



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

"RECOMENDACIONES BÁSICAS A LAS PRUEBAS DE LABORATORIO
DE CAMPO APLICADAS A PAVIMENTOS EN VÍAS TERRESTRES"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

JOSE NORBERTO ESTRADA GUERRERO

DIRECTOR DE TESIS: ING. GILBERTO GARCÍA SANTAMARÍA GONZÁLEZ



MÉXICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

JULIO 2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERÍA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

JOSÉ NORBERTO ESTRADA GUERRERO
P R E S E N T E.

En contestación a la solicitud de fecha 30 de agosto del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. GILBERTO GARCÍA SANTAMARÍA GONZÁLEZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado "RECOMENDACIONES BÁSICAS A LAS PRUEBAS DE LABORATORIO DE CAMPO APLICADAS A PAVIMENTOS EN VÍAS TERRESTRES", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento: me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 19 de noviembre del 2001
LA DIRECTORA

L. Turcott González

ARG. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



GP

- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.
- C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/11a.

X

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

RECOMENDACIONES BÁSICAS A LAS PRUEBAS DE LABORATORIO DE CAMPO APLICADAS A PAVIMENTOS EN VÍAS TERRESTRES.

Introducción

I.- Identificación y clasificación de suelos

**II.- Pruebas de laboratorio aplicadas a subbases
y bases**

III.- Concreto hidráulico

IV.- Asfaltos

Conclusiones

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Índice.....	1
Introducción	3
Objetivo	4

CAPITULO I

CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS

1.1 Clasificación de suelos.....	5
1.2 Suelos gruesos	5
1.3 Suelos finos	7
1.4 Identificación de suelos	10
1.5 Dilatancia	10
1.6 Tenacidad	11
1.7 Resistencia en estado seco	11

CAPITULO II

PRUEBAS DE LABORATORIO APLICADAS A SUBBASES Y BASES

II.1 Muestreo.....	16
II.2 Muestras Inalteradas.....	17
II.3 Muestras Alteradas.....	19
II.4 Procedimiento de secado.....	20
II.5 Procedimiento de disgregación.....	21
II.6 Cuarteo Manual.....	23
II.7 Cuarteo mecánico.....	25
II.8 Determinación del contenido de humedad.....	26
II.9 Limite liquido.....	28
II.10 Limite plástico.....	34
II.11 Índice plástico.....	35
II.12 Análisis granulométrico.....	38
II.13 Análisis con lavado.....	42
II.14 Prueba de compactación Próctor AASHTO estándar.....	45
II.15 Determinación del grado de compactación.....	52

CAPITULO III
CONCRETO HIDRÁULICO

III.1 Muestreo del concreto fresco.....	58
III.2 Prueba de revenimiento.....	60
III.3 Elaboración de probetas cilíndricas.....	65
III.4 Cabeceo de especímenes cilíndricos de concreto.....	70
III.5 Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.....	73
III.6 Elaboración de vigas de concreto.....	77
III.7 Prueba de contenido de aire por el método de presión.....	79
III.8 Masa unitaria.....	81
III.9 Índice de rebote del concreto usando esclerómetro.....	83

CAPITULO IV

ASFALTOS

IV.1 Muestreo.....	86
IV.2 Elaboración de pastillas Marshall en campo.....	87
IV.3 Prueba de permeabilidad. Método del aro y el cono.....	91
IV.4 Extracción de corazones con máquina perforadora.....	94
IV.5 Muestreo en riegos asfálticos.....	98
Conclusiones.....	101
Bibliografía.....	103

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En este trabajo trataremos de aprender y entender que en la disciplina de la Ingeniería tendremos ventajas y desventajas en tener un laboratorio de campo en una obra.

Las ventajas que podríamos tener es la obtención de resultados en un tiempo mínimo, tratándose de terracerías, es decir, verificar que la calidad de los materiales de proyecto cumplen con las especificaciones en campo.

En el concreto se aplican varias pruebas para conocer las propiedades del concreto fresco y endurecido.

Las desventajas que tendremos si no contamos con un laboratorio en campo es que no sabremos exactamente el aseguramiento de la calidad de los materiales y que cumplan con nuestras expectativas como constructor y además de que el proyecto no es tan confiable si no se realiza ninguna prueba de laboratorio.

Durante la construcción de una vía terrestre, es necesario conocer la calidad de los materiales que vamos a utilizar en dicha obra por lo que analizaremos mediante algunas pruebas de laboratorio para que nos sirvan y por que se emplean, esto nos indica tener un alto nivel en calidad durante la construcción de la obra.

Las pruebas de laboratorio que se describen en este trabajo cumplen con las normas mexicanas que rigen actualmente y se dan algunas recomendaciones para llevar a cabo los procedimientos de cada una de las pruebas más importantes y que son más comunes realizarlas.

OBJETIVO

Establecer las recomendaciones mínimas para el aseguramiento de calidad y confiabilidad en la realización de pruebas para laboratorio de campo aplicadas a pavimentos en vías terrestres.

CAPITULO I

IDENTIFICACIÓN

Y

CLASIFICACIÓN

DE

SUELOS

CAPITULO 1

1.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Este sistema se clasifica en suelos gruesos y suelos finos , distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si el más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino si mas de la mitad de su peso son finas.

1.2 SUELOS GRUESOS

- a) gravas G (gravel)
- b) arenas S (sand)

Las gravas y las arenas se separan de la malla No 4. Si pasa mas del 50% de suelo, entonces son gravas G ; de la fracción gruesa (retenida en la malla 200) y no pasa la malla No. 4. Y es arena S si pasa más del 50% en la malla No. 4.

Las gravas y las arenas se dividen en cuatro tipos:

- 1.- Material limpio y bien graduados W. (well graded)

En combinación formaría el grupo GW y SW

Estos suelos son bien graduados y pocos finos, además de que no deben cambiar sus características ni su resistencia.

2.- Material limpio pero mal graduado P (*poorly graded*)

En combinación formaría el grupo GP y SP

Suelos mal graduados que les faltan algunos intermedios que tienen o mas gruesos o mas finos.

3.- Material con cantidad de finos no plásticos M

En combinación formaría el grupo GM y SM.

En este grupo el contenido de finos afecta las características de su resistencia y esfuerzo-deformación., y sus finos deben ser mayor a 12% en peso. La plasticidad de sus finos varia entre nula y media, es decir que sus limites de plasticidad localicen a la fracción que pase la malla No. 40 abajo de la línea A, o que su Índice de plasticidad sea menor que 4.

4.- Material con gran cantidad de finos plásticos C (*Clay*)

En combinación formaría el grupo GC y SC.

Sus finos deben ser mayor a 12% en peso y deben estar de media a alta plasticidad y los limites de plasticidad sitúen a la fracción que pase a la malla No. 40 sobre la línea A y su índice de plasticidad sea mayor que 7.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3 SUELOS FINOS

En este grupo se utilizan términos iguales que para suelos gruesos y se dividen en:

a) Limos inorgánicos M (del sueco mo y mjala)

El grupo ML comprendida bajo la línea A y su $LL < 50\%$ y la porción sobre la línea A con $I_p < 4$. Y el grupo MH comprendida bajo la línea A, y su $LL > 50\%$. Los limos inorgánicos y polvo de roca, con $LL < 30\%$, se localizan en el grupo ML. Los depósitos eólicos, del tipo del Loess, con $25\% < LL < 35\%$ caen en el grupo ML.

Dentro de este grupo entran también las arcillas del tipo caolín, derivados de los feldespatos de rocas graníticas.

b) Arcillas inorgánicas C (Clay)

Las arcillas inorgánicas se encuentran sobre la línea A, pertenecen al grupo CL y $LL < 50\%$ e $I_p > 7\%$.

El grupo CH corresponde a la zona de arriba de la línea A y su $LL > 50\%$. Las arcillas formadas por descomposición química de cenizas volcánicas pertenecen al grupo CH.

c) Limos y arcillas orgánicas O (organic)

Las zonas OL y OH que pertenecen a este grupo son las mismas que la de los grupos ML y MH. y se encuentran cerca de la línea A.

Los suelos altamente orgánicos, muy fibrosos, turbosos y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente Pt (del inglés peat, turba) y su LL suele estar entre 300 y 500% abajo de la línea A y el índice plástico varía entre 100 y 200%.

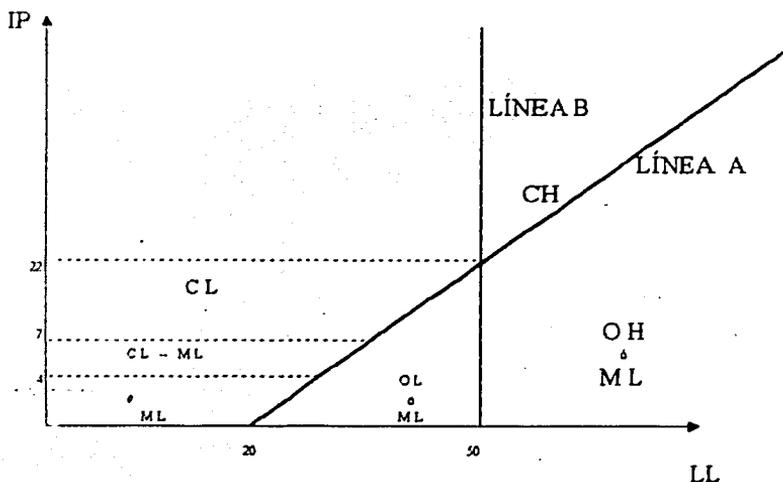
En el caso de los suelos gruesos, cuando un material fino no cae claramente en uno de los grupos, se usarán para el símbolos grandes de la frontera.

El uso principal de la carta de plasticidad (Tabla 1.3.1) es situar un suelo que sea desconocido, por medio de su plasticidad, el cual colocaremos en un grupo definido para conocer sus características mecánicas e hidráulicas y así analizaremos al suelo para poder clasificar al suelo en observación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CARTA DE PLASTICIDAD

Las propiedades físicas en un suelo fino se pueden ubicar aproximadamente en la carta de plasticidad, además de que la experiencia es de suma importancia por la facilidad de poder clasificar un suelo y de ser así, podemos saber cuales son realmente sus características del suelo.



1.3.1 CARTA DE PLASTICIDAD

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.4 IDENTIFICACIÓN DE SUELOS

Cualitativamente la identificación permite conocer las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo para saber a que grupo pertenece.

Para identificación de campo de suelos gruesos se puede hacer ya sea visualmente y en forma aproximada a su graduación, tamaño de partículas, composición mineralógica y su forma; y para distinguir las gravas de las arenas podemos hacer referencia la malla No. 4. y para los finos la malla No. 200.

Para identificación de campo de suelos finos se puede hacer mediante sus características de dilatancia, tenacidad y resistencia en estado seco; en suelos orgánicos podemos identificar a un suelo también por su color y olor.

1.5 DILATANCIA

Tomaremos material que pasa la malla 40. y se prepara una pastilla con el contenido de agua necesario para que el suelo adquiriera una consistencia suave, pero no pegajosa, se agita alternativamente en la mano y se golpea contra la otra mano. Una reacción positiva es cuando se aparece agua en su superficie y cambia hasta que da una apariencia de hígado y se vuelve lustrosa, cuando la masilla se oprime entre los dedos, el agua y el lustre desaparecen de la superficie y se vuelve tiesa hasta que se agrieta o se desmorona, la aparición de agua y desaparición de ésta nos sirve para identificar los finos de un suelo.

1.6 TENACIDAD

El material que utilizaremos pasa por la malla 40, y si el suelo está muy seco se debe agregar agua, hasta que se forma un rollito de unos 3 mm de diámetro aproximadamente y cuando se está amasando vemos como aumenta su rigidez, a medida que el suelo se acerca al límite plástico, cuando se sobrepasa del límite plástico se parten, después se vuelven a unir y se amasan entre los dedos hasta que se desmoronan, y el agrietamiento del rollito, se dice que es tenacidad baja, media o alta.

1.7 RESISTENCIA EN ESTADO SECO

Se toma el material que pasa la malla 40, y se moldea un espécimen de 40 mm. de diámetro y 10 mm. de espesor, y se le agrega agua si es necesario, hasta formar una masilla. Se deja secar en un horno hasta que se encuentre totalmente seca, después se rompe y se desmorona con los dedos, si al romper la pastilla se observa contenido de agua se secan los fragmentos y se rompen y se desmorona. La resistencia en estado seco aumenta con la plasticidad y la consideramos como nula, ligera media, alta o muy baja.

SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS	GRAVAS	MENOS DEL 5% RESPECTO AL TOTAL	AMPLIO RANGO EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	GW	GRAVAS BIEN GRADUADAS. MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA, POCO O NADA DE FINOS
		MAS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA SE RETIENE EN LA MALLA NUM 4 75	PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN RANGU DE TAMAÑOS CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA, POCO O NADA DE FINOS
		MAS DEL 12% RESPECTO AL TOTAL	FRACCIÓN FINA PLÁSTICA (PARA IDENTIFICACIÓN VÉASE GRUPO ML	GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA ARENA Y LIMO, MAL GRADUADAS
		PASA LA MALLA NUM 0 075	FRACCIÓN FINA PLÁSTICA (PARA IDENTIFICACIÓN VÉASE GRUPO CL	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA
	ARENAS	MENOS DEL 5% RESPECTO AL TOTAL	AMPLIO RANGO EN LOS TAMAÑOS DE PARTÍCULAS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA POCO O NADA DE FINOS
		MAS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA NUM 4 75	PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN RANGU DE TAMAÑOS CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, POCO O NADA DE FINOS
		MAS DEL 12% RESPECTO AL TOTAL	FRACCIÓN FINA NG PLÁSTICA (PARA IDENTIFICACIÓN VÉASE GRUPO ML	SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO
		PASA LA MALLA NUM 0 075	FRACCIÓN FINA PLÁSTICA (PARA IDENTIFICACIÓN VEASE GRUPO CL)	SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA

TABLA 111 CLASIFICACIÓN APROXIMADA DE SUELOS GRUESOS EN CAMPO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS	IDENTIFICACION EN LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA NUM 0 425			RESISTENCIA EN ESTADO SECO		
	DILATANCIA	TENACIDAD				
MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA MALLA NUM 0 075	LIMOS	RÁPIDA A LENTA	NULA	NULA A LIGERA	ML	LIMOS INORGÁNICOS Y ARENAS MUY FINAS POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLOSAS LIGERAMENTE PLÁSTICAS
		NULA A MUY LENTA	MEDIA	MEDIA A ALTA	CL	ARCILLAS INORGÁNICAS DE BAJA O MEDIANA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA ARCILLA ARENOSA O LIMOSA
		LENTA	LIGERA	LIGERA A MEDIA	OL	LIMOS ORGÁNICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD
		LENTA A NUJA	LIGERA A MEDIA	LIGERA A MEDIA	MH	LIMOS INORGÁNICOS DE ALTA COMPRESIBILIDAD LIMOS MICACEOS O DIATOMACEOS, LIMO PLÁSTICO
	ARCILLAS	NUJA	MEDIA	ALTA A MUY ALTA	CH	ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD
		NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	MEDIA A ALTA	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIANA A ALTA PLASTICIDAD LIMOS ORGÁNICOS DE MEDIANA PLASTICIDAD
		FÁCILMENTE IDENTIFICABLE POR POR SU COLOR, OLOP, SENSACIÓN ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA			PI	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS
		SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS				

TABLA 12 1 CLASIFICACIÓN APROXIMADA DE SUELOS FINOS EN CAMPO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SISTEMA DE MALLAS

DESIGNACIÓN DE LA MALLA

NOMINAL	ALTERNATIVA	VARIACIÓN PERMISIBLE DE LA ABERTURA PROMEDIO CON RESPECTO A LA DENOMINACIÓN DE LA MALLA (mm)	ABERTURA MÁXIMA PERMISIBLE PARA NO MAS DEL 5% DE LAS ABERTURAS DE LA MALLA (mm)	ABERTURA MÁXIMA INDIVIDUAL PERMISIBLE (mm)	DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE (mm)
Num. 75.0	Malla 3"	2.2	78.1	78.7	5.8
Num. 50.0	Malla 2"	1.5	52.1	52.6	5.05
Num. 37.5	Malla 1 1/2"	1.1	39.1	39.5	4.59
Num. 25.0	Malla 1"	0.8	26.1	26.4	3.8
Num. 19.0	Malla 3/4"	0.6	19.9	20.1	3.3
Num. 12.5	Malla 1/2"	0.39	13.1	13.31	2.67
Num. 9.5	Malla 3/8"	0.3	9.97	10.16	2.27
Num. 4.75	Malla Núm. 4	0.15	5.02	5.14	1.54
Num. 2.36	Malla Núm. 8	0.08	2.515	2.6	1
Num. 2.0	Malla Núm. 10	0.07	2.135	2.215	0.9
Num. 0.850	Malla Núm. 20	0.035	0.925	0.97	0.51
Num. 0.600	Malla Núm. 30	0.025	0.66	0.695	0.39
Num. 0.425	Malla Núm. 40	0.019	0.471	0.502	0.29
Num. 0.250	Malla Núm. 60	0.012	0.283	0.306	0.18
Num. 0.150	Malla Núm. 100	0.008	0.174	0.192	0.11
Num. 0.075	Malla Núm. 200	0.005	0.091	0.103	0.053

TABLA I.3.1 SISTEMA DE MALLAS

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

CAPITULO II

PRUEBAS DE LABORATORIO APLICADAS A SUBBASES Y BASES

CAPÍTULO II

PRUEBAS DE LABORATORIO APLICADAS A SUB BASES Y BASES

En este capítulo haremos mención sobre lo que es el muestreo, como debemos preparar las muestras y sobre todo como se realizan las pruebas de laboratorio de los materiales que se utilizarán en la construcción de la obra, para poder determinar su calidad, su comportamiento y que características tiene ese material.

Las pruebas de laboratorio juegan un papel muy importante dentro de las terracerías, por que nos indican que características tiene el material.

Los estudios de mecánica de suelos también son pruebas que nos indican como debe de ser el proceso constructivo del proyecto , y así mismo se construirá.

Para terracerías existen una serie de pruebas con sus respectivas especificaciones para poder determinar si está bien hecho el proceso constructivo de lo que se está realizando , es decir , una carretera , una plataforma, drenaje, etc.

II.1 MUESTREO *

Muestreo es la obtención de una porción de material de tal manera que sus características representen las del conjunto.

MATERIAL Y EQUIPO

Recipiente para el material como carretilla

Cucharón

Pala

PROCEDIMIENTO

1. El muestreo consiste en obtener muestras representativas del material que se tiene en obra o si se tiene algún banco de material para su estudio, para poder efectuar las pruebas correspondientes.
2. Cuando el material se encuentra acamellonado, el muestreo se hará tomando muestras con pala de mano, de acuerdo a su volumen y espaciamiento del material; el material obtenido de cada zona se mezclará y se cuarteará sin contaminarlo, además no debemos obtener material menor de cincuenta kg. para su estudio y se hará de acuerdo al número de pruebas que se ensayaran.
3. Debemos tener cuidado al momento de tomar la muestra, para no tomar material contaminado y nos afecte en el estudio de nuestro muestreo y puedan afectar sus características del suelo.

El muestreo de suelos se divide en dos tipos de muestras:

1.- Muestras inalteradas.

2.- Muestras alteradas.

* Esta prueba se refiere a la Norma NMXC 20

II.2 MUESTRAS INALTERADAS

Las muestras inalteradas son aquellas que conservan su estructura y el contenido de agua que tiene el suelo en el lugar donde se obtiene la muestra.

MATERIAL Y EQUIPO

Palas
Picos
Barreta
Marro
Flexómetro
Brocha
Brea
Espátulas
Parafina
Manta de cielo
Cuerda de guitarra de acero

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO

1. Comenzaremos haciendo una excavación en el lugar de sitio y a la altura que se requiera para la prueba.
2. Se marca un cubo de 40 cm aproximadamente.
3. Y se procede a labrar el cubo en su alrededor de las marcas sin dañar su estructura.
4. Se hará tan profundo como se requiera para poder cortar en su parte inferior la muestra con una cuerda de guitarra de acero.
5. Ya que se cortó ésta la cubrimos con manta de cielo.

6. En un recipiente calentaremos colocando 4 partes de parafina por 1 de brea.
7. A la muestra cubierta con manta de cielo le agregaremos la parafina y brea en sus cinco caras correspondientes quedando bien adherida a la muestra para que no pierda sus características.
8. Después separamos la muestra con cuidado de la parte inferior para posteriormente cubrirla con manta de cielo y agregarle la mezcla de parafina y brea, anotaremos todos sus datos correspondientes.
9. Para este tipo de muestras debemos ser muy cuidadosos al obtener la muestra, ya que si no envolvemos bien la muestra con parafina va a perder sus características el suelo y los valores no serán los correctos durante el estudio.
10. Debemos transportar la muestra al laboratorio con mucho cuidado.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda no exponer la muestra mucho tiempo en el sol, ni en la lluvia durante el labrado de esta ya que puede afectar en sus características.

No dejar mucho tiempo a la intemperie la muestra.

Debemos de tener mucho cuidado al colocar la brea y la parafina en no dejar huecos, lo que implicaría resultados erróneos.

Tendremos mucho cuidado en el trayecto de transportar la muestra al laboratorio, no debemos de golpear demasiado la muestra, por que se podría romper.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3 MUESTRAS ALTERADAS

Muestra representativa que no conserva las mismas condiciones de su contenido de agua y estructura interna del volumen donde fue extraída.

Son aquellas que están constituidas por el material disgregado y que no se requiere conservar características de estructura y contenido de agua.

MATERIAL Y EQUIPO

Cucharón
Carretilla
Pala
Bolsas
Barreta
Espátula
Flexómetro
Bolsas

PROCEDIMIENTO

Las muestras alteradas son aquellas que no conservan sus características ni humedad, estas pueden obtenerse de una excavación, de un banco, de un sondeo a una cierta profundidad, etc. y deberán ser representativas para su estudio.

Aquí mostraremos ejemplos de muestras alteradas como son:

Procedimiento de secado
Disgregación y
Cuarteo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.4 PROCEDIMIENTO DE SECADO

Esta prueba consiste en dejar secar el material cuando se encuentra muy húmedo ó el lugar donde se encuentra el material tiene un gran contenido de agua.

MATERIAL Y EQUIPO

Horno (con termostato a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.)
Charolas de lamina
Cucharón
Palas

PROCEDIMIENTO

1. Secar la muestra para eliminar el agua que se tiene
2. De tal manera que se pueda disgregar fácilmente
3. El secado se realiza mediante calor
4. También se puede realizar el secado mediante un horno a una temperatura de 40 a 60°C .
5. Si realizamos el secado mediante una fuente calorífica
6. Tendremos cuidado en no quemar el material
7. Porque el resultado sería erróneo.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda secar a una temperatura entre 40 y 60°C , cuando es necesario, o dejar secarla a temperatura ambiente.

Sí calentamos a una temperatura alta, se puede quemar el material.

II.5 PROCEDIMIENTO DE DISGREGACIÓN

La disgregación consiste en separar las partículas que constituyen la muestra cuando ésta contiene grumos

MATERIAL Y EQUIPO

Mallas o cribas No. 75 (3")
No. 50 (2")
No. 25 (1")
No. 9.5 (3/8")
No. 4.75 (Núm. 4)

Charola de lamina

Mazo de madera

PROCEDIMIENTO

1. El procedimiento de disgregación se realiza sin tratar de romper las partículas duras.
2. Una vez seca la muestra
3. Se criba el material por la malla No. 4.
4. Se aparta el material que paso.
5. Y el material que queda retenido
6. Se disgrega en una charola
7. Golpeando el material con un mazo de madera.
8. Este material se vuelve a pasar por la malla de 3".
9. Y a la fracción que quedó retenida
10. Se vuelve a golpear con el mazo
11. Y obtenemos partículas no disgregables.
12. Después se pasa el material por las mallas 3", 2", 1", 3/8" y la No. 4.
13. Finalmente se combina todo el material para obtener nuevamente la muestra y que va a ser mezclada y cuarteada después (ver Fig. II.5.1)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda no romper las partículas duras.

Se debe utilizar únicamente el mazo y ninguna otra herramienta.

CUARTEO

El cuarteo sirve para reducir el material de una muestra representativa de la cual se toma una cantidad necesaria para poder realizar las pruebas que se desean.

El cuarteo se puede realizar de dos formas:

- 1.- El cuarteo manual.
- 2.- El cuarteo mecánico.

II.6 CUARTEO MANUAL

El cuarteo manual para muestras mayor a 20 kg. es el que se realiza manualmente con una pala procediendo a formar un cono y para cuartear el material en estudio.

MATERIAL Y EQUIPO

Báscula
Pala
Charolas de lámina
Cucharón

PROCEDIMIENTO

1. La superficie donde se colocará la muestra debe estar limpia
2. Para iniciar el cuarteo debemos traspalear la muestra
3. De tal modo que quede lo suficientemente revuelta y que esta se encuentre homogénea.
4. Y con este material formaremos un cono.
5. Se coloca el material con la pala desde el vértice para que este a su vez busque su reacomodo.
6. Al mismo tiempo se haga uniforme el material.
7. Con la pala formaremos un cono truncado.
8. Aproximadamente su diámetro sea de 4 a 8 veces el espesor.
9. Y el material lo dividimos en 4 cuadrantes.
10. Tomaremos el material de los dos cuadrantes opuestos.
11. Aún con las partículas finas para que sea más real la prueba.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar una lona para no contaminar el material, y además para que no se pierdan los finos de la muestra y sea más representativo los resultados obtenidos.

