad de las arcillas que les permite cambiar su forma, sin agrietarse, cuando se les sujeta a una presión, reteniendo su nueva forma cuando desaparece el esfuerzo aplicado.

El límite líquido de un suelo plástico se define como el estado de dicho suelo para el cual se considera que existe una división entre las consistencias plástica y semilíquida. En los suelos de características arenosas, el límite líquido queda expresado por la humedad que contiene el suelo en el estado que separa las consistencias semi-sólida y semi-líquida.

El límite plástico es el estado en que se considera que existe una división entre las consistencias plástica y semi-sólida de un suelo. En los suelos de características, el límite plástico coincide con el límite líquido.

El índice plástico, o índice de plasticidad, es la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

El equivalente de humedad de campo se define como la humedad mínima requerida para que una gota de agua colocada en la superficie alisada del suelo, no sea absorbida totalmente, sino que permanezca extendida en dicha superficie, dándole una apariencia brillante, durante 30 --

segundos.

La *contracción lineal* de un suelo es la reducción del volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresado como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción. El límite de contracción corresponde al contenido de agua para el cual el suelo alcanza su máxima contracción.

Para la determinación del límite líquido, se tomarán en consideración los siguientes aspectos:

A) El equipo necesario será:

Una cápsula de porcelana de 12 cms. de diámetro.

Una espátula de hoja de acero flexible de 12 cm.

Un dispositivo mecánico (Aparato de Casagrande) para la determinación del límite líquido.

Una balanza de un centésimo de gramo de aproximación.

Vidrios de reloj o cápsulas con tapa para la muestra de humedad.

Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100 y 110°C.

B) Para determinar el límite líquido se tomará una muestra de 150 gramos, aproximadamente, del material preparado; se colocará en una cápsula de porcelana y se procederá a hacer homogéneo el ma

material, manipulándolo con un espátula sin aplicar una presión excesiva. Una vez logrado lo anterior, se colocará en la copa de latón del aparato de Casagrande, en cantidad ligeramente excedida, de manera que al ser extendido el material por medio de una espátula se tenga en el centro un espesor de 1 cm.

El material deberá ser extendido del centro hacia los extremos y, una vez nivelado con la espátula, se procederá a dividirlo en mitades utilizando el ranurador. Accionando la manivela, se hará caer la copa desde una altura de 1 cm. a razón de 2 golpes por segundo, el número de veces necesario para lograr una liga íntima de los bordes inferiores de la ranura, en una longitud de 13 mm. (0.5"). Si el número de golpes es superior a 25, la humedad de la muestra es inferior al límite líquido, debiendo entonces retirarse el material de la copa, juntarlo al que quedó en la cápsula y agregar una pequeña cantidad de agua, manipulando con la espátula hasta lograr una distribución uniforme de la misma. Si la humedad de la muestra ensayada resulta superior al límite líquido, es decir, si el número de golpes necesario para cerrar la ranura es inferior a 25, entonces deberá dejarse evaporar el agua removiendo constantemente el material con la espátula; por ningún motivo deberá agregarse material seco para disminuir la humedad. La prueba se repetirá el número de veces necesario hasta lograr que con 25 golpes se cierre la ranura en la forma especificada. La

humedad que contiene la muestra en estas condiciones es precisamente la del límite líquido. - Para determinarla se tomará una muestra del material del centro de la copa y se procederá a hacer la determinación de humedad usando la fórmula siguiente:

$$W_1 = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_1} \times 100$$

Siendo:

$W_1$  = Humedad del límite líquido.

$P_1$  = Peso de la muestra húmeda + peso del recipiente.

$P_2$  = Peso de la muestra seca + peso del recipiente.

$P_1$  = Peso del recipiente.

C) Las causas frecuentes de error en la prueba objeto de este inciso son las siguientes:

1) Desajuste en el aparato de Casagrande. La altura de calda de la copa deberá ser de 1 cm. y deberá rectificarse a menudo, por medio de la sección recta del mango del ranurador que tiene precisamente esa dimensión.

2) Que la cantidad de material colocado en la copa no será la correcta. Deberá verificarse esto al hacer la ranura, comprobando que la altura máxima que alcance el material en la copa, sea precisa.

- 3) La presencia de burbujas de aire entre el material y la copa de origen a una determinación falsa del límite líquido, haciendo que el material fluya aun cuando su contenido de humedad sea menor. Estas burbujas deberán evitarse al llenar la copa, colocando el material en el centro y extendiéndolo hacia ambos lados, presionando con la espátula el material sobre la copa de latón, para evitar la formación de grietas en el material.

Para la determinación del límite plástico se considerarán los siguientes aspectos:

A) El equipo necesario será:

Una cápsula de porcelana de 12 cms. de diámetro.

Una espátula de hoja de acero flexible de 12 cms.

Una placa de vidrio de 40x40x15 cms.

Una placa de vidrio de 11x11x0.6 cms. con 2 cinchos paralelos de alambre en 3.2 mm. (1/8") de diámetro.

Una balanza de un centésimo de gramo de aproximador.

Vidrios de reloj o cápsulas con tapa para la determinación de humedad.

Un horno que mantenga la temperatura constante entre 100 y 110°C.

Para realizar esta prueba se tomara una muestra del material preparado, con la cual se formara una pequeña bola de 12 mms. de diámetro aproximadamente, que deberá moldearse con los dedos y a la cual se le dará una forma cilíndrica, manipulando sobre la palma de la mano, - - aplicando con los dedos la presión necesaria para formar un cilindro, que se colocara en la placa de vidrio. En esta se continuara el rodillado, ejerciendo con la palma de la mano una presión muy ligera, hasta que el cilindro alcance un diámetro ligeramente mayor de 3.2 mm (1/8"), y se continuara el rodillado utilizando la placa de vidrio que llega los cinchos de alambre hasta alcanzar el diámetro especificado de 3.2 mm. Si al alcanzar dicho diámetro el cilindro no se rompe en varias secciones simultáneamente, su humedad es superior a la del límite plástico. En este caso se juntara todo el material, se formara nuevamente una bola manipulando con los dedos para facilitar la pérdida de agua y la distribución uniforme de la humedad y se volvera a formar el filamento, repitiendo todas las operaciones antes descritas.

La humedad correspondiente al límite plástico se calculara con la fórmula:

$$W_p = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_t} \times 100$$

En donde:

$W_p$  = Humedad en el límite plástico.

$P_1$  = Peso de la muestra húmeda más peso del recipiente.

$P_2$  = Peso de la muestra seca más peso del recipiente.

$P_t$  = Peso del recipiente.

Las siguientes son causas frecuentes de error en la prueba objeto de este inciso:

- 1) Debe hacerse hincapié en que por ningún motivo deberá agregarse material seco para bajar la humedad del material, sino que esto deberá lograrse manipulando en la forma indicada para permitir la evaporación del agua.
- 2) Verifíquese siempre que la determinación de la humedad se haga precisamente tomando todos los fragmentos en que se dividió el cilindro de material plástico.
- 3) El material adherido al cristal dificulta o impide la formación del cilindro, por lo que deberá mantenerse limpios al momento de formar la prueba, tanto del cristal sobre el cual se hace el rodillo, como el que se utiliza para alcanzar el diámetro especificado.

Para la determinación del Índice plástico de un suelo deberá tomarse en cuenta, que éste queda expresado por la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico de dicho suelo.

$$I.P. = W_1 - W_2$$

El Índice plástico es una medida de la amplitud de la resistencia plástica del suelo. Mientras mayor sea el Índice plástico, mayor será también la variación de humedades para las cuales el suelo presenta una consistencia plástica, ya que los límites líquido y plástico correspon-

den a los límites superior e inferior de dicha consistencia.

Para la determinación de la contracción lineal se considerarán los siguientes aspectos:

A) El equipo y material necesario será:

Una cápsula de porcelana de 12 cms. de diámetro.

Una espátula de hoja de acero flexible de 12 cms.

Moldes de lámina galvanizada del N.º 16 de 10x12 cms. de dimensiones interiores.

Grasa grafitada.

Un calibrador con vernier del tipo Muser.

Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100 y 110°C.

B) Para esta determinación se utilizará el material que sobró de la prueba del límite líquido inmediatamente después de terminada esta última. Con la mezcla de suelo y agua en las condiciones indicadas, se procederá al llenado del molde de prueba que deberá haber sido engrasado previamente para evitar que se adhiera material a las paredes. El llenado de los moldes se efectuará en 3 capas y golpeando en cada ocasión el molde contra una superficie dura. Esta operación deberá continuarse hasta lograr la expulsión casi total del aire. Al final, -



se enrasará el material en el molde utilizando una espátula. Deberá dejarse secar la barra al aire hasta que su color cambie de obscuro a claro y a continuación, se podrá a secar en el horno por un período de 18 horas aproximadamente. Finalmente con el calibrador, se medirá la longitud de la barra de material seco y la longitud interior del molde.

Se calculará la contracción lineal de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$C.L. = \frac{(L-L_2) \times 100}{L}$$

En la cual:

C.L. = Por ciento de contracción lineal con respecto a la longitud original de la barra de suelo húmedo.

$L_1$  = Longitud del molde o sea, de la barra de suelo húmedo.

$L_2$  = Longitud de la barra de suelo seco.

Las siguientes son causas frecuentes de error en la prueba objeto de este inciso:

- 1) La forma incorrecta de golpear el molde, operación que deberá hacerse en la forma especificada para evitar diferencias de compactación, que se originarán por concentraciones del material en los extremos del molde, si para golpear éste se sujeta el molde por sus costados al golpear, para que no sufra deformaciones.

- 2) Al compactar cada capa deberá darse el número - necesario de golpes hasta que no aparezcan burbujas de aire en la superficie.
- 3) La barra deberá secarse al aire antes de introducirla al horno, a fin de evitar que se agriete o deforme, principalmente cuando se trate de materiales muy plásticos.
- 4) Al hacer la medición de la barra de suelo seco, deberá colocarse el calibrador lateralmente en la porción media de la barra.

## MATERIAL EMPLEADO CON SUB-BASE Y BASE DE PAVIMENTO.

- 1.- Para estas capas de pavimento se recomendó el banco La Aurora ubicado en el Km. 48-350 con desviación izquierda de 135 mts, en el cual previa exploración mediante perforaciones, se determinó que tenía una capacidad - en volumen de acuerdo con el material necesario para - las capas de Base y Sub-Base, así como para la carpeta.
- 2.- Ya una vez instalada la quebradora se procedió a la trituración del material el cual se trata de una roca basáltica sana, la que fue sometida en el laboratorio a un estudio con las pruebas exigidas a los materiales de Base y Sub-Base al igual que para la carpeta -- asfáltica.
- 3.- Estas pruebas se refieren a la de Desgaste en la Máquina de Los Angeles y Adherencia con los Productos - Asfálticos, exigidos principalmente para carpeta, ha - casuado resultados satisfactorios.
- 4.- De este banco se procedió en primer lugar a producir - el material de Sub-Base con la granulometría adecuada para esta capa de pavimento. A dicha muestra se le practicaron los estudios completos para dicho material resultados adecuados para su empleo.
- 5.- Una vez que se cumplió con la explotación del banco -- para material de Sub-Base se procedió a obtener el material de Base, cuyas cualidades son más rígidas o altas que las necesarias al material de Sub-Base.

