

44  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**"ARAGON"**

FALLA DE ORIGEN

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN PAVIMENTOS**

**TESIS PROFESIONAL**

Que para obtener el título de:  
**INGENIERO CIVIL**

Presenta:

**JOSE LUIS KU TUN**

**MEXICO, D.F.**

**1995**





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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

JOSE LUIS KU TUN  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 2 de junio del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. RICARDO RODRIGUEZ CORDERO, pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN PAVIMENTOS", 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 HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., Junio 23, 1993.  
EL DIRECTOR

  
M. I. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



- C.c.p. Lic. Alberto Ibarra Rosas.- Jefe de la Unidad Académica.  
- Ing. José Paulo Mejorada Mota.- Jefe de Carrera de Ingeniería Civil.  
- Ing. Ricardo Rodríguez Cordero.- Asesor de Tesis.

CCMC\*AIR\*com.




UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON  
UNIDAD ACADEMICA

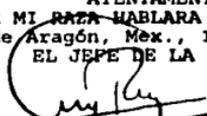
M en I DANIEL VELAZQUEZ VAZQUEZ  
Jefe de la Carrera de Ingeniería Civil,  
P r e s e n t e.

En atención a su solicitud de fecha 13 de marzo del año en curso, por la que se comunica que el alumno JOSE LUIS KU TUN, de la carrera de Ingeniería Civil, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN PAVIMENTOS", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del examen profesional.

Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Mex., 14 de marzo de 1995  
EL JEFE DE LA UNIDAD

  
LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS

✓  
c c p Asesor de Tesis.  
c c p Interesado.

AIR'11a



## **Dedicatorias**

### **A mis padres:**

*Dados Luis Xu y Ma. Marcela Tson*

*Por sus desvelos y sacrificios he logrado  
cumplir con una de las metas mas importantes de mi  
vida.*

### **A mis hermanos:**

*Arina Homero.*

*Juan Martin.*

*Lidia Naomi.*

### **A mis Amigos:**

*Por los que siempre he  
contado en las buenas y  
en las malas.*

**Al Ing. Ricardo Rodríguez Cordero:**

*Por la orientación y paciencia  
para la culminación de este trabajo.*

**A mis Profesores:**

*Por compartir sus conocimientos  
y consejos.*

**" PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO  
EN PAVIMENTOS "**



FALLA DE ORIGEN

# INDICE

	<i>Página</i>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I : Terreno natural.....</b>	<b>5</b>
Desmorte.....	6
Roza.....	7
Tala.....	10
Desenraice.....	15
Limpia y quema.....	17
Despalme.....	19
Compactación.....	19
<b>Capítulo II : Terracerías.....</b>	<b>22</b>
Corte.....	26
Ejecución de cortes.....	30
Préstamos.....	34
Préstamos laterales.....	34
Préstamos de banco.....	35
Diagrama de masas.....	36
Características de la curva de masas.....	39
Acarreo para terracerías.....	42
Acarreo.....	42
Sobrecarreo.....	45
Terraplenes.....	46
Cuerpo del terraplén.....	46
Materiales compactables.....	46
Materiales no compactables.....	49
Compactación de terraplenes.....	50

Terrapienes en suelos blandos.....	51
Capa subrasante.....	54
Funciones de la capa subrasante.....	54
Construcción de la capa subrasante.....	55
Compactación.....	56
Rodillos metálicos.....	57
Rodillos de neumáticos.....	58
Rodillo pata de cabra.....	58
Rodillo de impacto.....	59
<b>Capítulo III : Bases y subbases.....</b>	<b>62</b>
Clasificación de materiales.....	65
Materiales rodados.....	65
Materiales de cantera.....	66
Tratamiento de materiales.....	66
La curva granulométrica.....	69
Estabilizaciones.....	71
Estabilización con cloruro cálcico o sódico.....	72
Estabilización con cemento.....	73
Estabilización con cal.....	80
Estabilización con productos bituminosos.....	82
Estabilización química.....	84
Compactación.....	84
<b>Capítulo IV : Carpetas asfálticas.....</b>	<b>88</b>
El asfalto.....	91
Funciones de los pavimentos flexibles.....	92
Funciones del cemento asfáltico.....	95
Tipos de productos asfálticos.....	97
Tipos de asfaltos rebajados.....	99