Si no se utiliza lona, el material fino se deberá juntar para que sea más representativo el cuarteo.

II.7 CUARTEO MECÁNICO

En muestras menores de 20 kg. esta prueba sirve para disminuir la muestra mediante un cuarteador mecánico y poder realizar las pruebas pertinentes.

MATERIAL Y EQUIPO

Báscula
Pala
Charolas de lamina
Cucharón
Cuarteador de muestras

PROCEDIMIENTO

1. En este tipo de cuarteo tendremos un cuarteador.
2. Para el cual deberá tener el número igual de ductos.
3. Todos del mismo ancho y que descarguen alternamente a ambos lados del cuarteador.
4. Mezclar hasta homogeneizar el material.
5. Extenderlo uniformemente sobre la charola.
6. Verter el material sobre la tolva procurando que pasen cantidades iguales
7. El cuarteador deberá tener dos recipientes para recibir las dos mitades de la muestra en ambos lados al hacer el cuarteo *.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Este aparato es muy importante para un laboratorio en campo, por el tiempo en que nos tardaríamos si se hace manual.

Además se reduce la muestra lo más rápido posible hasta donde queramos reducirla.

* Como máximo deben efectuarse tres ciclos del cuarteador de una misma muestra

II.8 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

La determinación de contenido de humedad en el laboratorio nos sirve para determinar la cantidad de agua que existe en un suelo y contenido de agua de una prueba próctor, para poder determinar el grado de compactación de un suelo.

$$w = (W_w / W_s) \times 100$$

donde: W_w es el peso de agua presente en la masa de suelo.
 W_s es el peso de los sólidos en el suelo.

Podría definirse el contenido de humedad como la relación del peso de agua presente y el peso total de la muestra.

MATERIAL Y EQUIPO

Horno con termostato a $105 \pm 5^\circ\text{C}$.

Taras con tapa

Báscula

Espátula

PROCEDIMIENTO

1. Pesar un recipiente con su tapa.
2. Colocar una muestra representativa de suelo húmedo en el recipiente y determinar el peso del recipiente más el suelo húmedo.
3. Después coloque la muestra en el horno.
4. Cuando la muestra se haya secado, determine el peso del recipiente más el suelo seco.
5. Calcule el contenido de humedad w .
6. La diferencia entre el peso de suelo húmedo más el recipiente menos el peso de suelo seco más el recipiente es el peso del agua W_w que estaba presente en la muestra; y el peso de suelo seco más el recipiente menos el peso del recipiente solo, es el peso del suelo W_s y

$$w = (W_w / W_s) \times 100$$

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

El contenido de humedad muestra como se comporta el suelo debido al contenido de agua del lugar.

Las mediciones deben de ser bien exactas.

Después de sacar la muestra del horno debemos pesar la muestra hasta que su peso sea constante.

Se recomienda colocar un vidrio de reloj encima de la muestra para saber si ya no tiene agua la muestra, si todavía tiene agua la muestra entonces el vidrio se opaca.

LÍMITES DE PLASTICIDAD

Los límites líquido y plástico han sido utilizados principalmente con objetivos de identificación y clasificación de suelos. El límite de contracción es cuando el suelo sufre grandes cambios de volumen entre su estado seco y su estado húmedo.

Límite de plasticidad es el por ciento de agua con respecto al peso de los sólidos, en que los finos de los materiales pasan de una consistencia a otra.

II.9 LÍMITE LIQUIDO

Lo fija el contenido de agua que debe tener un suelo húmedo para que una muestra del mismo material, en que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes en una longitud de 13 mm.

MATERIAL Y EQUIPO

Recipiente de porcelana

Espátula de hoja de acero flexible de 7.5 cm de longitud y 2 cm de ancho para enrasar

Gotero

Ranurador

Copa de Casagrande normal (Fig. II.9.2).

Copa de Casagrande motorizada (Fig. II.9.3)

Horno con termostato a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Báscula

Charola

Taras

Vidrios de reloj

Malla. No. 40

PROCEDIMIENTO

1. Obtener una muestra representativa de material que pasa por la malla No. 40.
2. Se debe checar que la altura de la máquina llamada copa de Casagrande en el límite líquido sea de 1 cm. (Fig. II.9.2 ó Fig. II.9.3).
3. Colocar una muestra representativa de material en un recipiente.
4. Añadir un poco de agua y mezclarla hasta que se encuentre homogénea.
5. Cuando su color sea uniforme se observará una apariencia cremosa .
6. Hasta que el suelo se encuentre pegajoso es que ya tiene su consistencia.
7. Se procede a hacer el golpeteo con la maquina llamada copa de Casagrande para cerrar la longitud de 12.7 mm. que se hizo con el ranurador. (Fig. II.9.4).
8. Tomaremos una muestra para determinar su límite plástico.
9. Después añadiremos más agua de tal manera que su consistencia permita estar entre 30 y 40 golpes para la falla.
10. Colocar una pequeña cantidad de suelo dentro de la cazuela.
11. Se empareja la superficie.
12. Con el ranurador cortamos el suelo en dos partes.
13. Nuevamente comenzamos a contar el numero de los golpes hasta que cierre el suelo.
14. Se coloca una muestra representativa de suelo en una tara, se pesa, y se guarda al horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$.
15. Se repiten los pasos hasta que la consistencia del material se encuentren entre 5 y 40 golpes .
16. Para obtener la cantidad de agua en % respecto al número de golpes, se anota en la tabla II.9.1 y se construye una gráfica (Tabla II.9.2.).
17. El límite líquido se encuentra donde la curva intercepta en 25 golpes.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda que el golpeteo en la copa de Casagrande sea el mismo durante la prueba, es decir dos golpes por segundo.

Esta prueba es un poco difícil por que el material en estudio al colocarla en la copa debe cerrar en un número determinado de golpes.

El agua es un factor importante durante el desarrollo de esta prueba, por lo que debemos encontrar en 25 golpes el por ciento de agua y ese es el límite líquido.

Se recomienda realizar la prueba en el menor tiempo posible por el agua que es un factor determinante para este tipo de prueba.

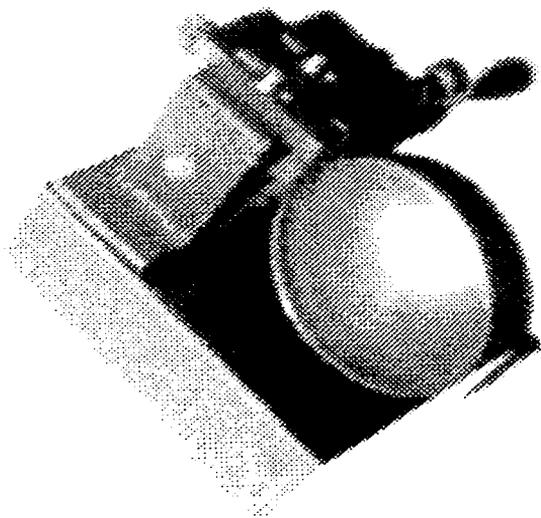


Fig. II.9.2 Copa de Casagrande

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

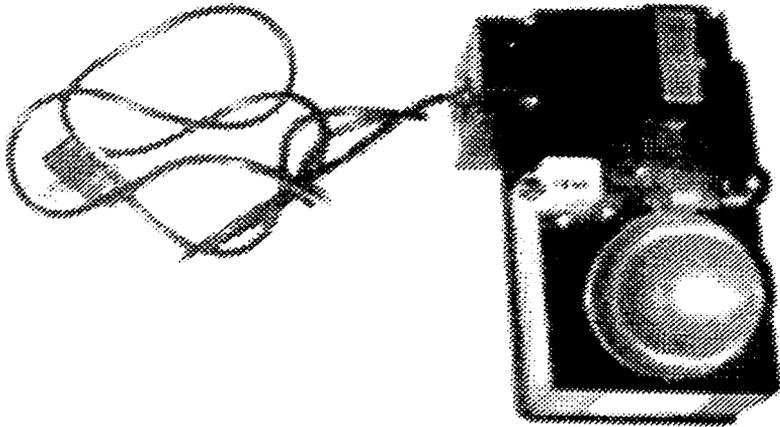


Fig. II.9.3 Copa de Casagrande Motorizada

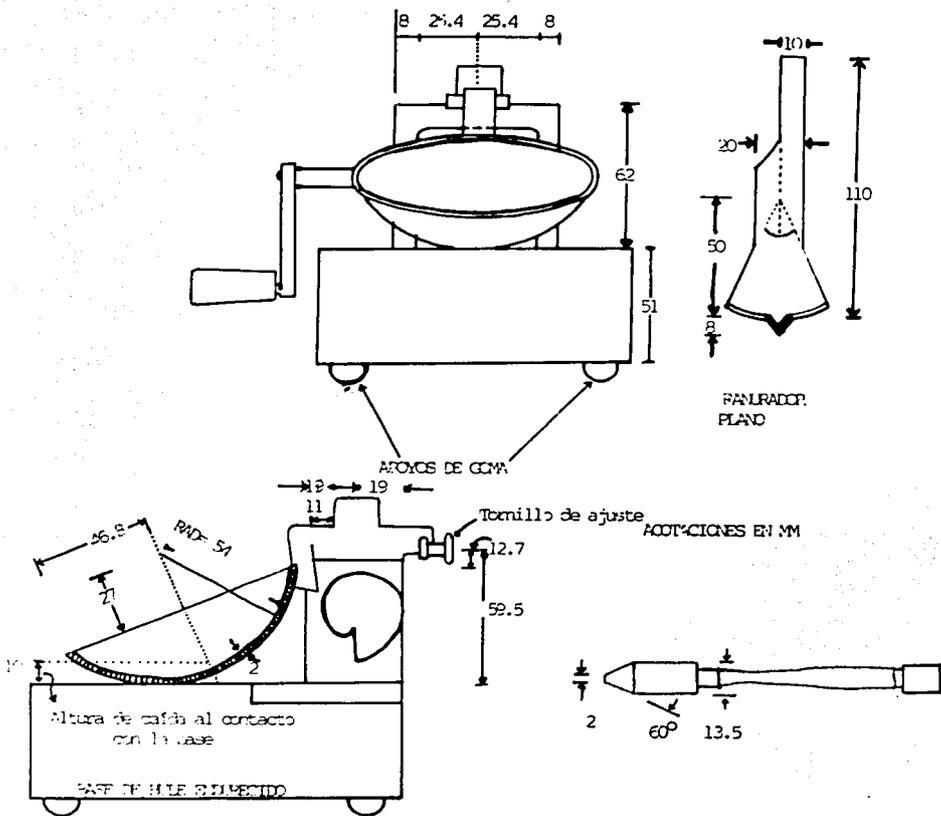


Fig. II.9.4 Copa de Casagrande para la determinación del límite líquido

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

II.10 LÍMITE PLÁSTICO

El contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo de 3.2 mm. de diámetro aproximadamente, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa de material no absorbente.

MATERIAL Y EQUIPO

Recipiente de porcelana

Horno con termostato a $105 \pm 5^\circ\text{C}$.

Taras

Placa de vidrio

Vidrios de reloj

Báscula

Espátula de hoja de acero flexible de 7.5 cm. de longitud y 2 cm. de ancho para enrasar.

PROCEDIMIENTO

1. Se toma una muestra representativa de suelo cercana a la humedad óptima, se rueda con la mano sobre una superficie limpia y plana como una placa de vidrio hasta formar un cilindro de 3.2 mm de diámetro y 15 cm de longitud.
2. Se amasa la muestra hasta reducir la muestra por evaporación, hasta que este cilindro se comience a endurecer, cuando se agrieta es cuando alcanza el límite plástico.
3. Cuando el cilindro comienza a agrietarse es donde alcanza el límite plástico.(Tabla II.10.1)

II.11 ÍNDICE PLÁSTICO

El índice plástico, se define como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, y es la medida de la plasticidad del suelo, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

En donde:

IP es el índice plástico del suelo.

LL es el límite líquido del suelo.

LP es el límite plástico del suelo.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	ENSAYE:
E.N.E.P. ARAGÓN	FECHA:
ESTRADA GUERRERO JOSÉ NORBERTO	LUGAR:

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	VIDRIO NUM	PESO DE LA CAPSULA + SUELO HÚMEDO g	PESO DE LA CAPSULA + SUELO SECO g	PESO DEL AGUA g	PESO DE LA CAPSULA g	PESO DEL SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA (w) %

TABLA II.9.1 LIMITE LÍQUIDO

LIMITE PLÁSTICO

NUMERO DE GOLPES	VIDRIO NUM	PESO DE LA CAPSULA + SUELO HÚMEDO g	PESO DE LA CAPSULA + SUELO SECO g	PESO DEL AGUA g	PESO DE LA CAPSULA g	PESO DEL SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA (w) %

TABLA II.10.1 LIMITE PLÁSTICO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

II.12 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO *

Esta prueba consiste en separar en fracciones y clasificar por tamaño la muestra ;además sirve para dosificar y conocemos el grado de calidad del material en estudio.