6.- Se hicieron muestreos en los almacenamientos y de la banda transportadora tomando la cantidad suficiente para su estudio en el laboratorio.

7.- Los análisis nos reportan que se trata de un material de buena calidad para emplearse como Base del subtramo en construcción.

Como aclaración debo de citar que el tamaño máximo para esta capa es de 1 1/2" por lo tanto debe de pasar el 100 % por esta malla.

8.- Ya que estoy mencionando el tamaño máximo para la Base citaré que para Sub-Base el agregado mayor es considerado de 2" por lo que debe pasar el 100% en dicha malla; es claro que el retenido se considera como desperdicio.

De acuerdo con los valores relativos de soportes que se obtuvieron de los materiales de Sub-Rasante, el tránsito diario, el tipo de camino se propuso poner en espesor de pavimento de                    cms. compactos de material que reuna los requisitos de Sub-Base y Base.

Este espesor será repartido en una capa de base de - 12 cms. compactos, 2 capas de Sub-Base también de 12 cms. compactos.

Debo aclarar que el material de Sub-Base trabaja - igual que la Base pero su calidad es ligeramente inferior.

A continuación anoto el cuadro de calidad que deben de reunir los materiales de Sub-Base y Base.

## PARA SUB-BASE

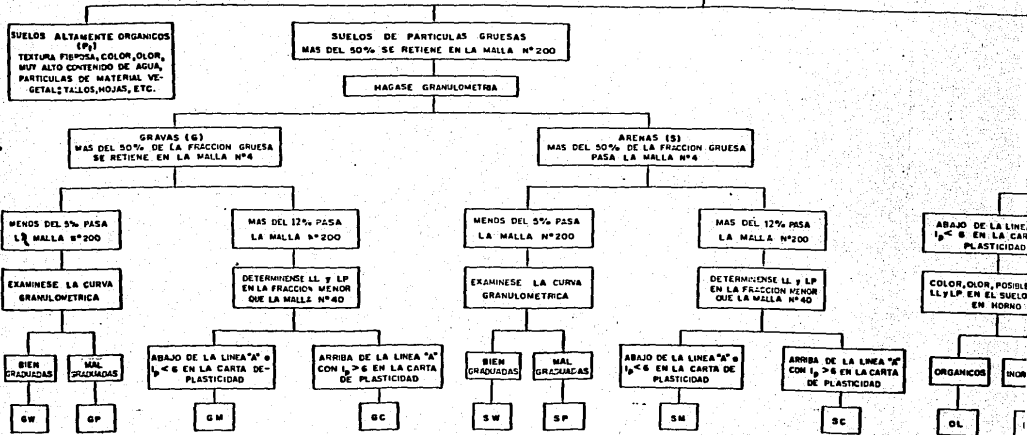
Zona en que se clasifica el material de acuerdo a su granulometría	ZONA I	ZONA II	ZONA III
Contracción lineal en por ciento	6.0 Máx.	4.5 Máx.	3.0 Máx.
Valor cementante en Kg/cm <sup>2</sup> para materiales angulosos	3.5 Mín.	3.0 Mín.	2.5 Mín.
Valor Cementante en Kg/cm <sup>2</sup> para materiales redondeados y lisos.	5.5 Mín.	4.5 Mín.	3.5 Mín.
Valor relativo de soporte en por ciento.	50 - 80		

## PARA BASE

Zona en que se clasifica el material de acuerdo a su granulometría.	ZONA I	ZONA II	ZONA III
Contracción Lineal en por ciento.	4.5 Máx.	3.5 Máx.	2.0 Máx.
Valor Cementante en Kg/cm <sup>2</sup> para materiales angulosos	4.5 Mín.	3.5 Mín.	2.5 Mín.
Valor Cementante en kg/cm <sup>2</sup> para materiales redondeados y lisos.	7.0 Mín.	5.0 Mín.	4.0 Mín.
Valor relativo de soporte en por ciento	80 - 100		

PROCEDIMIENTO AUXILIAR PARA IDENTIFICACION DE SUELOS  
EN EL LABORATORIO  
S.U.C.S. (versión S.D.R.)

MAGASE UN EXAMEN VISUAL DEL SUELO PARA DETERMINAR  
S ES ALTAMENTE ORGANICO, DE PARTICULAS GRESAS O  
DE PARTICULAS FINAS, EN LOS CASOS DE FRONTERA DETER-  
MENSE LA CANTIDAD QUE PASA POR LA MALLA N°200



NOTA: Los tamaños de las mallas son de la U.S. Standard  
Si los finos interfieren con las propiedades de arena-  
je libre, úlese un símbolo doble tal como GW-GW, etc.

PROCEDIMIENTO AUXILIAR PARA IDENTIFICACION DE SUELOS  
EN EL LABORATORIO  
S. U. C. S (versión S.O.P.)

MAGASE UN EXAMEN VISUAL DEL SUELO PARA DETERMINAR  
SI ES ALTAMENTE ORGANICO, DE PARTICULAS GRUESAS O  
DE PARTICULAS FINAS, EN LOS CASOS DE FRONTERA DETER-  
MINESE LA CANTIDAD QUE PISA POR LA MALLA N°200

PARTICULAS GRUESAS  
DETIENE EN LA MALLA N°200

EXAMINE LA  
CURVA GRANULOMETRICA

ARENAS (S)  
MAS DEL 50% DE LA FRACCION GRUESA  
PASA LA MALLA N°6

MEHOS DEL 5% PASA  
LA MALLA N°200

EXAMINESE LA CURVA  
GRANULOMETRICA

LINEA "A"  
EN LA CARTA  
DE PLASTICIDAD

BIEN  
GRADUADAS

SW

MAL  
GRADUADAS

SP

MAS DEL 12% PASA  
LA MALLA N°200

DETERMINESE LL Y LP  
EN LA FRACCION MENOR  
QUE LA MALLA N°40

ABAJO DE LA LINEA "A"  
EN LA CARTA DE  
PLASTICIDAD

SM

ARRIBA DE LA LINEA "A"  
CON  $I_p > 6$  EN LA CARTA  
DE PLASTICIDAD

SC

ABAJO DE LA LINEA "A"  
EN LA CARTA DE  
PLASTICIDAD

COLOR, OLO, POSIBLEMENTE,  
LL Y LP EN EL SUELO SECADO  
EN HORNO

ORGANICOS

OL

INORGANICOS

ML

LLIMITE LIQUIDO MENOR DE 50

ARRIBA DE LA LINEA "A"  
EN LA CARTA DE  
PLASTICIDAD

COLOR, OLO, POSIBLEMENTE,  
LL Y LP EN EL SUELO SECADO  
EN HORNO

CL

CL

ABAJO DE LA LINEA "A"  
EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

COLOR, OLO, POSIBLEMENTE,  
LL Y LP EN EL SUELO SECADO  
EN HORNO

INORGANICOS

MH

ORGANICOS

OH

LLIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50

ARRIBA DE LA LINEA "A"  
EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

CH

de los mallas son de lo U.S. Standard  
arterian con las propiedades de dren-  
un símbolo doble tal como GW-GM, etc.

TABLA T-2

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (VERSION SOP)

CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO		PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO		DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)		NOMBRES TÍPICOS		
SUELOS DE MATERIALS GRANES MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20, O MENOS DE 75% PASA LA MALLA N° 200 Y MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40 (SUELOS GRANES)	<p><b>ARENAS</b> MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20 MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40</p> <p><b>GRANES</b> MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20 MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40</p>	GW	COEF DE UNIFORMIDAD (C <sub>u</sub> ) COEF DE CURVATURA (C <sub>c</sub> ) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ ENTRE 4 Y 6 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$ ENTRE 1 Y 3	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	GW	GRANES DE GRANES, HUELOS DE GRANES Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS	<p>DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)</p>	<p>NOMBRES TÍPICOS</p>
		GP	NO SATISFACE TODOS LOS REQUISITOS DE GRANADACION PARA GW	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	GP	GRANES MAS GRANES, HUELOS DE GRANES Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS		
		GM	LIMITES DE PLASTICIDAD ABajo DE LA LINEA "A" O I <sub>p</sub> MENOR QUE 6	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	GM	GRANES LINDOS, HUELOS DE GRANES, ARENA Y LIMO		
		GC	LIMITES DE PLASTICIDAD ABajo DE LA LINEA "A" CON I <sub>p</sub> MAYOR QUE 6	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	GC	GRANES ARCILLOSOS, HUELOS DE GRANES Y ARENAS Y ARCILLA		
SUELOS DE MATERIALS GRANES MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20, O MENOS DE 75% PASA LA MALLA N° 200 Y MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40 (SUELOS GRANES)	<p><b>ARENAS</b> MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20 MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40</p> <p><b>GRANES</b> MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20 MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40</p>	SW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR QUE 6 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$ ENTRE 1 Y 3	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	SW	ARENAS MAS GRANES, HUELOS DE GRANES CON POCO O NADA DE FINOS	<p>DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)</p>	<p>NOMBRES TÍPICOS</p>
		SP	NO SATISFACE TODOS LOS REQUISITOS DE GRANADACION PARA SW	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	SP	ARENAS MAS GRANES, HUELOS DE GRANES CON POCO O NADA DE FINOS		
		SM	LIMITES DE PLASTICIDAD ABajo DE LA LINEA "A" O I <sub>p</sub> MENOR QUE 6	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	SM	ARENAS LINDAS, HUELOS DE ARENA Y L		
		SC	LIMITES DE PLASTICIDAD ABajo DE LA LINEA "A" CON I <sub>p</sub> MAYOR QUE 6	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	SC	ARENAS ARCILLOSAS, HUELOS DE ARENA Y		
SUELOS DE MATERIALS FINAS MENOS DE 75% PASA LA MALLA N° 200 Y MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 40 (SUELOS FINOS)	<p><b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO MENOR DE 50</p> <p><b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO MAYOR DE 50</p>	ML	ECUIVALENCIA DE SUELOS SARFA MAS LIMO O MAS ORGANICO QUE MAS UNIFORME SARFA MAS ARCILLA QUE MAS ORGANICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	ML	LIMO INHOMOGENEO, PULVERO DE SUELO, LIMO SUAVE O ARCILLOSO LIBERAMENTE PLASTICO	<p>DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)</p>	<p>NOMBRES TÍPICOS</p>
		CL	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	CL	ARCILLAS INHOMOGENAS DE BAJA O MEDIA TENACIDAD, ARCILLAS CON SUELO, ARCILLAS MAS SUAVES, ARCILLAS LINDAS, ARCILLAS DURES.		
		OL	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	OL	LIMO ORGANICO Y ARCILLAS LINDAS O HUELOS DE BAJA PLASTICIDAD		
		MH	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	MH	LIMO INHOMOGENEO, LIMO ORGANICO O DUREZ, LIMO ELASTICO.		
		CH	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	CH	ARCILLAS INHOMOGENAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANGIAS.		
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	<p><b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO MAYOR DE 50</p> <p><b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO MENOR DE 50</p>	OH	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA O ALTA TENACIDAD, LIMO ORGANICO DE MEDIA PLASTICIDAD	<p>DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)</p>	<p>NOMBRES TÍPICOS</p>
		P <sub>t</sub>	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	P <sub>t</sub>	TUNDAS Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		