Tipos de carpetas.....	109
Carpetas por el sistema de riegos.....	109
Carpetas de un riego.....	111
Carpetas de dos riegos.....	113
Carpetas de riegos múltiples.....	114
Carpetas por el sistema de mezcla en el lugar.....	115
Carpetas de concreto asfáltico.....	119
Procedimiento de construcción de concreto asfáltico.....	120
Descripción de fallas en pavimentos flexibles.....	130
Reparación de vías terrestres.....	133
Mantenimiento normal o preventivo.....	133
<b>Capítulo V : Carpetas de concreto hidráulico.....</b>	<b>137</b>
Propiedades en gravas y arenas.....	139
Juntas de contracción.....	141
Juntas de dilatación.....	142
Juntas de construcción.....	143
Procedimiento de construcción.....	145
Fallas en pavimentos rígidos.....	146
Conservación en pavimentos rígidos.....	147
<b>Capítulo VI : Control de calidad.....</b>	<b>150</b>
Objetivo del control de calidad.....	151
Granulometría.....	153
Límites de ATTERBERG.....	156
Límite plástico.....	160
Contracción lineal.....	161
Porter estándar.....	162
Valor relativo de soporte (VRS).....	165
Valor cementante.....	168
Proctor (SOP).....	169
Porter modificada.....	170

<b>Cuerpo de ingenieros.....</b>	<b>172</b>
<b>Método compresión sin confinar.....</b>	<b>174</b>
<b>Compactación por carga estática.....</b>	<b>175</b>
<b>Compactación por impactos.....</b>	<b>175</b>
<b>Destilación de asfaltos.....</b>	<b>177</b>
<b>Viscosidad de asfaltos.....</b>	<b>178</b>
<b>Penetración de asfaltos.....</b>	<b>180</b>
<b>Punto de incendio.....</b>	<b>181</b>
<b>Asentamiento en tres días.....</b>	<b>182</b>
<b>Carga de la partícula.....</b>	<b>182</b>
<b>Método MARSHALL.....</b>	<b>184</b>
<b>Revenimiento.....</b>	<b>187</b>
<b>Fluidez.....</b>	<b>187</b>
<b>Resistencia a la compresión.....</b>	<b>189</b>
<b>Determinación de resistencia con esclerómetro.....</b>	<b>191</b>
<b>Extracción de núcleos de concreto.....</b>	<b>193</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>196</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>199</b>

# INTRODUCCION



## **INTRODUCCION**

Las obras de tierra son, con frecuencia, la partida más importante del presupuesto del camino. Al formar los cortes ó terrapienes, se ocupa una superficie que hay que expropiar. en algunas ocasiones hay que revestir y siempre conservar, los taludes de los cortes y terrapienes por último es preciso conocer los volúmenes de tierra que en una u otra forma se tendrán que mover.

Por necesidad, los primeros caminos fueron de tipo peatonal (veredas) que las tribus nómadas formaban al recorrer las regiones que les proporcionaban sus alimentos, posteriormente al volverse sedentarias estos caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista.

Con la invención de la rueda apareció, la carreta jalada, ya fuera por humanos o por bestias, para lo cual fué necesario acondicionar los caminos para que el tránsito se desarrollará lo más rápido y cómodo posible.

Cuando los caminos peatonales tenían terrenos blandos o de lodazales, trataban de mejorar el camino colocando piedras en el mismo, que les evitara resbalar o que sus piés se hundieran en el lodo, estos revestimientos fueron desde piedras machacadas hasta empedrados, estas piedras de los caminos o de los revestimientos tenían la finalidad de recibir las cargas sin ruptura estructural y de distribuir los esfuerzos, en zonas cada vez más amplias, para ser soportados por el terreno natural.

Con la invención del automóvil que ha tenido un rápido desarrollo en primer lugar se acondicionaron los antiguos caminos de carretas para después sufrir grandes transformaciones. en su geometría y su estructuración, como en el problema de la excavación que se tienen que observar los medios necesarios para realizarla , los cuales varían con la naturaleza del terreno, que desde este punto de vista se pueden clasificar en los siguientes:

- 1.- Terrenos sueltos.
- 2.- Terrenos flojos.
- 3.- Terrenos duros.
- 4.- Terrenos de tránsito.
- 5.- Terrenos de roca blanda.
- 6.- Terrenos de roca dura.
- 7.- Terrenos de roca muy dura.

Los terrenos 1,2,3, pueden excavar a mano, con pico y pala o medios similares movidos mecánicamente (excavadoras de diferente tipo etc.).

El terreno de tránsito # 4. exige la utilización de la barra para iniciar su desintegración.

La roca en sus diferentes tipos 5,6,7, exige el empleo de explosivos.

Apartir del año de 1925, se han construido en México diferentes tipos de caminos, estructurándose de acuerdo con las necesidades para las que fueron concebidos, basándose principalmente en el peso y velocidad del tránsito.

En la actualidad se entiende por pavimento al conjunto de capas constituidas por materiales seleccionados, que proporcionan una superficie de rodamiento adecuada, que resista los esfuerzos originados por el tránsito y los transmita adecuadamente distribuyéndolos a las terracerías.