El análisis granulométrico sirve para determinar el porcentaje en peso de las partículas de diferentes tamaños que lo forman.

MATERIAL Y EQUIPO

Báscula

Cepillo de alambre

Utilizaremos juego de mallas:

3" (76.2 mm.)

2" (50.8 mm.)

1 1/2" (38.1 mm.)

1" (25.4 mm.)

3/4" (19.1 mm.)

1/2" (12.7 mm.)

3/8" (9.5 mm.)

Máquina Ro-tap (Fig. II.12.1).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO

1. Pesar el material que se utilizará para realizar la prueba, que se queda retenido en la malla No. 4.
2. Colocar el número de mallas a partir de la 76.2 mm (3"), 50.8 mm (2"), 38.1 mm (1 1/2"), 25.4 mm (1"), 19.1 mm (3/4"), 12.7 mm (1/2") y 9.5 mm (3/8").
3. Se vacía el material previamente pesado para pasar a través de las mallas y se tapa.
4. Se agita el juego de mallas con rotación horizontal y vertical.
5. Es muy importante el uso del aparato Ro-Tap especialmente para ésta prueba.

* Esta prueba se refiere a la norma NMX. C 077

6. Se quita la tapa y se procede a pesar la fracción retenida en cada una de las mallas.
7. Se anota en la hoja de registro de "análisis granulométrico".
8. Para obtener el retenido parcial se multiplica el peso de cada malla por 100 y se divide entre el peso total de la muestra. Esto se hace para todas las mallas.
9. Para obtener el material que pasa al 100% se le resta el retenido parcial, y para obtener el siguiente peso al resultado que obtuvimos anteriormente se le resta el retenido parcial y así sucesivamente (Tabla II.12.1).

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el Ro tap para que el peso de la fracción del material sea más exacto y real.

Si no se utiliza el Ro tap los resultados tendrían un margen de error.

Debemos tener cuidado en la medición del peso del material.

No debe quedar nada de material en las mallas para que el margen de error sea nulo.

Esta prueba es importante para clasificación de suelos

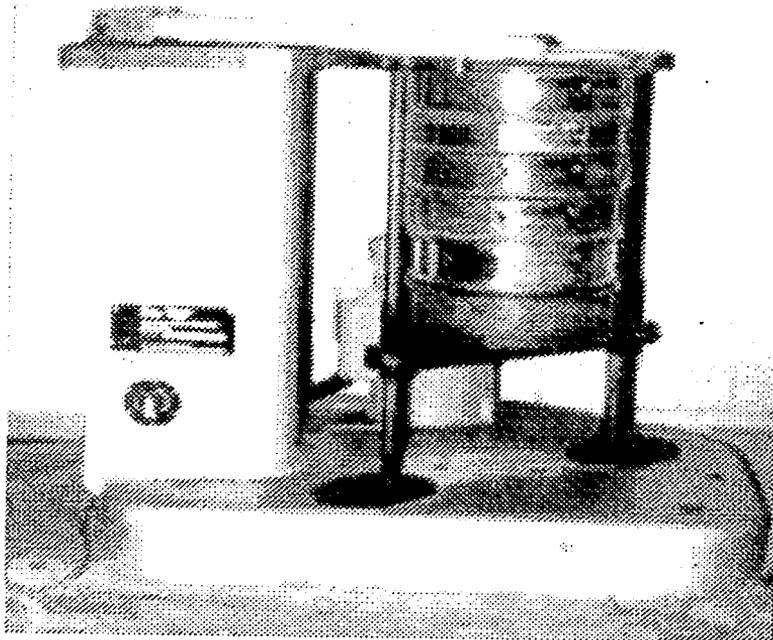


Fig. II.12.1 Máquina Ro-Tap

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	ENSAYE
ENÉP ARAGÓN	FECHA
ESTRADA GUERRERO JOSÉ NORBERTO	LUGAR

PESO DE LA MUESTRA	
PESO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA NUM 475	
PESO DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA NUM 475	

HUMEDAD DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA NUM 475	
NUM. DEL RECIPIENTE	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TAPA	
PESO DE LA MUESTRA SECA + TAPA	
PESO DEL AGUA	
PESO DE LA TAPA	
PESO DE LA MUESTRA SECA	
CONTENIDO DE AGUA	

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NUM 475				
MALLA NUM	MALLA NUM	PESO RETENIDO W _i (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	MATERIAL QUE PASA (%)
3"	75			
2"	50			
1 1/2"	37.5			
1"	25			
3/4"	19			
1/2"	12.5			
3/8"	9.5			
NUM 4	4.75			
PASA NUM 4	PASA 475			
SUMA				

TABLA II 12.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.13 ANÁLISIS CON LAVADO

Esta prueba sirve para determinar el por ciento de finos que tiene la muestra del material en estudio.

Esta prueba se refiere a la Norma NMX C 84.

MATERIAL Y EQUIPO

Horno con termostato a $105 \pm 5^\circ\text{C}$.

Vidrios de reloj

Cepillo de alambre

Báscula

Taras

Juego de mallas:

No. 4 (4.75 mm.)

No. 10 (2.0 mm.)

No. 20 (0.85 mm.)

No. 40 (0.425 mm.)

No. 60 (0.25 mm.)

No. 100 (0.15 mm.)

No. 200 (0.075 mm.)

PROCEDIMIENTO

1. Se pesa una cantidad de muestra necesaria para el lavado, aproximadamente 200 gr.
2. Se coloca el material en una cápsula agregando agua y se deja remojar.
3. Se vacía el material por la malla No. 200 y lavamos lo mejor posible la muestra.
4. Se coloca el material retenido en la malla en una cápsula y se pone a secar en el horno.
5. Para después proceder a pesar el material seco.

6. Colocamos el juego de mallas No. 4 (4.75 mm), No. 10 (2.0 mm), No .20 (0.85 mm), No. 40 (0.425 mm), No. 60 (0.25 mm), No. 100 (0.15 mm) y No. 200 (0.075 mm).
7. Para el calculo se suman los pesos retenidos en cada malla y checamos con el peso de la muestra.
8. Se calculan los porcentajes de material retenido en cada malla.
9. Se calculan también los porcentajes acumulados del material que paso por la malla y se va restando de 100% al retenido por cada malla.
10. Cuando se realizó el análisis de las mallas grandes se conoció el porcentaje que paso la malla No. 4 y de ahí se va calculando con respecto al total de la muestra.
11. Con los valores obtenidos en el % acumulativo se realiza la gráfica granulométrica.
12. Para obtener el retenido parcial multiplicamos el peso retenido en cada malla por retenido parcial que pasa la malla Núm. 4. y se divide entre 200 que es el total del peso de la muestra de lavado.
13. Para obtener el material que pasa comenzaremos de lo que pasa en la malla Núm. 4, restando el retenido parcial de cada malla. (Tabla II.13.1)

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda no tirar nada del material cuando se agregue agua.

Debemos procurar que no se tenga nada de finos.

Cuando tengamos que pesar la muestra, esta debe de estar completamente seca.

ANÁLISIS CON LAVADO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	ENSAJE
EN E P. ARAGÓN	FECHA
ESTRADA GUERRERO JOSÉ NORBERTO	LUGAR

PESO DE LA MUESTRA	
PESO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA NUM. 475	
PESO DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA NUM. 475	

HUMEDAD DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA NUM. 475	
NUM. DEL RECIPIENTE	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	
PESO DEL AGUA	
PESO DE LA TARA	
PESO DE LA MUESTRA SECA	
CONTENIDO DE AGUA	

MATERIAL QUE PASA LA MALLA NUM. 475				
MALLA NUM.	MALLA NUM.	PESO RETENIDO W _i (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	MATERIAL QUE PASA (%)
NUM. 10	2			
NUM. 20	0.05			
NUM. 40	0.425			
NUM. 60	0.25			
NUM. 100	0.15			
NUM. 200	0.075			
PASA NUM. 200	PASA 0.075			
FINA				

TABLA II 131 ANÁLISIS CON LAVADO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.14 PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR (AASHTO *) ESTÁNDAR

Sirve para conocer el peso volumétrico máximo del laboratorio

Y relacionado con el peso volumétrico del lugar podemos conocer el grado de compactación del terreno.

MATERIAL Y EQUIPO

Molde.- Debe ser metálico, con diámetro interior de 10.16 cm, altura de 11.64 cm, base metálica de 9.5 mm de espesor (Fig II.14.1.)
mínimo y con extensión del molde o collarín removible de 6.03 cm.
Pisón.- Debe ser metálico con 2.5 kg. de peso, caída libre de 30.5 cm y 5.08 cm de diámetro. (Fig. II.14.2).

Taras

Mallas Núm. 4.75 (4), Núm. 9.5 (3/8"), Núm. 19 (3/4").

Enrasador

Báscula

Probetas graduadas de 100 y 1000 ml.

Aceite

Brocha

Charola rectangular de 40 x 60 x 10 cm.

Estufa

PROCEDIMIENTO

1. - Pesar 3 kg. aproximadamente de material que pasa la malla No. 4.
2. - Agregar agua suficiente ya que al apretar una porción del material en la mano no deje partículas adheridas a ella, y tampoco agua ; tomamos la muestra con los dedos y no se debe desmoronar, esto indica que llegamos al contenido de agua óptimo para continuar con la prueba.
3. - Pesamos el molde sin base ni collarín.
4. - Medimos el volumen del molde.
 - Se aceita el molde con el collarín.

* (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY TRANSIT OFFICIALS)

5. -Se llena el molde en tres capas aproximadamente de igual volumen de material.
6. -Cada capa se compactará con un pisón de 25 golpes
7. -En la primera y segunda capa se escarifica el material para que se una a la siguiente capa.
8. -Cuando se ha terminado de compactar el material se quita el collarín y se enrasa el material.
9. -Se pesa el molde con el material y se anota en la hoja de registro.
10. -Se saca la muestra del molde
11. -De la parte del centro de la muestra tomamos una fracción de material para determinar el contenido de agua y se coloca en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
12. -Se deshace el material y se le agrega el 2% de agua, hasta que el material se vuelve homogéneo.
13. -Se repiten los pasos desde el 5 hasta que disminuye la masa húmeda del material compactado dentro del molde.
14. -Para obtener la masa húmeda del material le restamos el peso del molde al material compactado.
15. -Para obtener la masa volumétrica húmeda dividimos la masa húmeda entre el volumen del molde. (Tabla II.14.1).
16. -Se grafican los datos de Peso específico seco contra agua (Tabla II.14.2).

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA

$$W = \frac{W_h - W_s}{W_s - t}$$

donde:

- W= Contenido de agua
- Wh= Masa del material húmedo mas la tara
- Ws= Masa del material seco mas la tara
- t= tara del recipiente

DETERMINACIÓN DE LA MASA VOLUMÉTRICA HÚMEDA

$$\gamma_m = \frac{W_{mh} - W_t}{V}$$

donde:

γ_m = Masa volumétrica húmeda en kg./m³

W_{mh} = Masa del material húmedo

W_t = Peso de la tara

V = Volumen del molde en cm³.

DETERMINACIÓN DE LA MASA VOLUMÉTRICA SECA

$$\gamma_s = \frac{\gamma_m}{1 + W}$$

donde:

γ_s = Masa volumétrica húmeda en kg./m³.

γ_m = Masa volumétrica húmeda en kg./m³.

W = Contenido de agua.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

El tiempo para realizar esta prueba debe ser el mínimo, para que el agua no se evapore rápidamente.

Se recomienda sacar el contenido de humedad de la parte central del molde para que sea más representativo.

Cuando el material no se utilice podemos taparlo para evitar pérdida de agua.