↑ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS V.S. ESTANDAR

CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO		PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO		DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)		NOMBRES TÍPICOS		
SUELOS DE PARTICULAS GRANES MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20, O MENOS DE 75% PASA LA MALLA N° 200 Y MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40 (SUELOS GRANES)	<p><b>ARENAS</b> MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20 MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40</p> <p><b>GRANES</b> MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20 MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40</p>	GW	COEF DE UNIFORMIDAD (C <sub>u</sub> ) COEF DE CURVATURA (C <sub>c</sub> ) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ ENTRE 4 Y 6 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$ ENTRE 1 Y 3	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	GW	GRANES DE GRANES, HUELOS DE GRANES Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS	<p>DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)</p>	<p>NOMBRES TÍPICOS</p>
		GP	NO SATISFACE TODOS LOS REQUISITOS DE GRANADACION PARA GW	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	GP	GRANES MAS GRANES, HUELOS DE GRANES Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS		
		GM	LIMITES DE PLASTICIDAD ABajo DE LA LINEA "A" O I <sub>p</sub> MENOR QUE 6	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	GM	GRANES LINDOS, HUELOS DE GRANES, ARENA Y LIMO		
		GC	LIMITES DE PLASTICIDAD ABajo DE LA LINEA "A" CON I <sub>p</sub> MAYOR QUE 6	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	GC	GRANES ARCILLOSOS, HUELOS DE GRANES Y ARENAS Y ARCILLA		
SUELOS DE MATERIALS GRANES MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20, O MENOS DE 75% PASA LA MALLA N° 200 Y MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40 (SUELOS GRANES)	<p><b>ARENAS</b> MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20 MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40</p> <p><b>GRANES</b> MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 20 MAS DE 47.5% PASA LA MALLA N° 40</p>	SW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR QUE 6 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$ ENTRE 1 Y 3	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	SW	ARENAS MAS GRANES, HUELOS DE GRANES CON POCO O NADA DE FINOS	<p>DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)</p>	<p>NOMBRES TÍPICOS</p>
		SP	NO SATISFACE TODOS LOS REQUISITOS DE GRANADACION PARA SW	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	SP	ARENAS MAS GRANES, HUELOS DE GRANES CON POCO O NADA DE FINOS		
		SM	LIMITES DE PLASTICIDAD ABajo DE LA LINEA "A" O I <sub>p</sub> MENOR QUE 6	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	SM	ARENAS LINDAS, HUELOS DE ARENA Y L		
		SC	LIMITES DE PLASTICIDAD ABajo DE LA LINEA "A" CON I <sub>p</sub> MAYOR QUE 6	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	SC	ARENAS ARCILLOSAS, HUELOS DE ARENA Y		
SUELOS DE MATERIALS FINAS MENOS DE 75% PASA LA MALLA N° 200 Y MAS DE 75% PASA LA MALLA N° 40 (SUELOS FINOS)	<p><b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO MENOR DE 50</p> <p><b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO MAYOR DE 50</p>	ML	ECUIVALENCIA DE SUELOS SARFA MAS LIMO O MAS ORGANICO QUE MAS UNIFORME SARFA MAS ARCILLA QUE MAS ORGANICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	ML	LIMO INHOMOGENEO, PULVERO DE SUELO, LIMO SUAVE O ARCILLOSO LIBERAMENTE PLASTICO	<p>DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)</p>	<p>NOMBRES TÍPICOS</p>
		CL	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	CL	ARCILLAS INHOMOGENAS DE BAJA O MEDIA TENACIDAD, ARCILLAS CON SUELO, ARCILLAS MAS SUAVES, ARCILLAS LINDAS, ARCILLAS DURES.		
		OL	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	OL	LIMO ORGANICO Y ARCILLAS LINDAS O HUELOS DE BAJA PLASTICIDAD		
		MH	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	MH	LIMO INHOMOGENEO, LIMO ORGANICO O DUREZ, LIMO ELASTICO.		
		CH	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	CH	ARCILLAS INHOMOGENAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANGIAS.		
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	<p><b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO MAYOR DE 50</p> <p><b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO MENOR DE 50</p>	OH	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA O ALTA TENACIDAD, LIMO ORGANICO DE MEDIA PLASTICIDAD	<p>DESARROLLO DEL GRUPO (SOP)</p>	<p>NOMBRES TÍPICOS</p>
		P <sub>t</sub>	COMPARANDO SUELOS A UNAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO MAS SUAVIZADO CON EL MOJADO PLASTICO	AMPLITUD BASTA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000-100000 POR GRAMO DE SUELO	P <sub>t</sub>	TUNDAS Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		

↑ CLASIFICACIONES DE PROXIMA—LAS ARENAS SON GRUPO ML Y LAS ARCILLAS SON GRUPO CL Y LAS LINDAS SON GRUPO GM Y LAS SUAVES SON GRUPO GP Y LAS DUREZ SON GRUPO CH Y LAS FRANGIAS SON GRUPO OH



# A UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (VERSION SOP)

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (No requiere equipo de laboratorio ni otros recursos)		NOMBRES TÍPICOS		INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS	
<b>ARENAS</b> Más de 85% arena de 0,25 mm. Para arena de 0,25 mm. a 0,075 mm. se debe utilizar el tamiz No. 20.	(Frasco con la tapa perforada)	ARENAS GRANES EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000 LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	GRANES OBLONGAS, MEZCLAS DE GRASA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS	Dése el nombre típico, indique los porcentajes aproximados de arena, limo y arcilla, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y dureza de las partículas gruesas, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis.  Para los suelos matorrados agregúese información sobre estructura, compactación, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje.  Ejemplo: Arena limosa, con grava, como un 20% de grava de partículas duras angulosas y de 13 cm. de tamaño máximo, arena gruesa o fina de partículas redondeadas o subangulosas, alrededor de 15% de finos no plásticos de baja resistencia en estado seco; compacta y húmeda en el lugar; arena aluvial (SM).	
		ARENAS GRANES EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000 LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	GRANES OBLONGAS, MEZCLAS DE GRASA Y ARENA Y LIMOS		
		ARENAS GRANES EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000 LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON ARENA CON POCO O NADA DE FINOS.		
		ARENAS GRANES EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000 LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMOS		
<b>ARCILLAS</b> Menos de 85% arena de 0,25 mm. Para arena de 0,25 mm. a 0,075 mm. se debe utilizar el tamiz No. 20.	(Frasco con la tapa perforada)	ARENAS GRANES EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000 LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRASA Y ARENA Y ARCILLA	Dése el nombre típico, indique el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño máximo de los porulos gruesos, color del suelo húmedo, olor, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis.  Para los suelos matorrados agregúese información sobre la estructura, estratificación, compactación, estado matorrado como remodelado, condiciones de humedad y de drenaje.  Ejemplo: Limo arcilloso, café, ligeramente plástico porcentaje relativo de arena fino; numerosos agujeros verticales de raíces; firme y seco en el lugar; tierra (ML)	
		ARENAS GRANES EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000 LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRASA CON POCO O NADA DE FINOS.		
		ARENAS GRANES EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000 LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMOS		
		ARENAS GRANES EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APROXIMADAS DE 10000 LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA		
<b>PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL LABORATORIO QUE PARA LA MALLA N° 40</b>	(Frasco con la tapa perforada)	METIENDO EN CADA MUESTRA UNOS CUATRO SUELOS DE REFERENCIA.	LIMOS INTERMEDIOS, POCO DE GRASA, LIMOS A O MÁS O MENOS LIBERAMENTE PLASTICOS.	Dése el nombre típico, indique el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño máximo de los porulos gruesos, color del suelo húmedo, olor, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis.  Para los suelos matorrados agregúese información sobre la estructura, estratificación, compactación, estado matorrado como remodelado, condiciones de humedad y de drenaje.  Ejemplo: Limo arcilloso, café, ligeramente plástico porcentaje relativo de arena fino; numerosos agujeros verticales de raíces; firme y seco en el lugar; tierra (ML)	
		METIENDO EN CADA MUESTRA UNOS CUATRO SUELOS DE REFERENCIA.	LIMOS INTERMEDIOS, POCO DE GRASA, LIMOS A O MÁS O MENOS LIBERAMENTE PLASTICOS.		
	MUELA A LIBERA RÁPIDA ALTA	MUA			
	MUELA A ALTA MUELA RÁPIDA ALTA	CL			
	MUELA A MUELA LENTA	OL			
	MUELA A MUELA LENTA A MUELA	MH			
	ALTA A MUELA ALTA	CH			
	MUELA A MUELA RÁPIDA ALTA	OH			
	FACILMENTE IDENTIFICABLE POR SUELOS QUE SON MUELA RÁPIDA Y FACILMENTE MUELA POR UN TAMAÑO POCO.	P <sub>t</sub>			
	TUBOS DE SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	TUBOS Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS			

### PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION PARA SUELOS FINOS O FRACCIONES FINAS DE SUELO EN EL CAMPO

Estos procedimientos se ejecutan con la fracción que pase por la malla No. 40 (aproximadamente 0,075 mm).  
 Para fines de clasificación en el campo, si no se usa la malla, simplemente se quitan a mano las partículas gruesas que obstruyan o dificulten las pruebas.

#### DILATANCIA (Reacción al agitado)

Después de quitar las partículas mayores que la malla No. 40, prepárese una pastilla de suelo húmedo de aproximadamente 10 cm<sup>3</sup>; si es necesario, añádale suficiente agua para dejar el suelo suave, pero no pegajoso.

Coloque la pastilla en la palma de la mano y agítela horizontalmente, golpeando vigorosamente varias veces contra la otra mano. Una reacción positiva consiste en la aparición de agua en la superficie de la pastilla, la cual cambia adquiriendo una apariencia de higrado y se vuelve lustrosa. Cuando la pastilla se oprime entre los dedos, el agua y el higrado desaparecen de la superficie. La pastilla se vuelve tierna y finalmente se agrieta o se desmorona. La rapidez de la aparición del agua durante el agitado y de su desaparición durante la opresión sirve para identificar el carácter de los finos en un suelo.

#### RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Característica al rompimiento)

Después de eliminar las partículas mayores que la malla No. 40, moldear un cilindro de suelo de 2,5 cm de diámetro por 2,5 cm de altura hasta alcanzar una consistencia de mailla, añadiendo agua si es necesario. Deje secar completamente la pastilla en un horno, al sol o al aire y pruebe su resistencia rompiéndola y desmoronándola entre los dedos. Esta resistencia es una medida del carácter y la cantidad de la fracción coloidal que contiene el suelo. La resistencia en estado seco aumenta con la plasticidad.

#### TENACIDAD (Consistencia cerca del límite plástico)

Después de eliminar las partículas mayores que la malla No. 40, moldear un espécimen de aproximadamente 10 cm<sup>3</sup> hasta alcanzar la consistencia de mailla. Si el suelo está muy seco debe agregarse agua, pero al está pegajoso debe extendirse el espécimen formando una capa delgada que permita algo de pérdida de humedad por evaporación. Posteriormente el espécimen se role a mano sobre una superficie lisa o entre las palmas, hasta hacer un rollo de aproximadamente 3 mm de diámetro; se amasa y se vuelve a rolear varias veces. Durante estas operaciones el contenido de agua se reduce gradualmente y el espécimen llega a ponerse tieso, pierde finalmente su plasticidad y se desmorona cuando se alcanza el límite plástico. Después que el rollo se ha desmoronado, los pedruzcos deben juntarse y continuar al amasado entre los dedos en forma ligera, hasta que la masa se desmorona nuevamente.