Para el correcto funcionamiento, deberá tomarse en cuenta que en él intervienen la calidad y espesores de los materiales de pavimento, de las terracerías y terreno natural por lo que la estructura debe analizarse en forma integral.

De acuerdo a la definición de pavimento, será necesario asegurarse de que los esfuerzos originados por el tránsito, que actúen en las diferentes capas y terracerías, sean de tal magnitud.

Que la suma de las deformaciones acumuladas durante la vida útil de la obra sean menores o cuando menos iguales a la deflexión total permitida en la superficie de rodamiento.

En el caso de los caminos de la república, algunos caminos con la vida útil de servicio cumplida, o rebasada ; presentan agrietamientos superficiales, únicamente en la carpeta, para corregir este tipo de fallas, será suficiente proporcionar una adecuada sustentación a las carpetas, que podrían ser por medio de la construcción de bases asfálticas.

Las bases asfálticas se elaboran con mezclas de un producto asfáltico (emulsión asfáltica, rebajado asfáltico, o cemento asfáltico) y material pétreo de granulometría continua de tamaño máximo de 2 pulgadas, sobre la carpeta agrietada se construye la base asfáltica con espesor aproximado de 15 Cm y sobre ésta se colocará una carpeta asfáltica de unos 7 Cm de espesor.

**Una carpeta asfáltica es la parte superior de la estructura de un pavimento flexible, está constituida con la combinación de un material pétreo y un producto asfáltico; este último sirve como aglutinante, manteniendo unidas las partículas del material pétreo y facilitando la transmisión de las cargas producidas por los vehículos a las capas inferiores .Es la capa de mayor calidad dentro de toda la estructuración de un pavimento y la mas costosa, sus principales funciones son:**

**Proporcionar una superficie de rodamiento adecuada que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo, impedir la filtración de agua de lluvia hacia las capas inferiores del pavimento que ocasionaría una disminución en su capacidad para soportar cargas.**

***En la actualidad existen tres tipos de carpetas asfálticas:***

**Carpetas de riego o macadam, son las que se construyen mediante uno, dos o tres riegos de material asfáltico, cubiertos sucesivamente con materiales pétreos de diferente tamaño cada capa, quedando siempre el tamaño más pequeño en la superficie.**

**Carpetas por el sistema de mezclas en el lugar, son las que se construyen en la carretera mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y un material asfáltico.**

**Carpetas de concreto asfáltico, son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos.**

**El material pétreo utilizado para la elaboración de carpetas, debe tener características de:**

**Granulometría, forma y no ser fácilmente intemperizable. El material asfáltico puede ser cemento asfáltico, asfalto rebajado o emulsión asfáltica.**

**También existen pavimentos rígidos los cuales son losas de concreto hidráulico, que se construyen sobre la subbase y proporcionan la superficie de rodamiento y las principales propiedades que deben ser observadas en las gravas y arenas que lo componen son:**  
**dureza, plasticidad, sanidad, forma de la partícula y granulometría.**

# CAPITULO I

## TERRENO NATURAL

## Capítulo I.

### TERRENO NATURAL

El terreno natural es el sitio donde se desplantan las obras, para las terracerías. se podrá definir. el *terreno natural* como la franja de terreno que se encuentra dentro del derecho de vía, que se verá afectada en su estructura por la construcción de una obra vial, y recibe las cargas del tránsito distribuidamente a través de toda la estructura.

Se puede decir que si el terreno natural tiene una resistencia de al menos un kg / cm<sup>2</sup>. y la altura de cortes y terraplenes no son mayores a tres metros, el comportamiento de la estructura es adecuada y se podrá construir con los procedimientos tradicionales en caso contrario se tendrá que realizar estudios de mecánica de suelos relativos a la resistencia y de formación a través de pruebas triaxiales y de consolidación así como de estudios de estabilidad de taludes.

El *derecho de vía* se puede decir que es la franja de terreno necesario para la construcción, conservación, o en su caso para la ampliación de un camino.

El procedimiento de construcción: consiste en tres fases.

**Desmante :** tala  
desenraice  
roza

**Despalme :**

**Compactación :** si se requiere

El **desmante**; Consiste en quitar toda la vegetación dentro del derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos de materiales con el objeto de evitar la presencia de material vegetal en la obra e impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad el desmante comprende cualquiera de las siguientes operaciones:

**Rosa:** consiste en quitar la maleza, hierba, zacate.

**Tala:** consiste en cortar los arbustos y árboles.

**Desenraice:** consiste en quitar los troncos, tocones con raíces o cortando éstas.

**Limpia y quema :** consiste en retirar el producto del desmonte a un lugar previamente destinado, estibar y quemar, el que ya no se utilice.