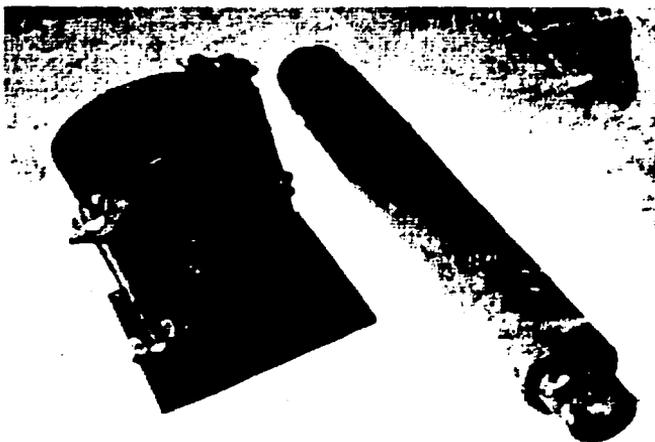


Fig. II.14.2 Molde Cilíndrico y Pisón

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PRUEBA PROCTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	ENSAYE
EN E P. APAGON	FECHA:
ESTRADA GUERRERO JOSE NORBERTO	LUGAR:

PESO DEL MOLDE: _____	1.8 kg.
DIAMETRO DEL MOLDE: _____	10.16 cm.
VOLUMEN DEL MOLDE: _____	943.2 cm ³ .
PESO DEL MARTILLO: _____	2.54 kg.
DIAMETRO DEL MARTILLO: _____	5.01 cm.
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO: _____	30.5 cm.
NUMERO DE CAPAS: _____	3 CAPAS
NUMERO DE GOLPES POR CAPA: _____	25 GOLPES

NUMERO DE PRUEBA	1	2	3	4
NUMERO DE TARA	A	B	C	D
2 PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA (g)	94.20	187.00	165.70	106.20
3 PESO DEL SUELO SECO + TARA (g)	73.40	140.00	121.10	79.40
4 PESO DEL AGUA (g) (2 - 3)	20.80	47.00	44.60	26.80
5 PESO DE LA TARA (g)	16.00	13.00	17.00	19.00
6 PESO DEL SUELO SECO (g) (3 - 5)	57.40	121.00	104.10	61.70
7 CONTENIDO DE AGUA (%) (4 / 6) x 100	36.24	38.84	42.84	43.43
8 CONTENIDO DE AGUA (DECIMALES) (4 / 8)	0.3624	0.3884	0.4284	0.4343
9 PESO DEL SUELO HUMEDO + MOLDE (g)	3180	3290	3400	3380
10 PESO DEL MOLDE (g)	1600	1600	1600	1600
11 PESO DEL SUELO HUMEDO (g) (9 - 10)	1380	1490	1600	1580
12 VOLUMEN DEL MOLDE (g)	943.2	943.2	943.2	943.2
13 PESO DEL SUELO SECO (kg) (11 / 12) x 1000	1.442	1.560	1.696	1.675
14 PESO VOLUMETRICÓ SECO (kg/m ³) (13 / (1 - 9)) EL 1 ES LA UNIDAD + CONTENIDO DE AGUA	1056	1138	1167	1167

TABLA II.14.1 PRUEBA PROCTOR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PRUEBA PROCTOR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PESO ESPECTFICO SECO MAXIMO = 1187 kg/m³

HUMEDAD OPTIMA = 41.6 %

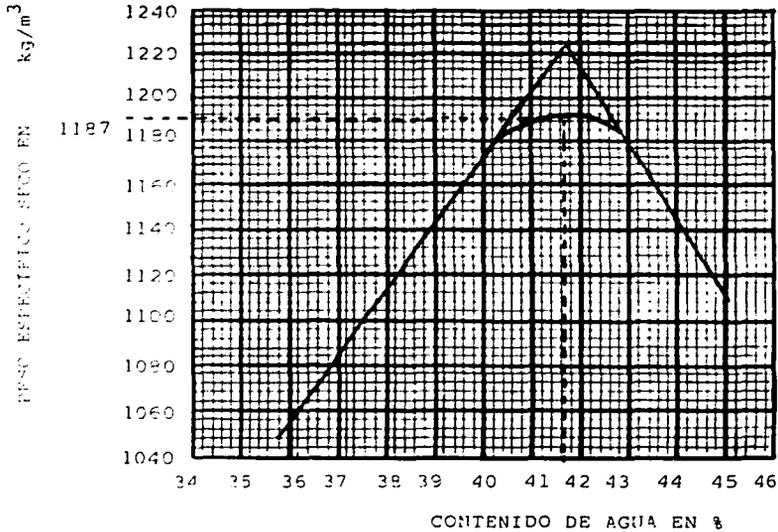


Tabla II.14.2 Prueba Pr6ctor

II.15 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE COMPACTACIÓN

El grado de compactación es el proceso mecánico, por medio del cual se reduce el volumen de los materiales en un tiempo relativamente corto y que sea resistente a cargas.

El grado de compactación es el acomodo del material de un suelo en estado natural y se relaciona con el peso volumétrico seco del lugar, con el peso volumétrico seco máximo*.

MATERIAL Y EQUIPO

Barreta

Bolsas

Arena graduada que se retiene en la malla 20 y 30.

Flexómetro

Probeta graduada de 1000 ml

Probeta graduada de 100 ml.

Carretilla

Enrasador

Báscula de 120 kg.

Balanza de 2.61 kg.

Mallas Núm. 20 y Núm. 30

Taras

Horno con termostato con temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

* Este valor es el que se saca de laboratorio aplicando la prueba proctor AASHTO estándar).

PROCEDIMIENTO

1. Se limpia la superficie en el sitio de la prueba.
2. Con una barreta se efectúa el sondeo de 15 X 15 cm. aproximadamente. (Fig.II.15.1).
3. El material que se va extrayendo se coloca en una bolsa
4. Procurando que no pierda humedad.
5. Se procura que el sondeo se hace hasta la siguiente capa.
6. Llenamos la probeta graduada con arena limpia y seca cuyos tamaños se encuentran entre las mallas 20 y 30.
7. Después comenzamos a llenar el sondeo con la arena, distribuyéndola uniformemente lentamente.
8. Se enrasa y se lee en la probeta el volumen de arena y se anota en la hoja de registro como V_m
9. Se pesa el material extraído del sondeo y se registra como W_m
10. Se procede a calcular el grado de compactación
11. Para obtener la masa volumétrica húmeda del material dividimos el peso del material W_m entre el volumen del sondeo V_m . x 1000.
12. Del material extraído tomamos aproximadamente 200 gr. y la colocamos en una tara en el horno a una temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$. Se registra como M_h .
13. Se pesa el material seco más la tara y se registra como M_s .
14. El contenido de agua es la diferencia entre el peso del material húmedo y el peso del material seco.
15. La humedad del lugar es el contenido de agua entre el peso del material seco x 100.
16. La masa volumétrica seca del lugar es la masa volumétrica húmeda del material entre 1 + contenido de agua en decimal.
17. Los resultados son vaciados en la tabla No. II.14.1 y son graficados en la tabla No. II.15.1

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

El grado de compactación es la masa volumétrica seca del lugar entre la masa volumétrica seca máxima (prueba proctor).

Se recomienda hacer la prueba cuando no haga mucho aire.

Y que no se compacte la arena al introducirla en el sondeo.

La arena no debe de estar húmeda.

Debe de ser arena graduada entre la malla No. 20 y 30.

Se recomienda dejar caer libremente la arena dentro del sondeo.

La arena deberá estar limpia al momento de cada sondeo para evitar que se contamine con material de base o subbase por lo que se recomienda cribar la arena al momento de extraer la arena del sondeo.

El material extraído del sondeo cuidar que este no pierda humedad.

Cuidar que al efectuar los impactos con la barreta al suelo el material no se pierda.

Observar que al realizar el sondeo no se presenten grietas por donde pudiera fugarse la arena.

GRADO DE COMPACTACION DEL LUGAR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	ENSAYE:
E N E P. ARAGON	FECHA:
ESTRADA GUERRERO JOSÉ NORBERTO	LUGAR:

1) NUMERO DE CALA		1
2) PROFUNDIDAD DEL SONDEO (cm)		21
3) VOLUMEN DE LA ARENA (lit)		2040
4) PESO DEL MATERIAL HUMEDO (kg)		3030
5) PESO VOLUMETRICO DEL MATERIAL HUMEDO (kg / m ³) GV(2) X 1000		1485
6) PESO DEL MATERIAL HUMEDO + TARA (g)		127
7) PESO DEL MATERIAL SECO + TARA (g)		103.1
8) PESO DE LA TAPA (g)		27
9) CONTENIDO DE AGUA (g)	(5) - (8)	23.9
10) PESO DEL MATERIAL SECO (g)	(9) - (7)	78.1
11) HUMEDAD DEL LUGAR EN DECIMAL	(8) / (9)	0.314
12) HUMEDAD OPTIMA DEL MATERIAL (PRUEBA PROCTOR) (%)		41.7
13) HUMEDAD DEL LUGAR (%)	(10) X 100	31.4
14) PESO VOLUMETRICO SECO MÁXIMO (PRUEBA PROCTOR)		1224
15) PESO VOLUMETRICO SECO DEL LUGAR	(4) / 1 + (10)	1130
16) GRADO DE COMPACTACION (%)	(14) / (13) X 100	92
17) COMPACTACION REQUERIDA (%)		90
18) ESPECIFICACIONES DE PROYECTO		

TABLA II.15.1 GRADO DE COMPACTACIÓN DEL LUGAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fig. II.15.1 Determinación del grado de compactación

CAPITULO III

CONCRETO

HIDRÁULICO

CAPITULO III

CONCRETO HIDRÁULICO

Para poder proyectar un pavimento de concreto hidráulico se debe realizar un estudio preliminar en mecánica de suelos para poder conocer sus características del terreno para tener una mejor calidad en la construcción y que cumplan con las especificaciones de proyecto.

Un pavimento de concreto es rígido por lo tanto si queremos saber como se comporta a través del tiempo realizaremos algunas pruebas de laboratorio en campo para conocer sus características y especificaciones y que cumplan con la calidad que se esta manejando, se pueden realizar una serie de pruebas al concreto fresco y endurecido, mencionaremos las pruebas que se realizan con mayor frecuencia. Una de las más importantes es conocer su resistencia a la flexión, compresión, etc.

Existen una gran cantidad de obras que son construidas a base de concreto hidráulico, se utilizan en áreas como guarniciones pisos, trabes, columnas, carreteras, banquetas, etc.

III.1 MUESTREO DEL CONCRETO FRESCO *

Este método sirve para realizar las distintas pruebas que se requieran al momento que se tienen el concreto fresco.

MATERIAL Y EQUIPO

- Recipiente con capacidad mínimo de 15 l (charola, cubeta o carretilla),
debe ser impermeable, limpio y no absorbente.
- Cucharón debe ser impermeable, limpio y no absorbente.
- Pala
- Charola preferentemente de acero, limpio, impermeable y no absorbente.

PROCEDIMIENTO

1. La obtención del muestreo en concretos sirve para poder determinar si se cumple el grado de calidad del concreto para eso se deben de realizar algunas pruebas y poder determinar si cumple con las especificaciones de proyecto.
2. En el muestreo de pavimentadoras la muestra la tomaremos de varios puntos del concreto ya colocado sin que se contamine la muestra con el material inferior existente.

* Esta prueba se refiere a la norma NMXC 161.

3. En el muestreo de mezcladoras estacionarias la muestra la tomaremos interceptando el flujo con nuestro recipiente a la mitad de la descarga sin que se produzca segregación al concreto.
4. En el muestreo de revolvedoras u ollas de camión la muestra la tomaremos en varios puntos cuando esté vaciando el concreto de la revolvedora.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el muestreo debemos tener mucho cuidado a la hora de tomar la muestra, por que no debe de estar contaminada ya que las pruebas que se realicen se tendrían resultados erróneos.

Se recomienda que las pruebas que se realicen durante el muestreo no se tomen mucho tiempo por que de lo contrario no serviría de nada, y además el concreto se endurece con el tiempo.

Esta prueba no debe de excederse en más de 15 minutos.

La muestra deberá protegerse de los rayos del sol, del aire y de la lluvia lo que ocasiona pérdida de agua rápidamente.

III.2 PRUEBA DE REVENIMIENTO

Esta prueba sirve para determinar la consistencia del concreto y si cumple con las especificaciones que se indican.

La prueba de revenimiento se refiere a la norma NMX C 156.

MATERIAL Y EQUIPO

Cono metálico de material no absorbente, debe ser rígido y de:

20 cm. de diámetro de base inferior, 10 cm. de diámetro en la parte superior y 30 cm. de altura, debe tener dos estribos para apoyar los pies (con una tolerancia ± 3 mm en cada una de sus dimensiones)* ver figura III.2.1

Placa de metal de 40x40 cm.

Cucharón

Flexómetro

Varilla de compactación de 16 mm. de diámetro y 600 mm. de longitud.

Recipiente mínimo de 15 lt. de capacidad ó carretilla. Ver fig. III.2.2

PROCEDIMIENTO

1. Se coloca la placa húmeda sobre una superficie horizontal.
2. Sobre la placa se coloca el cono
3. Se colocan los pies sobre los estribos del cono sin que se mueva.
4. Y se procede al llenado de tres capas de igual volumen.
5. La primera capa se deberá llenar a una altura aproximadamente de 7 cm.
6. La segunda capa a los 15 cm. y la ultima capa debe sobrellenarse para el enrase. Ver fig. III.2.3
7. Cada capa se compacta con 25 penetraciones con la varilla.
8. Distribuyéndolos en forma de espiral.
9. En la ultima capa se enrasa el material.

* Las tolerancias y especificaciones aceptadas según la norma NMXC-156

10. Se limpia la superficie de la placa.
11. Después se levanta el cono verticalmente.
12. Y se mide el revenimiento.
13. Determinando el asentamiento del concreto, colocando el cono inversamente a su posición y se coloca la varilla en la parte superior del cono.
14. Y con un flexómetro se mide del centro del espécimen al nivel inferior de la varilla.
15. La prueba se deberá completar en 2 ½ minutos de lo contrario el concreto pierde revenimiento con el tiempo.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

La prueba de revenimiento sirve para aceptar la entrega del concreto en el sitio del colado.