CLASIFICACION DE PROYECTO—Las letras que siguen las descripciones de los grupos de suelos son la abreviatura de los símbolos. Ejemplo: SP-SC arena de grava y arena bien graduada con contenido mínimo de 35% de arena de 0,075 mm. a 0,025 mm. y 65% de arena de 0,025 mm. a 0,0075 mm.

## ESPECIFICACIONES GENERALES.

### TERRACERIAS. GENERALIDADES

Los materiales que se empleen en las obras de terracerías deberán satisfacer los requisitos que se establecen en esas Normas de Construcción; en las Especificaciones que sobre materiales determine el proyecto o en las que dicte la propia Secretaría.

Si lo especifica el proyecto, o si lo ordena el Representante de la Secretaría, los materiales se someterán a muestreo y a pruebas de laboratorio.

Todo préstamo para la obtención de materiales útiles en las terracerías, deberá ser fijado por el Representante o aprobado por él, si lo propone el Contratista.

Todo procedimiento de construcción seleccionado por el Contratista deberá ser aprobado por el Representante, -- incluyendo los proyectos de obras auxiliares que sean parte del procedimiento de construcción propuesto. En el caso de que el contrato estipule pago por unidad de obra terminada, o cuando los procedimientos se fijan en estas Normas, las Especificaciones o en el proyecto, el Contratista no tendrá que proponer ningún tipo de procedimiento, ni requerirá de la aprobación del Representante.

Cuando el pago se pacte por unidad de obra terminada el Contratista queda liberado de someter a la aprobación -- del Representante los procedimientos, equipos y obras auxiliares, que aquél haya seleccionado para la ejecución de la obra, ya que el Contratista es el único responsable, tanto de la obra en sí, como de los proyectos por él elaborados, del manejo del equipo y de los daños que ocasione.

La calidad, dimensiones, tolerancias y acabados de los trabajos o de alguna de sus partes se sujetarán, en lo que corresponda, a estas Normas de Construcción, a las Especificaciones o a las que dicte la Secretaría. Para que el Representante acepte los trabajos ejecutados por el Contratista, este debe entregarlos terminados y correctamente ejecutados, bien presentados, limpios -en lo general y en sus partes- tanto la obra como las zonas adyacentes de trabajo.

#### MEDICION

Para el pago de los trabajos, se medirán y recibirán aquellas partes que satisfagan las condiciones que se estipulan en estas Normas de Construcción. Si algún trabajo no cumple con este requisito, el Contratista se obliga a rehacerlo por su entera cuenta y a satisfacción del Representante; de ahí que, para efectos de pago, no se medirán los trabajos mal ejecutados ni los que tenga que --realizar el Contratista para corregir los que, a juicio del Representante, no deban recibirse por mala ejecución.

Cuando por causas de fenómenos naturales, imposibles de predecir, las obras ejecutadas de acuerdo con estas Normas de Construcción y dentro de los plazos fijados en el programa autorizado por la Secretaría, sufran daños, éstos deberán ser medidos y evaluados por el Representante, en forma procedente.

La medición de los trabajos comprendidos se harán empleando las unidades que para cada caso se fijen, pero se aproximarán como sigue:

- A) En los volúmenes de cortes, préstamos, terraplenes y canales, a la unidad.
- B) En las horas, al centésimo; es decir, con dos (dos) decimales.
- C) En todas las demás unidades no incluidas en -- los párrafos (A) y (B) anteriores, con una -- (1) decimal.

#### BASE PARA EL PAGO

Los pagos se aplicarán exclusivamente a los trabajos que hayan sido medidos y aceptados por el Representante. Los conceptos que no sean objeto de medición no se pagarán por separado, pues se considera que sus importes están contenidos proporcionalmente en los diversos precios unitarios que se fijan en el contrato.

Salvo indicaciones en contrario, que dicte la Secretaría, los trabajos de mantenimiento y de limpieza no se medirán, puesto que se incluyen en los precios unitarios de la obra de terracerías. El mantenimiento y la -- limpieza corren a cargo del Contratista, hasta que le -- sean recibidos los trabajos relativos.

Para todos los trabajos de terracerías, la Secretaría proporcionará, sin ningún cargo para el Contratista, los lugares de los préstamos y los sitios para depositar material de desperdicio; pero si el Contratista propone y el Representante acepta lugares de préstamos y sitios para desperdicios en sustitución a los fijados por la Secretaría, será el Contratista quien absorba las regallas, cargos, indemnizaciones y demás gravámenes que provengan-

del cambio solicitado por él; sin que ello signifique modificación alguna a los precios unitarios de los materiales del préstamo original o de los cortes que se despendien.

Cuando se pacte el pago por unidad de obra terminada y el proyecto establezca que algún, algunos, o todos los bancos de préstamo sean seleccionados por el propio Contratista, este será quien haga todos los arreglos procedentes para su explotación o utilización y absorberá las regalías, cargos, indemnizaciones y demás gravámenes derivados de la explotación de dichos bancos.

## DESMONTE

### DESCRIPCION

El desmonte consiste en eliminar la vegetación - existente en el derecho de vta, en las áreas de construcción y en las destinadas a bancos; esto se hace con el fin de impedir que la materia vegetal cause daños a la obra y de proporcionar una buena visibilidad, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o con lo que ordene el Representante. Esta operación involucra la ejecución de cualesquiera de las actividades siguientes:

- A) Tala o corte de los árboles y arbustos.
- B) Roza de la maleza, hierba, zacate y residuos de las siembras.
- C) Desentraice, o sea extraer los troncos o tocones con raíces, o cortándoles estas.
- D) Limpia y quema, operación que consiste en retirar el producto del desmonte hacia el lugar que señale el Representante, estibar dicho producto y quemar lo que a criterio del propio Representante, no sea utilizable.

### EJECUCION

Para propósitos del desmonte, en estas Normas de Construcción se consideran los siguientes tipos de vegetación:

- A) Manglar.

- B) Selva o bosque
- C) Monte de regiones áridas o semidridas.
- D) Monte de regiones desérticas, zonas cultivadas y de pastizales.

El desentraice se efectuará en las superficies limitadas por líneas trazadas a un (1) metro, por lo menos, fuera de los cerros para: cortes, terraplenes con espesor menor de un (1) metro, canales y contracunetas, zonas de préstamos, bancos y en otras superficies que señale el Representante. El Contratista debe asegurarse de que al --realizar esta operación se elimine completamente la materia vegetal a fin de que no se mezcle con el material de la construcción.

El desmonte podrá efectuarse a máquina o a mano. Si es a mano, el corte de los árboles deberá quedar a una altura de setenta y cinco (75) centímetros como máximo, y el de los arbustos a cuarenta (40) centímetros sobre el suelo, excepto en las áreas en donde deba efectuarse el desentraice. Todo el ramaje de los árboles situados fuera de las áreas desmontadas y que quede sobre la corona o cama de las terracerlas, debe cortarse en la forma que indica el Representante.

Los trabajos de desmonte deben estar terminados en una distancia mínima de un (1) kilómetro, medida desde el frente de ataque de las terracerlas hacia adelante; asimismo, deberán estar terminados los trabajos que determine el Representante en áreas de construcción.

El Contratista es el único responsable de los daños y perjuicios a propiedad ajena causados por los tra--

bajos de desmonte deficientemente ejecutados dentro o fuera del derecho de vta y de las áreas de construcción.

#### MEDICION

La hectárea será la unidad que se emplee para medir el desmonte. En el producto de la medición sólo se admitirá una (1) decimal. La superficie por desmontar, deberá dividirse previamente en tramos identificados por las características de vegetación análoga.

No se medirá la superficie de desmonte que el Contratista haya desenraizado contra lo dispuesto por el proyecto o lo ordenado por el Representante. Asimismo, cuando el material vegetal no aprovechable, acumulado en el lugar señalado por el Representante, no haya sido quemado de inmediato por el Contratista, únicamente se medirá y pagará el noventa por ciento (90%) del desmonte ejecutado, y sólo hasta que se efectúe la quema de dicho material y se dé por terminado el trabajo de desmonte, se medirá y pagará el diez por ciento (10%) faltante.

#### BASE PARA EL PAGO

El desmonte se pagará de acuerdo con los precios que en el contrato se hayan pactado para la hectárea con densidad de cien por ciento (100%) de cada uno (1) de los tipos de vegetación; dichos precios unitarios han de incluir todos los trabajos relativos a la tala, roza, desenraíce, limpia y quema.



## CORTES EN TERRACERIAS

## DESCRIPCION

Los cortes a que se refiere este enunciado son las excavaciones efectuadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en rebajes en la cama de cortes y/o en la corona de terraplenes existentes, en derrumbes, en escalones y en despalmes de cortes o para el desplante de terraplenes, con el propósito de preparar y/o formar la sección de la terracería, -- según lo establezca el proyecto o lo ordene el Representante.

## MATERIALES

Los materiales de cortes se clasificarán, de acuerdo con el grado de dificultad que presenten para su extracción y carga, en:

MATERIAL A

MATERIAL B

MATERIAL C

El material A es el blando o suelto que puede ser extraído con escrope de capacidad apropiada para ser jalado con tractor de tipo oruga, de noventa (90) a ciento -- diez (110) caballos de potencia en la barra, sin ayuda de arados o tractores empujadores, independiente de que estos últimos se utilicen para obtener mayor rendimiento. -- Por lo general, se consideran como material A los suelos de cultivo, los limos y las arenas; pero también se considerarán dentro de este tipo los suelos poco o nada cementa-

dos con componentes de tamaño siete punto cinco (7.5) centímetros (3").

El material B es el que, debido a la dificultad -- que presenta para su extracción y carga, sólo puede extraer se mediante tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable, de ciento cuarenta (140) a ciento sesenta (160) caballos de potencia en la barra, o bien, mediante pala - mecánica con capacidad de un metro cúbico, por lo menos, - sin el uso de explosivos, independientemente que éstos se utilicen para obtener mayor rendimiento. Se consideran - como material B, las piedras sueltas comprendidas entre - 75 y 7.5 centímetros; pero el material que más comúnmente se clasifica como B es el formado por rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas - blandas y tepetates.

El material C es el que para ser extraído se necesita emplear explosivos. Este material incluye rocas basálticas, areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas; también las piedras sueltas mayores de 75 centímetros.

Además de estas clasificaciones, se deben establecer otras 2 intermedias, según lo requiera el caso. Por ejemplo: si para extraer y cargar un material, este presenta mayor dificultad que el descrito como el tipo A, pero menor que el B, se determinará asignándole los porcentajes que contenga de estos materiales, en proporción con las características medias del material de que se trate; igualmente se procederá con el material que para su extracción presente un grado de dificultad mayor que el B, pero menor que el C.

Quando no sea posible hacer la clasificación separada de cada uno de los materiales encontrados, se fijará a todo el volumen del corte una clasificación representativa de la dificultad de extracción y carga, considerando siempre los 3 materiales A, B y C, aun cuando para alguno de ellos corresponda cero.