**El desmonte a mano ;** Se utiliza para pequeños matorrales y terrenos de grandes superficies pantanosas y abruptas que dificulten el uso de las máquinas, el método mas económico puede ser cortado a mano además con algo de trabajo manual se facilita mucho la mayoría de los métodos con maquinaria.

**En el desmonte con maquina;** El bulldozer es la máquina adecuada para el desmonte trabaja mejor cuando el terreno es suficientemente firme para soportarlo y cuando no hay zanjas, hoyancos, lomas pronunciadas y rocas, las superficies desiguales dificultan mantener la cuchilla en contacto con el piso y mas que remover la vegetación, la entierran en los hoyos. sin embargo, existen pocos lugares a donde un bulldozer no puede ayudar a la cuadrilla que desmonta a mano, desmontando superficies en las que puede operar, moviendo troncos y cortando matorrales, abriendo caminos para los camiones de abastecimiento.

**Rosa :** La maleza, el césped suave y los matorrales ligeros o medianos pueden ser cortados por un rastro de discos pesado, los discos deben ser con escotadura y con diámetro de veinticuatro pulgadas o más deberán ser lastrados y remolcados por un tractor suficientemente potente que pueda viajar a razón de varias millas por hora ya que la velocidad aumenta su efectividad.

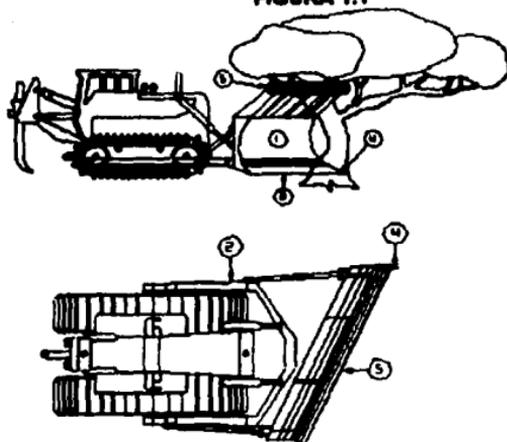
**El desintegrador Bushwackey** desbarata los matorrales y árboles hasta de seis pulgadas de diámetro, dejando pequeños fragmentos que son como arroyo para el terreno.

Un azadón giratorio de suficiente peso puede cortar en fragmentos, matorrales, raíces y pequeños retoños, que se pueden mezclar con la tierra, se obtienen mejores resultados equipando la máquina con cuchillas especiales para matorrales que reducen el que las ramas y enredaderas se enreden alrededor del rotor.

**La hoja limpiadora** sirve para cortar vegetación, arbustos y pequeños árboles al ras del suelo, así como para cortar y derribar árboles mas grandes. como se puede observar en la fig.1.1.

- 1).- La hoja misma, que es similar a la de la hoja topadora.
- 2).- El chasis en C para la conexión de la hoja al tractor en lugar de un chasis en C, se usan dos brazos pesados, una a cada lado del tractor, el brazo izquierdo es mas largo que el brazo derecho, por que la hoja limpiadora trabaja en una posición inclinada a la derecha.
- 3).- La hoja esta provista de una cuchilla con un borde cortante afilado, que sirve para cortar la vegetación al ras del suelo
- 4).- Al lado izquierdo, la hoja tiene una punta pinchadora o ariete con forma de cuña, para dividir troncos grandes, primero en secciones, luego se cortan estas con la cuchilla.
- 5).- En su parte superior la hoja está provista de una barra empujadora para derribar los árboles mientras que la cuchilla los corta por debajo. además esta barra empuja la vegetación hacia delante, manteniendo el material ligeramente doblado para facilitar el corte.

FIGURA 1.1



**Operación:**

Con la cuchilla al ras del suelo, se cortan los árboles, arbustos pequeños y se empuja el material cortado hacia un lado limpiando un espacio de veinte hasta cuarenta metros.

Luego el tractor retrocede y se coloca en posición para cortar y acomodar el material de una sola pasada. Al terminar las primeras pasadas el operador hace una vuelta de ciento ochenta grados, para empezar en sentido contrario.

**Cortadora de tallos:**

Mediante la cortadora de tallos se puede aplastar esta vegetación y parcialmente incorporarla en la capa superior del suelo.

La *cortadora rotativa* es una máquina adecuada para picar la vegetación en un estado temprano de su desarrollo, la ventaja de esta operación es que el material picado se incorpora fácilmente por eso se utilizan estas máquinas para mantener limpio de vegetación no deseada.