El concreto puede ser hecho en obra, cuidando la resistencia y el revenimiento o también puede ser hecho mediante una planta premezcladora y distribuirlo mediante ollas revolventoras de camión.

En esta prueba debemos tener cuidado, por que si nosotros no tenemos firme la placa en el momento de realizar la prueba, ésta se deshecha y se repite nuevamente la prueba.

Si el cono a la hora de levantarlo no se saca verticalmente la prueba se deshecha, y se repite nuevamente.

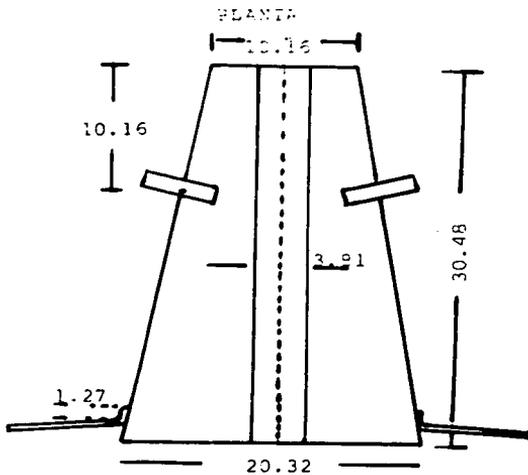
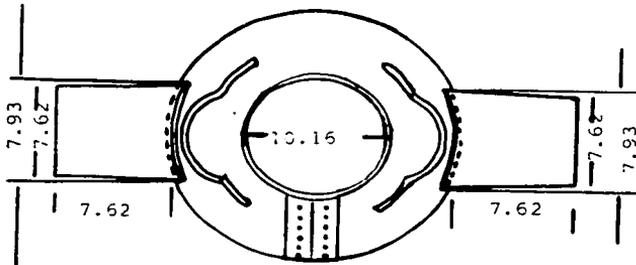
No se debe golpear el cono durante la realización de la prueba.

El tiempo de prueba no debe ser mayor de 2 minutos 30 segundos.

La placa debe de estar horizontal, firme y sin movimiento.

Se recomienda que antes de iniciar la prueba debemos de humedecer el molde.

El cono se recomienda levantarlo aproximadamente en 5 ± 2 segundos.



ELEVACION

Fig. III.2.1 Especificaciones del Coro de Revenimiento



Fig. III.2.2 Equipo de Revenimiento



Fig. III.2.3 Prueba de Revenimiento

III.3 ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS*

Para conocer la resistencia a la compresión del concreto muestreado en obra emplearemos cilindros de concreto, para esto se elaboran probetas cilíndricas.

MATERIAL Y EQUIPO

Los moldes que utilizaremos deben ser de acero, fierro fundido u otro material no absorbente. Cilíndricos verticales de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura con base metálica.

La varilla de compactación debe ser de 16 ± 3 mm. de diámetro y 600 ± 3 mm de longitud.

Carretilla

Enrasador

Aceite

Estopa

Guantes

Mazo de neopreno

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO

1. Se llena la probeta en tres capas de igual volumen aproximadamente. De acuerdo a las tablas III.3.1 y III.3.2
2. Se procede hacer el varillado con 25 penetraciones cada capa, penetrando 2 cm en la capa inferior. Ver fig. III.3.1 y III.3.2
3. Cuando se ha llenado la probeta se golpea ligeramente las paredes con un mazo de neopreno para que salga el aire que quedo atrapado durante el varillado. Ver fig. III.3.3
4. Se enrasa hasta que su superficie sea plana y a nivel. Ver fig. III.3.4

* Esta prueba se refiere a la norma NMXC 160.

5. Se debe cubrir con un material no absorbente ni reactivo hasta que se desmolden las probetas.
6. Las probetas se desmoldan entre 20 y 48 horas.
7. Para posteriormente colocarlas en una pila cubiertas con agua para que las cubra en toda su superficie hasta el momento de su ensaye.
8. El curado debe ser a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$.
9. Durante el traslado de las probetas debe evitarse golpearlas.
10. Los cilindros se ensayaran a 28 días o como se especifica el proyecto para determinar su resistencia.*

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar la muestra de concreto a la mitad de la descarga del concreto en caso de ollas premezcladoras.

En caso de concreto hecho en obra a la mitad del colado.

Se recomienda no tardarse más de 15 minutos en elaborar las probetas, para evitar pérdida de agua.

Al término de elaborar las probetas cubrirlas muestras con un material no absorbente ni reactivo, y no pierdan humedad bruscamente.

Se recomienda no exponer las probetas a los rayos del sol ni a la lluvia.

Se recomienda realizar las probetas en el sitio de prueba , sacar los cilindros entre 20 y 48 horas y después mantenerlos húmedos.

* Las probetas cilíndricas deben ensayarse de acuerdo al proyecto del constructor

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tipo y altura del espécimen (cm)	Forma de compactación	Tipo y altura del espécimen (cm)	espesor aproximado de la capa (cm)
cilindros			
30	varillado	3 iguales	10
Más de 30	varillado	las que se requieran	10 o fracción
de 30 a 45	vibrado	2 iguales	la mitad de la profundidad del espécimen
Más de 45	Vibrado	3 ó más	15 ó lo más cercano posible

TABLA III.3.1
Número de capas requeridas para los especímenes

Diámetro del cilindro (cm)	Número de penetraciones por capa
15	25
20	50
25	75

TABLA III.3.2
Número de penetraciones de la varilla para el moldeado de especímenes cilíndricos



Fig. III.3.1 Llenado de Primera Capa



Fig. III.3.2 Llenado de Segunda Capa



Fig. III.3.3. f Llenado de la Última Capa



Fig. III.3.4 Enrasado de Cilindros

III.4 CABECEO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO*

Esta prueba nos sirve para poder ensayar, tener una superficie lisa y sin depresiones y a la vez que no sufra alteraciones y sea uniforme al momento de aplicar la carga, y posteriormente calcular la resistencia del cilindro de concreto a edad especificada.

MATERIAL Y EQUIPO

Azufre preparado en laboratorio con resistencia mínima a la compresión a la edad de 2 hrs. de 34.32 Mpa (350 Kg/cm²).

Recipiente para fundir azufre.

Plato metálico, cuyo diámetro mínimo 5.0 mm mayor que el espécimen por cabecear y su superficie plana no debe ser más de 0.05 mm en 150 mm. La superficie no debe tener ranuras mayores de 0.25 mm de profundidad en una área de 32 mm². El espesor de la placa debe ser entre 11 y 13 mm.

Espátula

Cucharón

Barras guía.- No se debe de apartar su perpendicularidad al eje del espécimen cilíndrico en más de 0.5° (aproximadamente 3 mm. en 300 mm).

Estufa

Guantes

Aceite

Brocha o estopa

PROCEDIMIENTO

1. Se deben tomar dos lecturas del diámetro , altura del cilindro y pesarlo

* Esta prueba se refiere a la norma NMX-C 109

2. Se funde el azufre ($140 \pm 10^{\circ}\text{C}$) en un recipiente.
3. Se debe agitar el azufre aproximadamente cada dos minutos
4. Antes de comenzar a cabecear debemos de calentar ligeramente el plato metálico (por ej. vaciando azufre caliente)
5. Se aceita ligeramente el plato para que no se adhiera el azufre
6. Se vacía el suficiente azufre de manera que no te haga falta
7. Se coloca el cilindro de concreto ayudado con las barras guía
8. Las bases del cilindro deben de estar limpias y secas
9. Se deja unos segundos hasta que el azufre agarra una dureza
10. Se saca el espécimen del plato
11. Se cabecea del otro lado del cilindro (Ver Fig. III.4.1.)
12. Con el nudillo de la mano pégale y si se oye hueco se descabeza y se vuelve a cabecear*
13. Proteger los cilindros ya cabeceados mínimo dos horas, hasta el momento de prueba
14. Procedemos a determinar su resistencia

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda calentar ligeramente el plato cabeceador antes de ser empleado.

Después de cabecear el espécimen se debe dejar dos horas para que endurezca el azufre y poder ensayar el cilindro.

El mortero de azufre preparado se debe de calentar a una temperatura de $413 \pm 10^{\circ}\text{K}$ ($140 \pm 10^{\circ}\text{C}$) y que esté completamente seco.

Se recomienda utilizar el azufre un máximo de 10 veces por que disminuye su resistencia y contaminación de concreto con aceite.

Se recomienda que la capa de azufre no sea mayor de 3 mm.

No se deben aceitar las bases del cilindro de concreto.

* Al momento de cabecear el cilindro, si se mueve y no queda perpendicular a la base, se descabeza y se vuelve a cabecear



Fig. III.4.1 Cabeceo de Especímenes de Cilindros de Concreto

III.5 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO *

Este método de prueba establece la determinación de la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos moldeados.

Esta prueba se refiere a la norma NMX C 083.

EQUIPO

Maquina de ensaye de cilindros de concreto.

Equipada con dos bloques sólidos de acero con una dureza rockwell no menor de C-55, la superficie no debe diferir de un plano en más de 0.025 mm. en una longitud de 150 mm. y para placas menores de 150 mm., la tolerancia de planicidad es: de 0.025 mm.

Manómetro indicador de pruebas de carga

PROCEDIMIENTO

1. Se coloca el cilindro ya cabecado en la maquina de ensaye.
2. Se aplica carga uniforme hasta la falla. (Ver Fig. III.5.1)
3. Se registra la lectura en los manómetros cuando la aguja de carga se detiene y comienza su retroceso y la otra aguja marca el valor alcanzado en la ruptura del cilindro.
4. Se calcula dividiendo la carga máxima entre el área del cilindro y esa es la resistencia del concreto. (Ver Tabla III.5.1)

* Esta norma NMX C 083 solo es aplicable para concreto inferior a 500 kg/cm², y una relación altura diámetro de 2:1

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda que los especímenes se encuentren húmedos hasta el momento de su ensaye.

Después de hacer contacto la placa de carga con el espécimen no tratar de acomodarla, al principio se debe centrar.

Limpiar la superficie inferior y superior de la placa, así mismo las del espécimen.

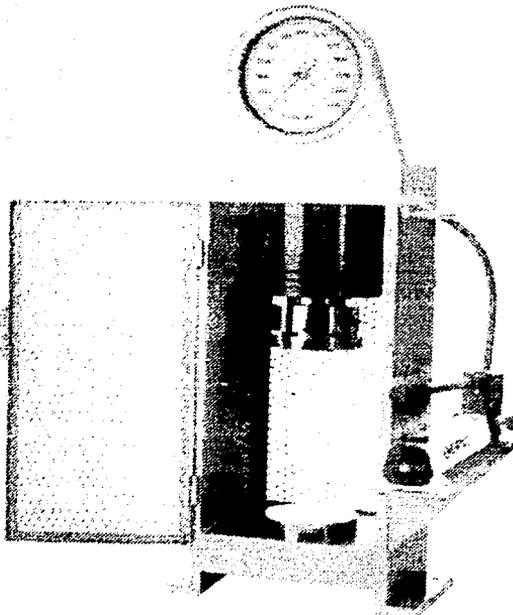


Fig. III.5.1 Prensa para Ensaye de cilindros de Concreto

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	ENSAYE:
E.N.E.P. ARAGÓN	FECHA:
ESTRADA GUERRERO JOSÉ NORBERTO	LUGAR:

DIAMETRO	ALTURA	ÁREA	CARGA	RESISTENCIA	EDAD ESPECIFICADA
cm	cm	cm	kg.	kg/cm ²	DÍAS
15.00	29.85	176.7	24600	139	3
14.90	29.95	174.4	29600	170	7
14.95	29.85	175.5	40200	229	28
15.05	29.85	177.9	40400	227	28

Tabla III.5.1 Prueba de Resistencia a la Compresión

III.6 ELABORACIÓN DE VIGAS DE CONCRETO*

Esta prueba nos sirve para determinar su resistencia a la flexión, con tamaño máximo de agregado hasta 50 mm.

MATERIAL Y EQUIPO

Viga rectangular de 15 x 15 x 50 cm. de acero
Cucharón
Carretilla
Varilla de 16 mm. de diámetro x 600 mm. de largo.
Vibrador si es necesario
Enrasador
Cuchara de albañil
Mazo de hule

PROCEDIMIENTO

1. Con el cucharón se debe vaciar el concreto, moviéndolo alrededor del molde para que la mezcla se vaya acomodando.
2. El llenado se realiza en dos capas con 75 golpes por capa.
3. La cuchara se mete a los lados de la viga para sacar el aire y que quede la superficie lisa.
4. Se varilla de acuerdo a su revenimiento.
5. Se vibra con revenimiento menor a 3 cm.
6. Se varilla o se vibra con revenimiento entre 3 y 8 cm.
7. Se varilla con revenimiento mayor a 8 cm.
8. El molde debe estar horizontal, sin que se mueva y sin golpear.