Si el corte por clasificar está formado por capas alternas de material tipo C y de otros materiales de clasificación menor, pero el de tipo C constituye no menos del 75% del volumen total del corte, todo el conjunto se debe considerar como material de tipo C. Cuando la disposición de los materiales y el espesor de sus capas permitan atacarlos eficientemente en forma aislada, el volumen de cada material se clasificará por separado, inclusive si el material C representa el 75% o más, del volumen total del corte.

#### EJECUCION

El equipo de construcción deberá ser previamente autorizado por el Representante; no se requerirá de esta autorización cuando los cortes vayan a ser pagados por unidad de obra terminada.

Al hacer las excavaciones en los cortes se procurará facilitar el drenaje del corte. Cuando el proyecto disponga o el Representante ordene que en las obras viales se construyan cunetas, éstas se harán con la oportunidad que se requiera, y se procurará que su desagüe no cause perjuicio ni a los cortes ni a los terraplenes; -- asimismo, cuando lo disponga el proyecto o el Representante, las contracunetas se harán simultáneamente con los cortes. Estas mismas disposiciones regirán en los -

trabajos de modificación de cortes en terracerías ya existentes.

Siempre hay que evitar aflojar el material en los taludes más allá de la superficie técnica fijada en el proyecto o por el Representante, sobre todo cuando se usen explosivos. Si se rebasa dicha superficie o si se presentan defectos de construcción, tanto el material que se derrumbe, como el inestable en los taludes se retirará y la obra se reparará conforme lo ordene el Representante.

En los tramos de terracerías compensadas, antes de efectuar préstamos de ajuste, deberán vaciarse totalmente los cortes, utilizando todo el material aprovechable en la formación de terraplenes. En casos especiales, el Representante fijará los tramos que se excluyan de lo indicado.

Para dar por terminado un corte, al nivel de la capa inferior a la sub-rasante, se comprobarán anchura y acabado, de acuerdo con lo que fija el proyecto o lo que ordene el Representante. Para este efecto se guardarán las siguientes tolerancias:

- |   |          |
|---|----------|
| A) Ancho de la cama al nivel de la capa sub-rasante, de la línea de centro a la orilla. | + 10 cm. |
| B) Salientes aisladas, con respecto a la superficie técnica del talud:                  |          |
| 1) En material A o B  | 10 cm.   |
| 2) En material C  | 50 cm.   |

## MEDICION

Los conceptos de obra a que se refiere este apartado, se medirán tomando como unidad el metro cúbico. En ningún caso se considerará el abundamiento. El resultado se redondeará a la unidad más próxima.

Para los volúmenes de cortes, los adicionales excavados abajo de la sub-rasante, los de ampliación y/o abatimiento de taludes de cortes y los de rebajes en la cama de cortes y/o corona de terraplenes existentes, se considerarán aquellos que indique el proyecto, haciendo las modificaciones que procedan por cambios autorizados por el Representante. Se determinarán los volúmenes correspondientes a cada uno de los materiales A, B y C.

Para fines de estimación mensual de trabajos, se apreciará parcialmente el avance de la excavación de volumen de una estación, solamente cuando este volumen sea mayor de 400 metros cúbicos en las obras viales, y/o cuando así lo ordene el Representante.

Los derrumbes ocasionados por causas ajenas al Contratista deberán clasificarse y medirse directamente en el material derrumbado. La cubicación del derrumbe se hará mediante seccionamiento.

## BASE PARA EL PAGO

El despalme de cortes y/o el despalme para desplante de terraplenes se pagarán a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico de material A. Estos precios unitarios incluyen lo que corresponda por: extracción, remoción y carga del material; acarreo libre, des-

## ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA.

79

*carga y depósito del material de desperdicio en los sitios que fije el proyecto o en los que ordene el Representante; y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte durante las cargas y las descargas.*

*Si el pago se pacta por unidad de obra terminada, los volúmenes de despalmes de cortes, los de despalme para desplante de terraplenes y los de excavación de escalones, sin clasificar el material, o no, comprendiendo uno, algunos o todos los tipos de material, independientemente de la proporción en que incluya a cada uno de ellos, desperdiciando el material, se pagará a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico. Estos precios unitarios incluyen lo que corresponda por: extracción, remoción y carga del material excavado; acarreo libre; descarga y depósito del material en los sitios que indique el Representante; y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte, durante las cargas y descargas.*

*Cuando el material excavado deba ser desperdiciado, estos precios unitarios incluyen lo que corresponda por: extracción, remoción y carga del material excavado; acarreo libre; descarga y depósito del material en los sitios que indique el Representante; afinamiento de los cortes; y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte, durante las cargas y las descargas.*

## TERRAPLENES

### DESCRIPCION

Los terraplenes, son estructuras ejecutadas con material adecuado producto de cortes o de préstamos, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o con lo ordenado por el Representante. Se consideran también como tales: las cunas contiguas a los estribos de puentes y de pasos a desnivel; la ampliación de la corona; el tendido de los taludes y la elevación de la sub-rasante, en terraplenes existentes; y el relleno de excavaciones adicionales abajo de la sub-rasante, en cortes.

### MATERIALES

Los materiales utilizados en la construcción de terraplenes serán provenientes de cortes y/o de préstamos y que, a juicio del Representante, sean adecuados. Estos materiales se clasificarán en:

- A) Compactables
- B) No compactables
- C) Agua

Integran el grupo de los materiales compactables:

- A) Los suelos que se enlistan en el cuadro anexo.
- B) Los fragmentos de rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetate a que se refiere el mismo cuadro.

En caso de duda, los materiales se someterán a las

pruebas que se detallan a continuación y han de cumplir con los requisitos de porcentaje y tamaño de material retenido.

- 1) Las capas de pruebas no podrán tener más de 400 metros cuadrados de superficie, y su espesor será tal que acepte alojar el material de mayor tamaño; pero nunca será menor que 30 cm. en todo el ancho del terraplén, ni su longitud menor que 20 metros.
- 2) Para su compactación, la capa de referencia se regará con 100 litros de agua, aproximadamente por metro cúbico de material.
- 3) La capa regada se someterá al tránsito de un tractor de orugas con garras y peso de 20 toneladas, pasando tres veces sobre cada uno de los puntos que forman la superficie.
- 4) Se harán sondeos a cielo abierto, hasta una profundidad de 20 cms. con volumen aproximado de medio metro cúbico, en cada uno de ellos.
- 5) El material producto de los sondeos deberá tener como máximo un 20% en volumen de material retenido en la malla de 76 milímetros, o sea 3".
- 6) El material retenido deberá contener, como máximo, el 5% del volumen total de fragmentos de roca mayores de 15 cms., o sea 6".
- 7) Se tomará el promedio de los resultados de los 3 sondeos efectuados en los lugares indicados por el Representante.



Materiales no compactables son los fragmentos de roca provenientes de mantos sanos, tales como basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos, andesitas y otras, así como los que exceden los requisitos de porcentaje y tamaño de material retenido.

#### EJECUCION

El Representante deberá autorizar previamente el equipo de construcción, incluyendo en su caso, el necesario para la compactación y disgregación. No se requiere la autorización anterior cuando los trabajos se paguen por unidad de obra terminada.

Cuando lo fije el proyecto y/o lo ordene el Representante, antes de iniciar la construcción de los terraplenes se rellenarán los huecos causados por el desmonte; se escarificará y se compactará el terreno natural o el despalmado, en el área de desplante y en el espesor ordenado, hasta alcanzar el grado de compactación que fije el proyecto y/o que ordene el Representante.

Según la topografía y a juicio del Representante, los terraplenes se construirán en todo el ancho de su sección, por capas sensiblemente horizontales, de espesor aproximadamente uniforme y con sujeción a los siguientes lineamientos:

- A) En el caso de material compactable, el espesor de las capas sueltas debe ser tal que se obtenga la compactación que se fija en el proyecto y/o que ordene el Representante.
- B) En el caso de material no compactable, el espe-

sor de las capas será el mínimo para alojar el tamaño mayor del material; salvo lo que en casos especiales fije el proyecto y/o que ordene el Representante.

Cuando la topografía del terreno sea tal que presente lugares inaccesibles al equipo de construcción, tales como depresiones profundas y angostas o laderas muy pronunciadas, donde no sea posible la construcción por capas compactadas o acomodadas en toda la altura del terraplén, se rellenarán a volteo esos lugares inaccesibles -- hasta la altura mínima necesaria, a juicio del Representante, para formar una plantilla constituida por la corona del terraplén parcialmente formado, en la que pueda operar el equipo. De ese nivel en adelante, se prosigue la construcción por capas compactadas o acomodadas.

La compactación de terraplenes se hará observando las siguientes indicaciones:

- A) Se ejecutarán uniformemente en todo lo ancho -- de la sección, según los grados de compactación que fije el proyecto.
- B) El material se humedecerá uniforme y convenientemente. El agua se aplicará en el lugar de excavación o en el terraplén mismo. Cuando el pago se pacte por unidad de obra terminada, el Contratista determinará el sitio donde se aplica el agua.
- C) Cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el óptimo, antes de iniciar la compactación se eliminará el agua ex-

cedente de acuerdo con el procedimiento que previamente aprueba el Representante. Cuando el pago se pacte por unidad de obra terminada no se requiere la aprobación anterior.

- B) Si lo ordena el Representante, una vez efectuada la compactación de una capa de material, a fin de ligarla con la siguiente, se escarificará superficialmente y se le agregará agua si fuere necesario, antes de tender la nueva capa de material.

La construcción de terraplenes no debe iniciarse antes de terminar las alcantarillas y muros de contención. En el caso de vías terrestres, la construcción de las alcantarillas debe ir 500 metros adelante de las terracerías.

Para dar por terminada la construcción de un terraplén, incluido su afinamiento, se comprobardn el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo establecido en el proyecto y/o lo ordenado por el Representante, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- |  |         |
|--|---------|
| A) Niveles en sub-rasante  | • 3 cm  |
| B) Ancho de la corona, al nivel de sub-rasante de la línea de centro a la orilla             | • 10 cm |
| C) Taludes:  |         |
| Ancho entre la línea de centro y las líneas de los ceros, conservando el plano general de -- |         |

*Los taludes:*

- |                      |         |
|----------------------|---------|
| 1) En material A o B | + 30 cm |
| 2) En material C     | + 75 cm |

D) En otros casos, los niveles en subrasante y los taludes serán como - lo indique el proyecto y/o lo determine el Representante.

**MEDICION**

Los conceptos de obra a que se refiere este apartado se medirán tomando como unidad el metro cúbico. El resultado se redondeará a la unidad más próxima.

La compactación del terreno natural, en el área de desplante de los terraplenes y de la cama, en los cortes - en que no se haya ordenado excavación adicional, se medirá cubicando el material compactado, tomando como base el volumen que indique el proyecto para el material ya compactado, pero haciendo las modificaciones que sean necesarias por cambios autorizados por el Representante.

El agua que se emplee en la compactación de terracerías, se medirá en las pipas y en el lugar de su aplicación.

La compactación del terreno natural, en las áreas - para desplante de los terraplenes y de la cama, en los cortes en que no se haya ordenado excavación adicional por -- unidad de obra terminada, se medirá cubicando el material compactado, tomando como base el espesor y el ancho que determine el proyecto y/o que ordene el Representante.