La cortadora de tallos consiste en lo siguiente:

- 1).- Rodillo pesado.
- 2).- Seis o mas cuchillas.
- 3).- Cortadora rotativa.  
un rotor con dos cuchillas pesadas (giran a mas de 1000 rpm).
- 4).- La conexión de la cuchilla al rotor mediante un perno cuando la cuchilla encuentra un obstáculo puede doblarse.
- 5).- Tapa protectora de la cortadora.
- 6).- Mando por medio de la toma de fuerza.
- 7).- Rueda trasera y su pivote, sirve para mantener una profundidad uniforme de trabajo.

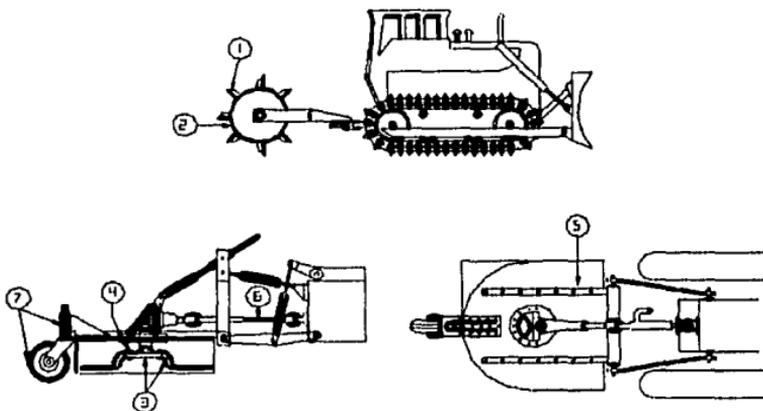


FIGURA 1.2

#### Tala:

**Corte con sierra;** si los árboles son valiosos pueden ser aserrados y las sierras pueden ser mecánicas operadas por cuadrillas de uno a tres hombres o manuales, para cortes transversales al árbol se le debe hacer una muesca en el lado en que debe caer y después cortarse a través desde el otro lado.

FALLA DE ORIGEN

Un árbol puede caerse contra otros árboles y por lo tanto no llegar al suelo si se dispone de maquinaria, se puede encadenar y jalar el tronco hasta que caiga el extremo superior, si el tronco no se mueve deberá cortarse en el aire tomando en cuenta los esfuerzos que esta posición da al tronco.

**Desenrame:**

Cuando el árbol ya está en el suelo deben cortarse las ramas lo mas a ras posible con el tronco, antes de que otros árboles se le caigan encima, formando una maraña, las ramas pequeñas y la madera mas pesada que se vaya a desperdiciar debe ser apilada, cortada o removida.

**Cable arrastre:**

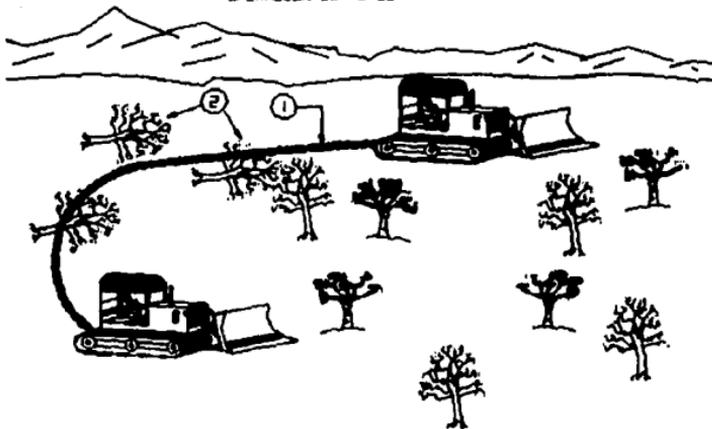
Dos potentes tractores bulldozers pueden comenzar a desmontar, moviéndose a través de la vegetación en caminos paralelos arrastrado un pesado cable entre ellos. este cable deberá ser suficientemente fuerte para aguantar el tiro de ambos tractores y suficientemente largo para que no jale los árboles por la parte superior en la primera pasada el cable jalará la mayor parte de la vegetación, desenraizándola o rompiéndola algo, se hace un viaje de regreso sobre el mismo camino, un tercer bulldozer puede seguirlos para ayudar con cualquier árbol que el cable no pueda manejar y empujar.

**Operación con cadena y hoja topadora:**

- 1).- La cadena debe tener una longitud aproximada de 30 mts. y un peso de 5 ton.
- 2).- Luego de la pasada, la vegetación queda inclinada y parcialmente desenraizada.
- 3).- Se corta las raíces al rededor del árbol.
- 4).- En caso de árboles grandes se construye primero una rampa con la hoja topadora. esta rampa sirve para atacar el árbol desde el punto mas alto.
- 5).- Con la hoja se derriba el árbol.

ver fig. 1.3.