* Esta prueba se refiere a la norma NMX C 169

9. La última capa se debe enrasar para que tenga una superficie lisa al momento de su ensaye.
10. Se desmoldan los especímenes y se almacenan en agua a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$.
11. Durante el traslado de las muestras al laboratorio se debe tener cuidado para evitar que se dañen y transportarlas verticalmente.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda colocar la viga sobre una superficie horizontal, libre de vibraciones y que esté nivelada.

No exponer la muestra a los cambios bruscos de temperatura, como la lluvia y el sol, por que pueden variar sus características del concreto con la evaporación de agua, en caso de sol y aumento de agua en caso de lluvia.

III.7 PRUEBA DE CONTENIDO DE AIRE POR EL MÉTODO DE PRESIÓN

Esta prueba nos indica que tanto por ciento de aire por presión se encuentra en el concreto.

Esta prueba se refiere a la norma NMX C 157

EQUIPO

Cucharón

Varilla de compactación

Mazo de neopreno

Enrasador

Báscula de 120 kg

Molde cilíndrico para contenido de aire de acero u otro material rígido y de capacidad mínima de 6 litros. La cubierta debe de estar equipada con válvulas de aire, de expulsión de aire y de purga para la inyección o expansión de agua.

PROCEDIMIENTO

1. Se vacía el concreto a un tercio del volumen del molde
2. Se varilla sin tocar el fondo con 25 penetraciones
3. Se golpea con un mazo por la parte de afuera de 10 a 15 golpes para que salga el aire contenido en el concreto
4. Se procede a llenar la segunda capa con otros 25 golpes
5. Penetrando con la varilla 2 cm a la siguiente capa
6. Se llena de concreto la tercera capa
7. Donde debe haber un sobrante de más de 3 mm.
8. Se enrasa
9. Y se da un acabado fino
10. Se tapa y se cierra herméticamente

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

11. Se abren las válvulas
12. Se agrega agua por un lado de las válvulas
13. Hasta que salga agua por el otro lado
14. Se golpea con el mazo
15. Hasta que salga todo el aire
16. Se cierran las válvulas
17. Y se comienza a agregarle aire
18. Se abre la válvula donde se encuentra el manómetro
19. Se procede a tomar la lectura
20. Y ese es el por ciento de aire contenido en el concreto.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda tener mucho cuidado al realizar esta prueba, ya que se debe cerrar la válvula de tal manera que no tenga fuga de aire.

Tener cuidado en la hora de abrir una de las válvulas para la lectura del contenido de aire.

Se recomienda realizar la prueba en el menor tiempo posible a la hora de obtención del concreto.

Procurar que cierre bien el molde del cilindro para que no haya fuga tanto de aire como de concreto.

Después de terminar la compactación procurar que no falte concreto al momento del enrase.

III.8 MASA UNITARIA

La masa unitaria es la cantidad de materia contenida en un metro cúbico de concreto fresco (Kg/m^3).

Además esta prueba sirve para dosificar.

La masa unitaria se refiere a la norma NMX C 162.

EQUIPO

Molde cilíndrico de 18 litros con datos específicos dados.

Báscula

Varilla de compactación

Placa enrasadora de metal al menos 6 mm de espesor plana donde cuyo ancho y longitud debe ser 5 cm mayor que su diámetro.

Mazo de neopreno

PROCEDIMIENTO

1. Se llena el molde en tres capas
2. La primera capa se llena aproximadamente a un tercio de la capacidad del volumen del molde
3. Se procede a compactar con la varilla a 25 penetraciones
4. Se golpea con un mazo en su exterior para que se llenen los huecos
5. Se llena la segunda capa a dos tercios de la capacidad del volumen del molde
6. Se compacta con 25 penetraciones
7. Enseguida se golpea sobre el exterior del molde con un mazo
8. En la última capa debe haber un excedente de concreto
9. Para poder enrasar con la placa enrasadora
10. Se pesa el molde con el concreto enrasado y
11. el resultado es la masa bruta
12. Se calcula la masa unitaria

La masa neta es la masa bruta menos el peso del molde.

$$M_{\text{neto}} = M_{\text{bruta}} - M_{\text{recipiente}}$$

La masa unitaria es la masa neta por el factor del molde.

$$M_u = M_{\text{neto}} \times \text{Factor del recipiente}$$

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar esta prueba en el sitio del colado.

Se recomienda realizarla en el tiempo menor posible, por que se puede endurecer el concreto y los resultados que se obtengan serían falsos.

El menor número de pasadas debe de realizarse al enrasar la muestra del molde.

III.9 ÍNDICE DE REBOTE DEL CONCRETO USANDO ESCLERÓMETRO

El índice de rebote empleando esclerómetro se refiere a:
la norma NMX C 192.

EQUIPO

Martillo de rebote o esclerómetro

PROCEDIMIENTO

1. Antes de iniciar la prueba debes de eliminar de la superficie polvo o cualquier elemento que no sea concreto, que afecte el índice de rebote.
2. Si encuentras un concreto poroso deberás pulir con la piedra abrasiva hasta que quede liso.
3. Colocar el esclerómetro en forma perpendicular al elemento
4. Ejercer una pequeña presión
5. Hasta liberar el émbolo
6. Déjalo extender hasta alcanzar su longitud máxima
7. Reduciendo la presión sobre el dispositivo
8. Presionar hasta golpear la superficie bajo prueba
9. Después del impacto se oprime el botón pulsador
10. Tomamos la lectura que marca el esclerómetro
11. Tomar mínimo 10 lecturas

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda que la superficie esté lisa sin corrugas, ni porosa

El esclerómetro debe colocarse perpendicular a la superficie de prueba

Tener cuidado a la hora de presionar el botón, al momento del impacto, por la presión que ejerce el aparato

Se recomienda no tocar con la mano la punta del esclerómetro ya que nos ocasionaría problemas con el impacto.

CAPITULO IV

ASFALTOS

CAPITULO IV

ASFALTOS

En este capítulo trataremos las pruebas de laboratorio que se realizan en campo a los asfaltos durante la construcción de una vía terrestre.

La mayor parte de los asfaltos que se emplean hoy en día provienen de la refinación del petróleo, los asfaltos refinados producen distintos tipos como son los sólidos, líquidos, fluidos, etc.

Este material es el que se coloca en una vía terrestre es lo que llamamos la carpeta asfáltica, producida por los asfaltos y en combinación con otros materiales formamos esta mezcla.

Mencionaremos alguna pruebas de laboratorio de campo que con mayor frecuencia se realizan a una carpeta asfáltica.

Las ventajas de tener un laboratorio de campo nos ayuda a seguir las especificaciones de proyecto al pie de la letra para tener una mayor seguridad de lo que estamos construyendo y lo que se está realizando, puede ser que sea costoso el tener un laboratorio en el lugar al momento en que se requiera, pero es de mucha importancia por la confiabilidad que se tenga al momento en que se necesite.

IV.1 MUESTREO

Esta prueba consiste en la obtención de una porción de mezcla asfáltica para su análisis y que características tiene ese material.

Hacemos referencia en las normas de la S.C.T.*

EQUIPO

Charola rectangular de 40 X 60 cm.

Cucharón

Termómetro de 0 a 300°C

Carretilla

Pala

PROCEDIMIENTO

1. Obtener una muestra representativa para su análisis de mezcla asfáltica
2. Cubrir con una lona para que la muestra no pierda temperatura antes de utilizar la muestra
3. Después se harán las pruebas que se requieran en el lugar
4. Posteriormente se realizarán en el lugar las pastillas Marshall
5. La obtención de las muestras se efectúa en el sitio de elaboración de tendido de carpeta asfáltica ó en la planta de fabricación
6. El muestreo se hará de acuerdo al volumen y de acuerdo al número de pruebas que se requieran determinar sus características de la mezcla

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Para la obtención de las muestras hay que tener un especial cuidado, en que no se contamine el material.

Se recomienda realizar el muestreo durante el tendido de la carpeta asfáltica y que no pierda temperatura rápidamente y sea más real la prueba, al mismo tiempo poder realizar las pruebas necesarias en el lugar.

* SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

IV.2 ELABORACIÓN DE PASTILLAS MARSHALL EN CAMPO

Esta prueba sirve para conocer su peso volumétrico máximo.

Comparar esta prueba con la de extracción de corazones se da a conocer el grado de compactación de la carpeta asfáltica.

Se hace referencia en las normas para muestreo y pruebas de los materiales de la S.C.T.

MATERIAL Y EQUIPO

Moldes metálicos para compactación de 101.6 mm de diámetro y 87.3 mm de altura con su collarín (Ver fig. IV.2.2.).

Vernier

Termómetro

Pedestal de compactación

Pisón de compactación

con superficie circular , 98.4 mm de diámetro,
con una pesa deslizante de 4536 g y
una altura de 457.2 mm.(Ver fig. IV.2.1).

Balanza

Guantes

Cucharón

Charola rectangular

Espátula

Papel filtro

Aparato metálico para sujetar los moldes de compactación.(Ver fig. IV.2.1).

Equipo de extracción de moldes.

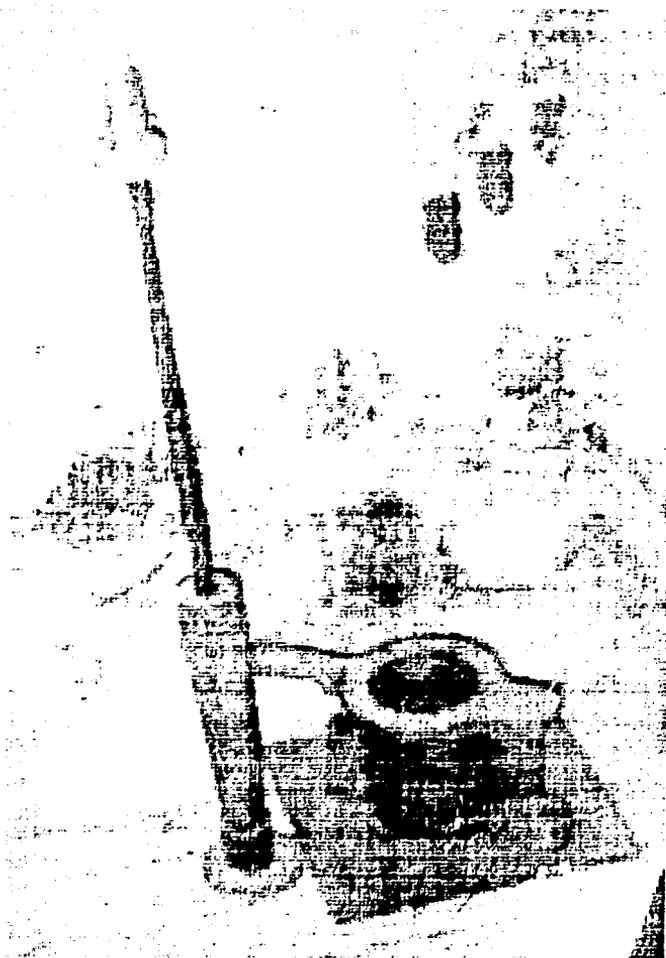


Fig. IV.2.1 Equipo Marshall

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

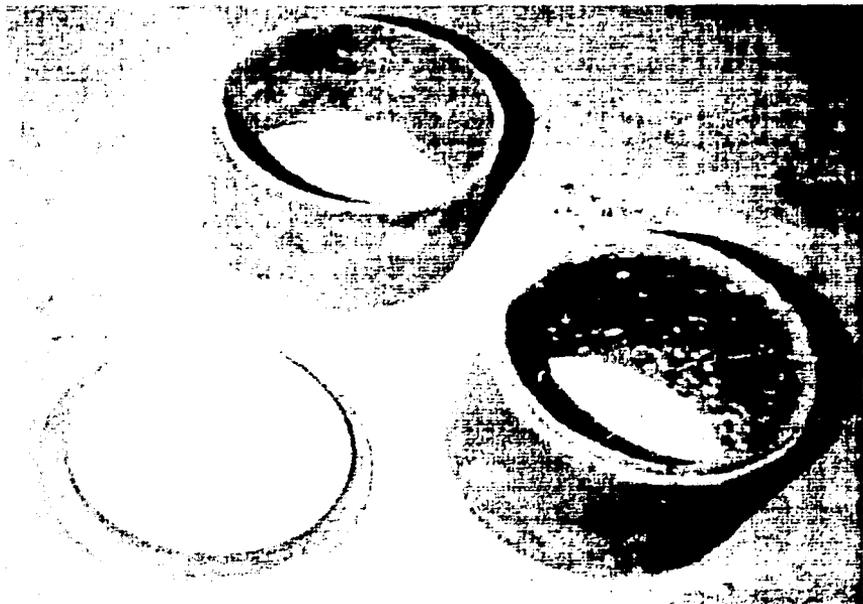


Fig. IV.2.2 Moldes cilíndricos de Compactación

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO

1. Antes de iniciar la prueba los moldes deben estar limpios
2. Y aceitados
3. Calentar el molde y el martillo a una temperatura entre 95 y 150°C
4. Se coloca el molde con el collarín sobre el pedestal de compactación
5. Se coloca en el fondo un papel filtro
6. Tomamos una muestra y pesamos entre 1100 y 1200 gr.
7. Se acomoda con la espátula metiéndola 15 veces sobre la orilla y 10 veces sobre el centro
8. Se acomoda la parte superior del material de tal forma que quede abombada
9. Se coloca encima del material otro papel filtro
10. Se sostiene el molde y se procede aplicar 75 golpes con el pisón
11. Se remueve el collarín
12. Se invierte el molde
13. Y se procede aplicar otros 75 golpes
14. Se quita la extensión y la placa base
15. Se sumerge el molde en agua fría con la muestra compactada
16. Se extrae del molde y se encuentra lista para su ensaye
17. Se determina la altura del espécimen y se identifica.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar esta prueba en el sitio de interés.