Para la formación y compactación de los terraplenes adicionales con sus secciones de sobreancho, de la capa superior de los terraplenes cuya parte inferior haya sido -- construida con material no compactable, adicionada con sus secciones de sobreancho, y de los terraplenes de relleno -- construidos para formar la sub-rasante en los cortes en -- que se haya ordenado excavación adicional, por unidad de obra terminada, se considerará el volumen que indique el proyecto para el material ya compactado correspondiente a cada -- uno de los grados de compactación que el mismo proyecto señale y/o que determine el Representante, haciéndole las modificaciones necesarias por cambios autorizados por él.

#### BASE PARA EL PAGO

La compactación del terreno natural, en el área desplantado de los terraplenes, y de la cama, en los cortes en que no se haya ordenado excavación adicional, se pagará a los precios que se hayan convenido en el contrato para el metro cúbico compactado y para el grado de compactación indicado. Estos precios unitarios incluirán lo que corresponda por: escarificación; la incorporación del agua empleada; y la compactación hasta obtener el grado fijado y/o -- el ordenado.

La formación y compactación de los terraplenes, de la capa superior de los terraplenes cuya parte inferior haya sido construida con material no compactable, de los terraplenes de relleno construidos para formar la sub-rasante en los cortes en que se haya ordenado excavación adicional y de las cuñas de terraplenes contiguas a los estribos de puentes y estructuras de pasos a desnivel, adicionados con sus secciones de sobreancho en cada caso cuando proce-

da, se pagarán a los precios que en el contrato se hayan convenido para el metro cúbico compactado y para el grado de compactación indicado. Estos precios unitarios incluirán lo que corresponda por: formación del terraplén, incluyendo el extendido del material en capas; incorporación del agua empleada en la compactación; compactación de las capas al grado fijado y/o al ordenado; recorte de las secciones de sobreebanco con el extendido del material al pie de los taludes; y afinamiento de toda la sección.

El agua empleada en las compactaciones se pagará al precio que se haya pactado en el contrato para el metro cúbico. Este precio unitario incluirá lo que corresponda por: extracción; carga a los vehículos de transporte; acarreo libre; aplicación; y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte, durante las cargas y las descargas.

La compactación del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes, y de la cama de los cortes en que no se haya ordenado excavación adicional, por unidad de obra terminada, se pagará al precio que en el contrato se haya convenido para el metro cúbico compactado y para el grado de compactación indicado. Estos precios unitarios incluirán lo que corresponda por: escarificación; extendido del material; permisos de explotación de bancos de agua, extracción, carga, acarreo a cualquier distancia, aplicación e incorporación del agua necesaria para la compactación; compactación hasta obtener el grado fijado y/o el ordenado; y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte, durante las cargas y las descargas.

## CONTROL DE CALIDAD DE LAS OBRAS.

### OPERACION Y MANTENIMIENTO DE UN CAMINO CONSTRUIDO.

Para simplificar en gran parte el mantenimiento de un camino y aumentar la vida del mismo, es necesario que cuando se está construyendo la parte final de éste se cuide mucho las pendientes gobernadas longitudinalmente y -- transversalmente como son el bombeo en los tramos rectos -- y la sobre elevación en el trazo de curvas.

Así también se debe de cuidar que las cunetas tengan la sección adecuada para desalojar rápidamente el -- agua de las lluvias.

De la misma manera se debe de cuidar mucho el trazo de las contracunetas ya que estas alivian a las cunetas del volumen que escurrirá a las mismas.

Es necesario también que no se descuide la colocación de los lavaderos en toda la longitud del camino y para esto se necesita una localización precisa con el objeto de que no existan o produzcan encharcamientos en la superficie de rodamiento del camino.

Para el mantenimiento del camino es necesario constantemente estar efectuando recorridos para la revisión -- del tramo por conservar, estos recorridos conviene efectuarlos periódicamente de acuerdo con la vida que tiene -- el camino.

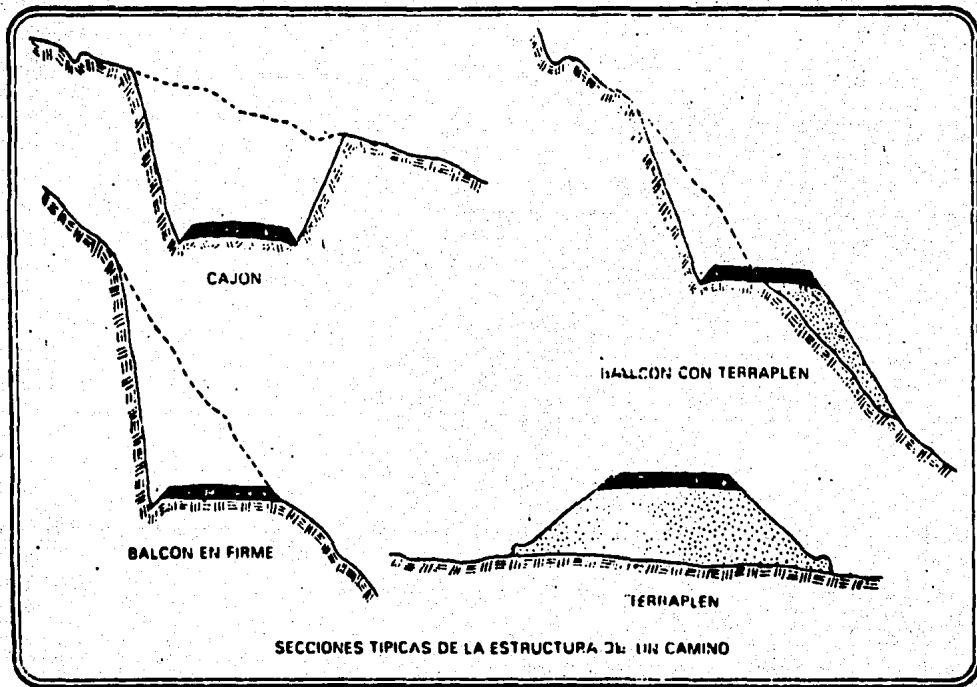
Generalmente se avejeta el asfalto y el tránsito -- lo afecta produciéndose baches y calabereos los cuales -- hay que resanarlos lo más rápido posible para que estos -- no aumenten en sus dimensiones, usualmente se lleva de la

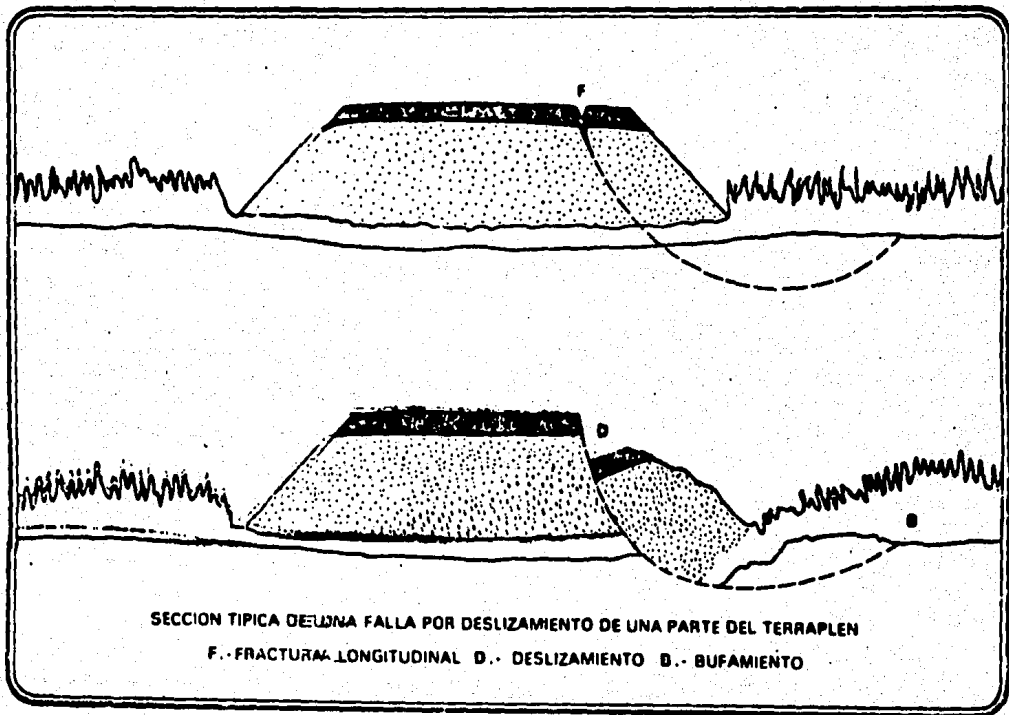
residencia mezcla preparada para efectuar los resanes.

Cuando el tramo tenga un año o dos de construcción y aumente su tránsito se observa que se empieza a romper o a desgastar la superficie de rodamiento, esto es por resequeidad del asfalto, por desaparición del riego de sello debido al exceso de tránsito. En este caso lo recomendable es dar un riego de alivio con asfalto  $\text{TR}_3$  a razón de 0.5 litros por metro cuadrado aproximadamente, dejando lo 72 horas para que se penetre y posteriormente aplicar un riego de sello con material 3-A en todo el subtramo a razón de 0.75 litros de asfalto y de 8-10 litros de material pétreo por metro cuadrado.

Una vez aplicado el material de sello debe de fijarse con la plancha de peso adecuado por lo menos una serie de pasadas hasta el tercer día después de aplicado el material en las horas del día en que la temperatura sea mayor.







**DESVERBE DE TALUDES:**

Es conveniente desyerbar como medida de prevención para evitar accidentes en el camino.

También como modo de evitar la intromisión de raíces que afectan las capas del pavimento como son las terracerías, bases y sub-base.

Cuando es muy fuerte la vegetación se emplean yerbicidas, chapoleadoras o personas con las herramientas -- adecuadas.

**DESASOLVES DE CUNETAS:**

Constantemente se debe retirar el material depositado por las lluvias, la erosión etc.

**LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS:**

Se debe hacer regularmente, ya que por lo general las aguas arrastran material que se depositan en las alcantarillas y originan que estas desvían las aguas y afectan los taludes de los aproches del cuerpo del camino.

**CONSERVACION DE CONTRACUNETAS:**

Inicialmente se dejan de un ancho y profundidad -- adecuada tomando en consideración la climatología del lugar.

**PROTECCION A LOS TALUDES:**

*Cubriendolos con mezclas estabilizadoras.*

*Sembrarles pasto.*

*Es conveniente conocer la formación o ubicación de los lavaderos para que escurra el agua que cae en la superficie de rodamiento.*

## LA GEOTECNIA EN EL DISEÑO DE CIMENTACIÓN.

### CIMENTACIONES .- GENERALIDADES .

Los estudios geotécnicos para el proyecto de cimentaciones pueden ser muy sencillos y bastar con un reconocimiento de campo, o bien pueden ser complejos y requerir de investigaciones a través de geofísica, perforaciones o túneles.

Para proyectar con seguridad una cimentación se requiere conocer del sitio señalado: la clase de roca o de suelo que aflora, sus características y sus condiciones; la columna estratigráfica hasta la profundidad a que las cargas podrán afectar el terreno y el funcionamiento de las aguas superficiales y subterráneas.