OPERACION CON CADENA



OPERACION CON HOJA TOPADORA

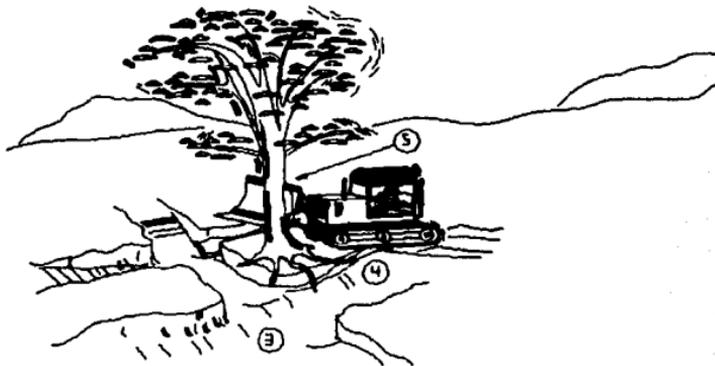


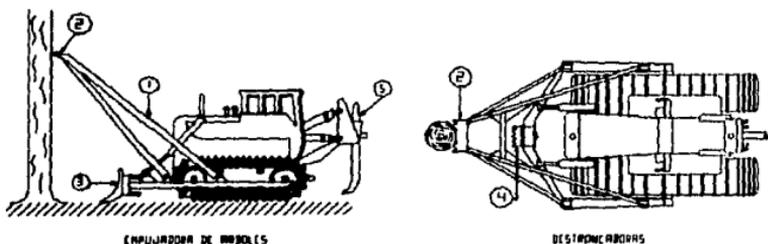
FIGURA 1.3

FALLA DE ORIGEN

**Empujador de árboles:**

- 1).- Una armadura alargada, montada sobre un chasis.
- 2).- Una parte superior dentada para evitar el deslizamiento durante la operación.
- 3).- Una destroncadora para sacar el sistema radicular, luego que el árbol ha sido derribado.
- 4).- Destroncadora frontales.
- 5).- Destroncadora trasera.

ver fig. 1.4



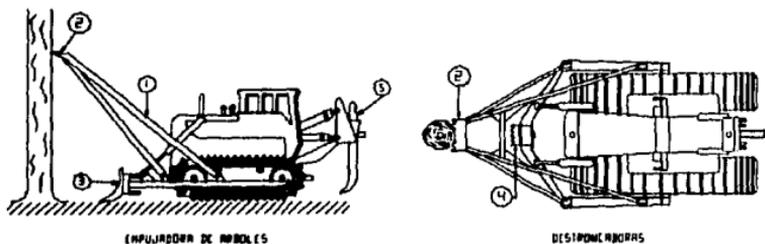
**FIGURA 1.4**

Este implemento se usa para eliminar monte alto en donde se encuentran gran número de árboles. Con la armadura alargada, el tractor empuja a gran altura. Así, produce un gran momento de fuerza sobre el árbol. De esta manera se pueden derribar árboles con un diámetro de 60cm. o más, con una capacidad de un árbol por minuto.

FALLA DE ORIGEN

### **Empujador de árboles:**

- 1).- Una armadura alargada, montada sobre un chasis.
  - 2).- Una parte superior dentada para evitar el deslizamiento durante la operación.
  - 3).- Una destroncadora para sacar el sistema radicular, luego que el árbol ha sido derribado.
  - 4).- Destroncadora frontales.
  - 5).- Destroncadora trasera.
- ver fig.1.4



**FIGURA 1.4**

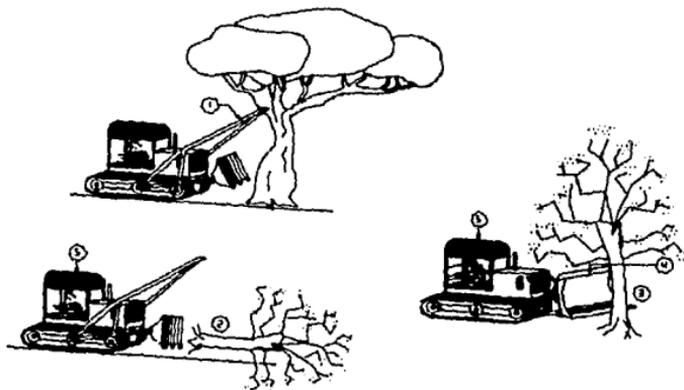
Este implemento se usa para eliminar monte alto en donde se encuentran gran número de árboles. Con la armadura alargada, el tractor empuja a gran altura. Así, produce un gran momento de fuerza sobre el árbol. De esta manera se pueden derribar árboles con un diámetro de 60cm. o más, con una capacidad de un árbol por minuto.