Además debemos de evitar que la mezcla no pierda temperatura.

Esta prueba se recomienda realizarla sin que haya cambios bruscos de temperatura.

Se recomienda que los moldes estén a la misma temperatura que la mezcla asfáltica para que no se enfríe rápidamente la mezcla.

IV.3 PRUEBA DE PERMEABILIDAD MÉTODO DEL ARO Y DEL CONO

Este método sirve para conocer que tan permeable es la carpeta asfáltica.
Se hace referencia en las normas de la S.C.T.

EQUIPO

Cronómetro

Probetas graduadas

Aro de lámina galvanizada de 25 cm. de diámetro interior y 5 cm de altura. (Ver fig. IV.3.1)

Cono de bronce de 2.5 cm de altura y base de 2 cm de diámetro. (Ver fig. IV.3.1)

Cubeta con agua

Plastilina o mastique

PROCEDIMIENTO

1. Se busca al azar una zona de carpeta donde se pueda filtrar el agua
2. Colocamos el aro sobre la carpeta
3. Por la parte exterior entre el aro y la carpeta se coloca mastique o plastilina para tapar los vacios entre si
4. Se coloca el cono en el centro del aro
5. Se agrega agua con las probetas graduadas
6. Hasta cubrir el cono hasta el vértice
7. En ese momento se acciona el cronómetro durante diez minutos
8. Se agrega mas agua si se infiltra a través de la carpeta
9. Con las probetas graduadas
10. Se mantiene constante el nivel inicial de agua
11. Indicado por el vértice del cono
12. Registramos el volumen de agua que se agrego al aro con la probeta graduada.

El índice de permeabilidad se calcula como sigue:

$$I_p = \frac{V_f}{V_t} \times 100 = 0.08 V_f$$

En donde:

- I_p es el índice de permeabilidad en el lugar de prueba (%).
- V_f es el volumen de agua que se filtra sobre la carpeta en el tiempo de prueba (cm^3).
- V_t es el volumen del aro y por su altura del cono es de 1247 cm^3 .
- 0.08 es la división de 100 entre 1247.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Esta prueba se recomienda realizarla en el sitio donde haya más poros para ver que tan permeable es la carpeta.

Se debe colocar bien la plastilina para que no haya fugas de agua.

Se recomienda que no haya corrientes de aire ni lluvia al realizar ésta prueba.



Fig. IV.3.1 Prueba de Permeabilidad

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.4 EXTRACCIÓN DE CORAZONES CON MÁQUINA PERFORADORA

Esta prueba sirve para conocer su peso volumétrico del lugar y espesor.

Podemos conocer el grado de compactación de su peso volumétrico del lugar entre el peso volumétrico máximo ^m.

Se hace referencia en las normas de la S.C.T.

EQUIPO

Equipo para extracción de corazones.- motor eléctrico con flecha hueca para inyectar agua y enfriar la broca. (Ver fig. IV:4.1)

Broca hueca de pared delgada de diamante. (Ver fig. IV.4.2)

Generador de corriente de 110 volts mínimo

Pala

Pico

Cucharón

Agua

PROCEDIMIENTO

1. Colocar la máquina en el sitio de interés de la carpeta asfáltica
2. Se comienza a utilizar colocando la broca de diamante sobre el sitio de prueba
3. El cilindro puede ser en concreto asfáltico ó concreto hidráulico
4. Al mismo tiempo que se debe agregar agua al momento de utilizar la máquina al extraer el corazón.
5. Con la manija se va girando de tal manera que la broca de diamante se va introduciéndose en la carpeta.

^m El peso volumétrico máximo es conocido de la prueba Marshall

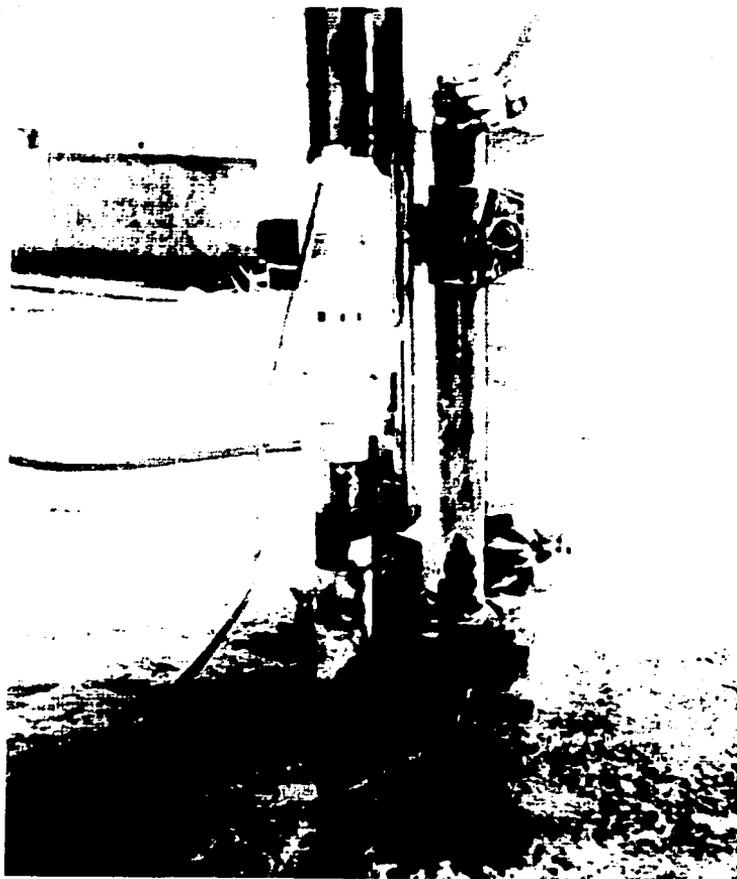


Fig. IV.4.1 Equipo de Extracción de Corazones

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

La máquina debe colocarse perpendicular a la carpeta asfáltica para que el corazón no salga chueco.

No dejar de agregar agua, porque se pega a la broca de diamante.

Transportar con cuidado el corazón para que no sufra alteraciones.

Identificar el corazón en caso de alguna anomalía.



Fig. IV.4.2 Broca de de Extracción de Corazones

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.5 MUESTREO EN RIEGOS ASFÁLTICOS

Esta prueba sirve para tomar muestras y así mismo conocer características y calidad de los asfaltos.

Se hace referencia de las normas de la S.C.T.

EQUIPO

Recipiente de metal o de vidrio con tapa el cual sirve para llevar el material al laboratorio y analizar sus características. (Ver Fig. IV.5.1)

Termómetro

Estopa

Guantes

PROCEDIMIENTO

1. Extraer una muestra representativa del material asfáltico del tanque de la petrolizadora
2. Checar la temperatura del material antes de colocarlo
3. Tomar el suficiente material para poder realizar las pruebas adecuadas, es decir, momentos antes que tire se toma la muestra
4. Tomar mínimo dos muestras para su ensaye
5. Los envases deben estar limpios y secos para poder tomar la muestra
6. Obtenidas las muestras deben quedar bien tapadas, para que no sufran alteraciones hasta el momento de su ensaye
7. Hay que identificar las muestras, colocando todos sus datos.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar la muestra en la parte media de la petrolizadora para conocer sus propiedades.

Cuando se toma la muestra no debe de contaminarse con ningún otro tipo de material.

El envase que utilizaremos debe de estar completamente limpio e identificado.

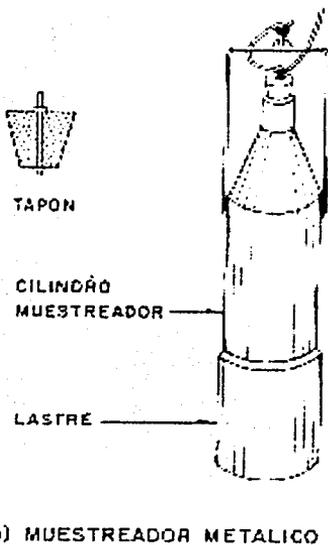
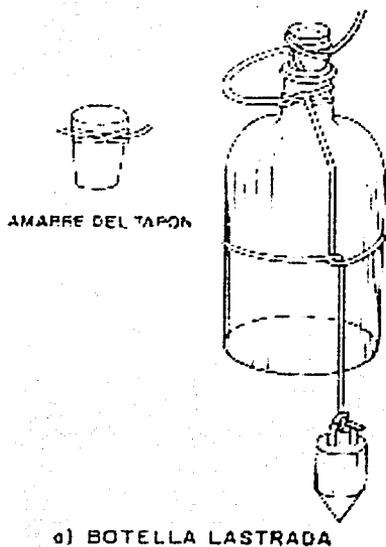


Fig. IV.5.1 Recipientes Para Muestreo de Riegos Asfálticos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Las pruebas de laboratorio de campo son de gran importancia durante la construcción de una obra, como son en terracerías, concreto asfáltico y concreto hidráulico.

Cuando llegamos a un lugar tomamos una pequeña cantidad de material de suelo con la palma de la mano inmediatamente podemos analizarlo, clasificarlo e identificarlo, esto se da de acuerdo a la experiencia en campo.

En las pruebas al concreto hidráulico hacemos referencia de las normas mexicanas y el procedimiento durante el desarrollo de la prueba que se van a realizar, sus recomendaciones y observaciones en cada una de ellas.

Cuando se requiere construir una obra nos olvidamos que se pueden realizar distintos tipos de pruebas en campo, lo que se recomienda es tener un laboratorio en campo.

Es indispensable contar con recursos económicos para elaborar las pruebas requeridas y tener los conocimientos indispensables para mejor control de calidad durante el desarrollo de la obra; y que se cumplan con las especificaciones de proyecto, podemos decir, que el realizar pruebas a los materiales, concretos y asfaltos nos permite ofrecer resultados más confiables, y seguros de lo que estamos realizando durante la construcción de la obra.

Sabemos que el realizar pruebas en una obra pueden ser costosas pero por otro lado es recomendable tener un laboratorio en campo, además de que se facilita para la obtención de controles en un tiempo relativamente corto, de lo contrario sería más problemático no tener resultados a tiempo, y de que se retrase la obra; por que al no supervisarse y no realizar ningún tipo de prueba no existe certeza en la calidad de los trabajos realizados.

En terracerías y concreto asfáltico se hace referencia a las normas vigentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El objetivo que aporta ésta tesis es presentar los conocimientos de las normas vigentes a estudiantes de Ingeniería Civil a cerca de las pruebas de laboratorio en campo que existen realmente hoy en día, su procedimiento de elaboración y de algunas recomendaciones que se dan en la realización práctica de cada una de éstas.

Su utilidad es tener los conocimientos de cada una de las pruebas y realizarlas con exactitud en el ramo profesional a la vida cotidiana para un mejor control de calidad de la obra en construcción.

BIBLIOGRAFÍA

1. Normas para muestreo y pruebas de los materiales equipos y sistemas.
Libro 6 S.C.T.
Parte 6.01 Carreteras y aeropistas.
Pavimentos II Tomo 1 y 2.
México D.F.: 1991.
2. Mecánica de Suelos.
Comisión Nacional del Agua.
Colección Breviarios del Agua.
Instructivo Para Ensaye de Suelos.
México D.F.: 1990.
3. Fundamentos de Mecánica de Suelos.
Juárez Badillo Eulalio.
Rico Rodríguez Alfonso.
Editorial Limusa.
Tomo 1.
4. Tecnología del concreto.
Neville M. Adam.
Editorial Limusa.
México D.F. 1989.
5. Instructivo para efectuar pruebas en suelos.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Vol. 1.
México D.F. 1991.
6. Instructivo para Efectuar Pruebas en Materiales de pavimentación.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Vol. 2.
7. Normas Oficiales Mexicanas.