En general es indispensable conocer el perfil estratigráfico del terreno, lo cual a veces puede hacerse por medio de una inspección de campo, pero que normalmente requiere la realización de sondeos de exploración. En algunos casos puede bastar con conocer la columna geológica de uno o dos pozos perforados en puntos estratégicos dentro del área de construcción. En el perfil se señala con una línea el llamado "nivel de desplante" hasta donde se proyecta excavar para apoyar directamente la cimentación, o bien el nivel de apoyo de las puntas de los pilotes -- cuando se requiere pilotear.

El proyecto de una cimentación comprende dos aspectos:

- 1.- *Excavación.*- *Determinación de procedimientos, profundidad, taludes, refuerzos, eliminación de agua si va a encontrarse y precauciones especiales.*
- 2.- *Desplante.*- *Tipo de cimentación apropiada, forma y material del apoyo y protección requerida.*

Los estudios de cimentaciones frecuentemente requieren de la intervención de ciencias aplicadas como son la Mecánica de Rocas y Mecánica de Suelos. El objeto de estas ciencias aplicadas es estudiar el comportamiento mecánico de las rocas y los suelos bajo la acción de cargas transmitidas a ellas por las obras de ingeniería.

C. I. D. I.  
CENTRO DE INVESTIGACION PARA  
EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Guadalajara, Jal. 1979.

INMOBILIARIA A. B. S. A.  
P R E S E N T É .

Estamos presentando a ustedes los resultados del -  
Estudio de Mecánica de Suelos realizado en el predio loca-  
lizado en Av. 16 de Septiembre casi esquina con Av. La Paz  
en esta ciudad de Guadalajara.

A N T E C E D E N T E S

Se practicaron tres sondeos, con perforadora meca-  
nica de 4" de diámetro, hasta la profundidad de 4.00 mts.;  
después se siguió el sondeo con el equipo de penetración-  
hasta una profundidad de 4.00 mts. con respecto al nivel-  
de la banquetta de la Av. 16 de Septiembre, se adjunta cro-  
quis de localización de los sondeos realizados, así como  
las elevaciones de las superficies en los lugares donde -  
se practicaron los sondeos, con respecto al nivel de ban-  
queta. Dentro del predio, se localizaron tres pozos a --  
cielo abierto, con profundidades variables entre 4.00 y -  
6.60 mts. En el terreno existe superficialmente un estru-  
to de material de relleno reciente de espesor variable de  
1.00 hasta 2.10 mts., continuando bajo esta capa el terre

no natural, formado por materiales consistentes en arenas volcánicas pumíticas cuyo color y granulometría varían -- desde el blanco hasta el amarillento y gris, desde finas hasta gruesas. Se observan estratificaciones bien marcadas correspondientes a diversos períodos de actividad piroclástica y de transporte alreo. Entre las capas arenosas, se encontraron algunas intercalaciones de estratoslimosos de origen aluvial.

A una profundidad de 5.50 mts. se encontró un limo arcilloso negro, ligeramente plástico y de origen orgánico, de coloración oscura. Bajo esta capa continúan las arenas pumíticas hasta la profundidad de 9.00 mts. donde se localizó un material arcilloarenoso de color café rojizo de consistencia dura, la cual debe ser producto de la alteración de la roca. En el sondeo 1, se logró detectar a la profundidad de 12.00 mts. una roca lítica de consistencia dura muy compacta; se trata probablemente de una corriente lávica muy fluida, conteniendo xenolitos con apariencia de brecha, no se logró determinar su espesor con el equipo de penetración, debido a su elevada dureza (125 golpes). Se anexan cortes Estratigráficos de los sondeos practicados.

#### PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO

Se realizó la Prueba de Penetración Standard, con - muestreador partido de 35 mm. y martinete de 64 Kgs. para determinar los diagramas de Consistencia Relativa, se extrajeron muestras alteradas e inalteradas, para su análisis en Laboratorio, obteniéndose las propiedades físicas y mecánicas de los materiales estudiados, tales como: Pesos Volumétricos, Granulometrías, Densidades, Límites de



Consistencia, Humedades, Angulo de Fricción Interna, Esfuerzo de Compresión, Compacidades Relativas, Etc. Se adjuntan los resultados de las pruebas realizadas.

Las compacidades relativas, determinadas con la prueba de Penetración Standard, muestran que los materiales estudiados resultaron con consistencias desde sueltas en los primeros 4.00 mts. hasta muy compactos, ya que los valores de N (número de golpes para que el muestreador penetre 30 cms.) fueron de 7 a 125 golpes, manteniéndose a las profundidades de 6 a más mts., valores de 20, lo que confirma que las compacidades relativas son mayores del 50%. Estas nos indican que los materiales se encuentran en estado normalmente consolidado; las granulometrías de las arenas pumíticas varían de gruesas a finas, los coeficientes de uniformidad son mayores de 5, las porosidades menores de 40%, por lo que estos materiales no presentan una tendencia definitiva a tomar un estado de "licuación" bajo cargas accidentales de sismos, aunque deben tomarse en cuenta en el Diseño de la Cimentación. El ángulo de fricción de las arenas está comprendido dentro de valores de 28 a 36°, dado que el esfuerzo cortante y su consistencia varían conforme se alojan los estratos a profundidades mayores. Los materiales alojados entre 8 y 10 mts. de los sondeos practicados, se identifican como cohesivos, por lo tanto su compresibilidad es baja o nula, adn, de encontrarse con grados de Saturación altos. El material arcilloso arenoso localizado entre 10 y 12 mts. de profundidad, tiene un espesor medio de 1.50 mts., apoyado sobre la roca ígnea, su grado de saturación es de 100%, por lo que se deduce que forma el estrato impermeable, dado que se encuentra por abajo del nivel freático; el Índice de Compresión de estas arcillas es de:  $CC = 0.1665$ ,

su Índice de Liquidez es cercano a cero por lo que es indicativo que esta arcilla está preconsolidada, su expansión es nula, el esfuerzo de compresión en estado natural resultó de  $4.8 \text{ Kg/cm}^2$ , su ángulo de fricción interna es de  $14^\circ$ , y su módulo de compresibilidad es de:  $m_v = 0.05 \text{ cm}^2/\text{kg}$ .

### CONCLUSIONES

La capacidad de carga de terreno según la teoría de Terzaghi Meyerhof, considerando los asentamientos producidos en los estratos bajo la cimentación con la distribución de sobrecarga, tomados de la ecuación de Boussinesq, para asentamientos diferenciales menores de 2.0 cms. de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas de los materiales estudiados, deberán ser para los diferentes valores de B (ancho del cimiento) y un coeficiente de seguridad de 3, los indicados en la tabla siguiente:

### CAPACIDAD DE CARGA

Ton./M<sup>2</sup> para Anchos Diferentes

PROFUNDIDAD	ANCHO MTS			ASENTAMIENTO CMS.
	2	4	5	
5.00 mts.	18 T/m <sup>2</sup>	20 T/m <sup>2</sup>	23 T/m <sup>2</sup>	menor de 1.5
6.00 "	35 "	36 "	36 "	" " "
7.00 "	36 "	36 "	36 "	" " "
8.00 "	34 "	34 "	34 "	" " "
10.00 "	33 "	40 "	42 "	" " "

La cimentación podrá proyectarse por ampliación de

Base, considerando las capacidades de carga propuestas, - el desplante conveniente deberá ser a una profundidad de 6.00 mts., o más, dado que en los estratos superiores, se encontró una inestabilidad del Terreno para soportar grandes cargas como las que se transmitirán con la estructura proyectada. En el Diseño de la cimentación deberá tomarse en cuenta los efectos producidos por sismos, dado que la zona se considera de alta sismicidad, ligando las zapatas y considerando asentamientos diferenciales de 2.0 - - cms. para el Diseño de Contratrabes. A la profundidad entre los 8 y 10 cms. se encontró un limo-arenoso de consistencia suelta, lo que limita la capacidad de carga de los estratos superiores, por lo que de acuerdo a la distribución de presiones que se generan en este estrato, se determinaron las capacidades propuestas: (Las capacidades de carga a profundidades mayores de los 10.00 Mts., ya cercanas a la roca, definitivamente serán del orden de 60 Ton./M<sup>2</sup>, dada la dureza del material muestreado, debiendo realizarse un estudio posterior de Mecánica de Rocas para su confirmación).

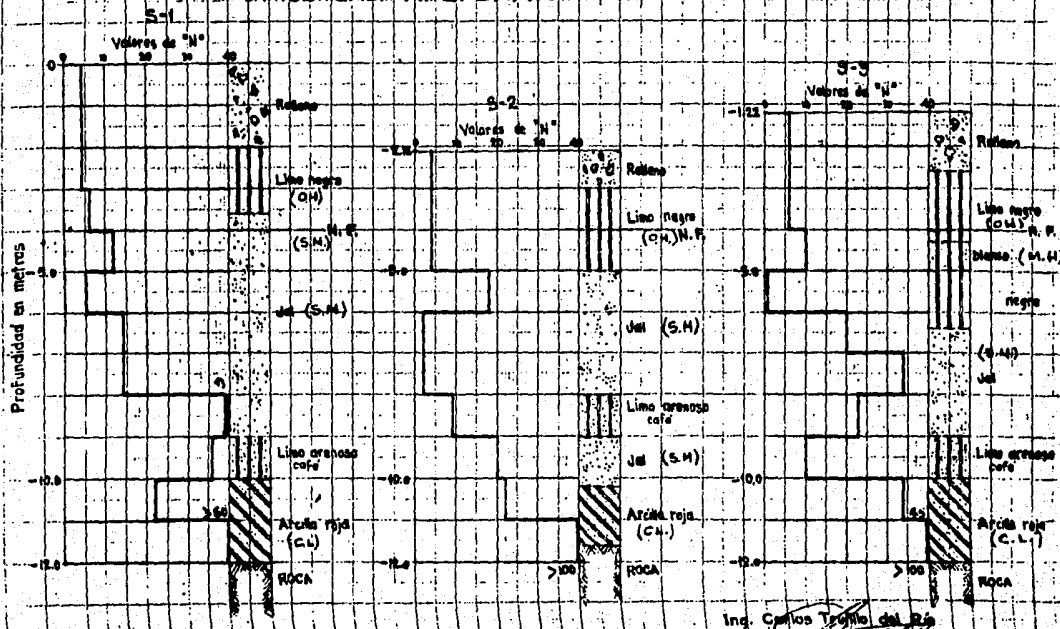
A T E N T A M E N T E

Director del C.I.D.I.