FALLA DE ORIGEN

### **Operación con la empujadora de árboles y hoja limpiadora:**

La operación se realiza como sigue.-

- 1).- Se ataca el árbol en un punto alto del tronco mediante la armadura alargada, con gran fuerza de palanca, se empuja el árbol, hasta que cae.
- 2).- Después de haber derribado el árbol, el operador hace bajar la destronadora frontal y extrae el árbol desde la raíz.
- 3).- Con la punta se divide el tronco en secciones luego se cortan las mismas con la cuchilla.
- 4).- Con la barra superior se mantiene el tronco bajo tensión durante el corte, la barra empuja el árbol hacia delante.
- 5).- En las operaciones de desmonte con esta hoja siempre se usa una cabina protectora. ver fig.1.5.



OPERACION CON HOJA LIMPIADORA

**FIGURA 1.5**

FALLA DE ORIGEN

## DESENRAICE

### **Voladura de tocones:**

Los tocones son el problema mas serio en el desmonte de árboles, la dinamita puede usarse para volar tocones fuera del suelo, aflojarlos, aligerarlos o romperlos en pedazos.

Los tocones responden mejor a dinamita de acción lenta, se puede hacer uno o varios agujeros bajo el tocón.

La penetración más fácil se obtiene usualmente cerca del tronco entre las grandes raíces de sostén, se debe colocar suficiente carga para volar un cráter tan grande que incluya el tocón y sus mayores raíces.

Si se coloca una carga esta puede explotar por medio de mecha o detonador eléctrico, Si hay mas de una carga se tiene que usar el medio eléctrico para que las cargas exploten al mismo tiempo. También se puede volar en pedazos un tocón usando una carga mas pequeña y colocándola en medio del tocón, Un tocón que se vuela de este modo usualmente se rompe pero no es sacado del terreno por lo general es mas fácil jalarlo o extraer, los pedazos que el tocón completo.

La voladura previa al comienzo del trabajo de máquinas removedoras de tocones, tienen varios usos, reduce la demanda de potencia, lo cual es bueno cuando el tocón es tan grande, como para competir con la máquina y ahorra tiempo en cualquier caso un factor que a menudo es más importante que volar el tocón, es el que se afloje la tierra que sujeta las raíces, esta tierra representa una gran parte del peso de muchos tocones y aumenta la dificultad para moverlos o quemarlos.

### **Procedimiento para arrancar tocones:**

Un método normal para sacar tocones es el de jalarlos por medio de un cable al rededor del tronco también se puede usar una cadena y la fuerza es por medio de tracción directa de una máquina, enredando el cable en un malacate manual o mecánico, o combinación de los dos con un aparejo de poleas.

Una cadena para remolque o transporte de troncos se compone de eslabones cortos y rectos, lleva un gancho redondo en un extremo y un gancho de rotación en el otro, el gancho redondo se asegura en la cadena por medio de un anillo, o este se puede usar en lugar del gancho, como se muestra en la sig. fig.

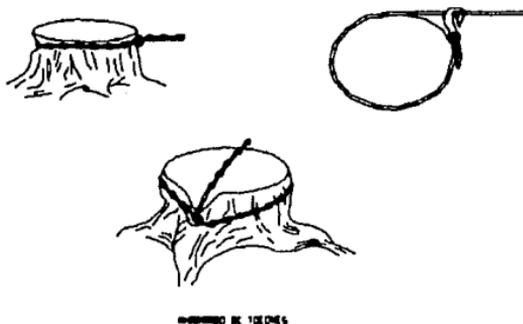


FIGURA 1.6

La presencia de una raíz gruesa aumenta la resistencia de un tocón, si el piso es duro esta raíz debe arrancarse aisladamente, si el terreno es suave el punto de apoyo puede aplastarse, doblándose la raíz de modo que la fuerza de tracción actúe a lo largo de la propia raíz, así las raíces superiores se pueden arrancar suficientemente como para que una hacha pueda cortar la raíz y el corte debe realizarse mientras se jala ya que la tensión permite que la madera se parta más fácilmente.



JALISCO DE TOCONES

**FIGURA 1.7**

**Limpie y quema:**

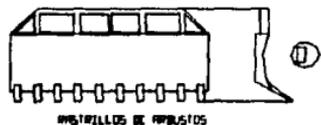
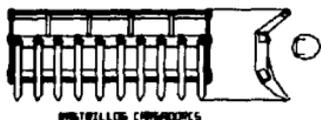
Después del desmonte se usan rastrillos para juntar el material cortado para su posterior eliminación mediante quema controlada, son implementos para limpiar y dejar el material en hileras y pilas, luego se usa el terreno para la fase de preparación de uso futuro. Se emplean rastrillos para juntar, amontonar y apilar, tocones, troncos, árboles, arbustos, etc.