# CORTES ESTRATIGRAFICOS Y DIAGRAMAS DE CONSISTENCIAS

Estudio de MECANICA DE SUELOS : Av. 16 de Sept. s/n casi esq. Av. La Paz

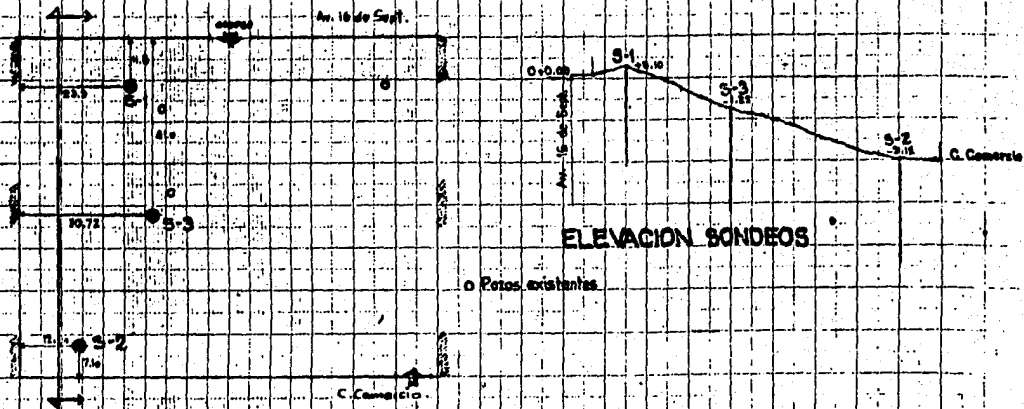
Inmobiliaria A. B. S. A.



# CROQUIS DE LOCALIZACION DE SONDOS

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS: Av. 16 de Septiembre 5/4 casi esq. Av. La Paz.

Inmobiliaria A. B. S. A.



ELEVACION SONDOS

LOCALIZACION SONDOS

Ing. Carlos Trujillo del Real

## ANALISIS DE COSTO PARA VIAS TERRESTRES.

DETERMINACION DE PESOS MAXIMOS EN EL TERRAPLEN DE LA TERRACERIA CUYA ALTURA EN PROMEDIO ES DE 85 cms.

Se compactaron en capas de 21 cms., se efectuaron determinaciones cada 100 mts. con pruebas de compactación - en las tres fajas del camino (derecha, centro, izquierdo), en la longitud total del tramo.

Para la primera capa 150 sondeos, 2 pesos máximos por cada 500 mts.; siendo 20 pesos máximos en los 5 Km.

El total de pruebas de compactación en el terraplén -- fueron 600 sondeos.

El total de pesos máximos de las cuatro capas de terracerías fueron 80 pesos máximos.

Precio unitario por sondeo para compactación por prueba	\$ 1,000
Total sondeos	\$150,000
Precio máximo por precio máximo de terracería	\$ 2,500
Total pesos máximos.	\$200,000

PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL MAT. DE SUB-BASE  
500 mts. siendo 50 determinaciones.

Precio unitario por determinación	\$ 10,000
Precio total de las determinaciones	\$ 200,000

CAPA BASE.

Se realizó en la capa de base pruebas de compactación a lo largo de la faja del camino (lado derecho, centro, izquierdo) a cada 100 mts. con un total de 150 sondeos.

Precio unitario por sondeo para compactación de base.	\$ 1,300
Precio total por sondeos control de calidad	\$ 195,000
Riego de Impregnación.	\$ 200,000

Análisis de asfalto para riego de impregnación en 10 muestras obtenidas de los pozos de almacenamiento.

Precio unitario por análisis de una muestra.	\$ 10,000
Precio total de análisis.	\$ 100,000

Control de calidad para la construcción de la carpeta mezclada en planta.

Se analizaron 6 determinaciones de calidad en el aspecto # 6.

Precio unitario por determinación	\$ 5,000
Precio total	\$ 30,000

## CAPA SUBRASANTE.

Esta capa será de 30 cms. compactos por especificación, de acuerdo con nuestro estudio.

Se efectuaron sondeos a/c 100 mts. de la faja del camino (derecho, centro, izquierdo) siendo un total de 150 sondeos.

Precio unitario por sondeo para compactación de subrasante.	\$ 1,250
Precio total por sondeos	<u>\$ 187,500</u>

## ESTUDIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA TERRACERIA DEL MAT. - EXTRAIDO DEL BANCO.

Se efectuaron 4 sondeos en cada banco (La Mina y Los Conejos)

Precio unitario por sondeo	\$ 15,000
Precio total de los sondeos en ambos bancos	<u>\$ 120,000</u>

## CAPA SUB-BASE

Se efectuaron pruebas de compactación en la faja del camino a cada 100 mts., para obtener 15 cms. de espesor compactos, siendo un total de 150 sondeos.

Precio unitario por sondeo, para compactación de sub-base.	\$ 1,300
Precio total por sondeo	<u>\$ 195,000</u>



## ANALISIS DE COSTO PARA CIMENTACIONES.

## 1. Sondeos

	Importe
1.1 Muestra con P.S. hasta 10 mts.	\$ 8,000 Mt.
1.2 " " " 10-20 mts.	\$ 10,000 Mt.
1.3 " " tubo Shelby hasta 10	\$ 9,000 Mt.
1.4 " " " " 10-20	\$ 12,000 Mt.
1.5 Excavación y muestreo inalterado en P. A. C. hasta 3 mts.	\$ 4,000 Mt.
1.6 Perforación en roca con corona de diamante hasta 10 mts.	\$ 13,000 Mt.
1.7 Resistencia al esfuerzo cortante (Veleta) a 3 mts.	\$ 3,000 Mt.
Incremento por cada 0.20	\$ 800 Mt.

## 2.- Ensaye de Mecánica de suelos.

2.1 Humedad	900
2.2 Límites de Consistencia	1800
2.3 Contracción Lineal	800
2.4 Granulometrías con mallas	1800
2.5 " por lavado	1900
2.6 " con hidrometro	5000
2.7 Densidades	1500
2.8 Compresión axial no confinada c/u	8,000
2.9 Triaxial rápida (3 probetas)	13,000
2.10 Consolidación Standard 3 incrementos	16,000
2.11 Proctos Sianaard	3,000
2.12 " Modificado	3,000
2.13 Proctor	3,000
2.14 V.R.S.	3,500

## 5 Concreto Hidráulico.

5.1	Pesos Volumétricos	2,000
5.2	Densidad y Absorción	3,000
5.3	Granulometrias grava o arena	3,000
5.4	Contenido de M. U.	2,000
5.5	Desgaste Los Angeles	6,000
5.6	Proporcionamiento con 4 ensayos	16,000
5.7	Muestreo y prueba de cilindros	15,000
5.8	Corazones de 4" y 30 cms. s/varilla	10,000
5.9	Corazones de 4" y 30 cms. c/varilla	15,000
5.10	Pruebas con esclerometro	2,000

Control de temperatura de la mezcla asfáltica a la salida de la planta y a la hora del tendido, durante el turno de tiempo y medio.

Precio unitario por día, para dos laboratoristas \$ 15,000

Tendido por día 250 mts. para 20 días hábiles de operación.

\$300,000

#### CONTROL DE CALIDAD:

Granulometría.

#### MASHALL.

Contenido óptimo de asfalto, 3 muestras diarias a \$ 10,000/muestra.

Precio total de contenido óptimo.

\$ 30,000

Para 20 días de control de calidad total

\$600,000

#### RIEGO DE SELLO.

Control granulométrico del material de sello tomándose 3 metros por tramo de 500 mts. alcanzando un total de 30 metros en toda su longitud, siendo el precio unitario de \$ 5,000 p/muestra nos arroja un costo total \$ 150,000

#### RIEGO DE LIGA.

Riego de transición entre la base y la carpeta.

Estudio de 10 metros de asfalto FK-3.

Precio unitario por muestra

\$ 10,000

Precio total

\$ 100,000

## CONCLUSIONES

Evidentemente, las normas más selectas del proyecto y la construcción más ambiciosa y costosa no bastan -- para garantizar la existencia de una obra de ingeniería -- dtil, económica y duradera.

Entre el proyecto y la obra o entre la construcción y la obra existe todo un conjunto de pasos y criterios -- que será preciso garantizar para llegar a un buen resultado.

Un criterio simple podría expresar este nexo como la simple necesidad de hacer las cosas "bien", pero evidentemente esto no basta.

Un conjunto de cosas bien hechas, cada una bien concebida individualmente y bien ejecutada puede llevar a un proceso inconveniente.

Controlar idealmente cada paso conduce a un perfeccionismo rígido, incompatible con las realidades de la -- construcción pesada. Definir los puntos vitales y ejercer en ellos una vigilancia razonable y científica, ese -- parece ser el secreto de un control exitoso.

El grado de perfección o cuidado con que se ejecute cada acción podrá y deberá ser diferente; en algunas, -- casi se admitirá el descuido o la improvisación, con tal -- de obtener en otras la plena garantía de una calidad que conduzca a la del conjunto.

El control de calidad de las obras de ingeniería -- se ha convertido hoy en una compleja ciencia; no hay duda

que constituye por sí un nuevo campo con su propia metodología y con criterios específicos y privados.

Muchas veces ocurre que algunos ingenieros, incluso con alta responsabilidad, están poco dispuestos a comprender el papel fundamental de las ciencias geotécnicas en el proyecto, la construcción y la conservación de una obra; como consecuencia se limita su intervención a los alcances de sus mandatos en función de una supuesta (nunca real) ganancia en costo o en ejecución.

Pero podría bastar a esos escépticos el meditar sobre la composición de lo que actualmente se considera un laboratorio para control de calidad de obra, en este campo. Se verá entonces que ese laboratorio es básicamente un laboratorio de Mecánica de Suelos y Mecánica de Rocas; esta última aún no figura mucho, lo que constituye una limitación de las unidades de control.

Esto equivale al reconocimiento explícito de que en esas disciplinas descansa lo esencial para garantizar el éxito o el fracaso de una obra.

Un aspecto importante en la planeación y ejecución de un buen programa de control es la definición previa -- del nivel de calidad requerido en la construcción. Este nivel en una forma simple podría definirse planteando tres preguntas fundamentales:

- Qué se desea.
- Cómo puede ordenarse y programarse las actividades que conduzcan al logro de tal deseo.
- Cómo determinar que se ha alcanzado lo que se deseaba.

Constituye una afirmación poco discutible el hecho de que las grandes instituciones de proyecto y construcción tienen normas de control uniformes para todas sus obras, cuando la lógica y la búsqueda de lo esencial aconsejan evidentemente establecer normas de control de calidad y metas por conseguir diferentes para las distintas obras, diversas en sus características, riesgos e importancia.

En los resúmenes de obras que se presentan se llevó un adecuado control de calidad, que empezó desde la exploración en el campo hasta la realización de las diversas pruebas de control de calidad realizadas en el laboratorio de Mecánica de Suelos donde se garantizó que los materiales empleados son de calidad aceptable.

También cumplen estos materiales con un conjunto de especificaciones marcadas por la S.C.T. que contienen las tolerancias apropiadas para tales construcciones.

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

1. Mecánica de Suelos. Tomos I, II.  
Autor: Juárez Badillo - Rico Rodríguez
- 2.- La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres  
Tomos I, II.  
Autor: Alfonso Rico y Hermilo del Castillo
3. Geología para Ingenieros.  
Autor: Joseph N. Tregethen
- 4.- Ensayo de Inspección de Materiales en Ingeniería.  
Autor: Dave-Troxel-Wiskocil
- 5.- Geología Aplicada  
Autor: Ing. Geólogo Juan B. Puig de la Parra
- 6.- Mecánica de Suelos en la Ing. Práctica.  
Autor: Karl-Terzaghi - Ralph B. Peck.
- 7.- Especificaciones de la SAHOP.  
Tomos: II, III, V, VIII, IX, X, XI.