**A.-)** los rastrillos de rocas son equipados con dientes pesados relativamente cortos ligeramente curvados. Esta forma y construcción hacen estos rastrillos particularmente adecuados para el trabajo duro en material rocoso.

**B.-)** Los rastrillos de raíces son más adecuados para juntar material cortado como arbustos, árboles, tocones, además sirven para extraer raíces. Los dientes tienen una curvatura mas pronunciada que los rastrillos de roca.

**C.-)** Los rastrillos cargadores van montados en dos brazos del levante del tractor en forma similar a los cucharones frontales. Se usan para rastrillar los desechos y luego levantar el material para ser cargado en un remolque o apilarlos.

D.-) Los rastrillos de arbustos son provistos de una barra de extensión en su parte superior para tener una mayor capacidad, así se puede rastrillar una cantidad más grande de estos materiales relativamente ligeros y voluminosos. La altura de estos rastrillos es de hasta 175cm. ver la figura siguiente.



**FIGURA 1.8**

Si los matorrales están cortados en una superficie que ofrece mucho peligro de incendio es conveniente transportarlos en camión a un lugar central para quemarlos. Los matorrales hasta de unas pulgadas de diámetro pueden reducirse a astillas con una máquina cortadora después de lo cual pueden dejarse sobre el suelo o transportarse fácilmente a un depósito de desperdicio.

Es necesario quemar la vegetación desmontada al mismo tiempo que se prepara un buen fuego con madera gruesa y se coloca matorrales encima .

Se podrían obtener mejores resultados si la vegetación es desenraizada y puesta a secar, cuando menos unos días antes de quemarla esto se puede hacer retrocediendo el bulldozer, hasta los bosques, desde la orilla desmontada sacamos árboles individuales del terreno. La mejor manera de quemar tocónes es con un soplete grande de petróleo, se puede dejar dirigido hacia el tocón un hombre puede operar varios de ellos.

***Despalme:***

Una vez desmontado el terreno natural se procede a extraer una capa de material que contenga materia vegetal; el espesor de ésta capa puede variar de 10 a 50 cm. y puede llegar en ocasiones a un metro si se tiene un espesor fuerte de material altamente compresible a ésta etapa se le denomina despalme.

En ésta operación por lo general se presentan grandes dificultades para el personal y la maquinaria por el tipo de zona y terreno como se puede observar en las fig. 1.9, 1.10, 1.11.

***Compactación:***

Cuando el terreno natural tiene una compactación baja y esta suelto sin estructuración conviene compactarlo para darle la resistencia adecuada en un espesor mínimo de 30 cm. y cuando se tiene que compactar por lo general se llega al 90 % del P.V.S.M.

La capacidad del terreno natural es un factor fundamental para caminos tipo C, o de bajo costo porque en este caso, es mas conveniente rodear las zonas pantanosas, fondos de lagos antiguos con baja resistencia en cambio para caminos tipo A o autopistas lo mas probable es que se justifique mantener la dirección general de la obra y resolver por medio de estudios de geotécnia los problemas que se presenten.



FIG. 1.9.  
Se Observa Dificultades que se Presentarán en la Construcción de la  
Autopista Guadalajara -Colima

FALLA DE ORIGEN



FIG. 1.10 y 1.11



Dificultades que se Observan  
en la Operación de despalme

## CAPITULO II

# TERRACERIAS

## **TERRACERIAS**

Se puede decir que las terracerías se pueden describir como los volúmenes de materiales que se extraen o sirven de relleno para la construcción de una vía terrestre, la extracción puede hacerse a lo largo de la línea de la obra y si este volumen se usa en la construcción de los terraplenes o los rellenos se dice que se tienen terracerías compensadas; el volumen de corte que no se usa se denomina desperdicio. Si el volumen que se extrae en la línea no es suficiente para construir los terraplenes o rellenos, y se necesita extraer material fuera de ella se le llama zonas de préstamos; si estas zonas están cercanas a la obra; del orden de los 10 a los 100 metros a partir del centro de la línea se llaman préstamos laterales y si se encuentran a más de 100 metros se llaman préstamos de banco (ver figura 2.2).

Las terracerías en terraplenes se divide en dos zonas el cuerpo del terraplén que es la parte inferior y la capa subrasante que se coloca sobre la anterior; con un espesor mínimo de 30 centímetros a su vez, cuando el tránsito que va a operar sobre el camino es mayor a 5,000 vehículos diarios, el cuerpo del terraplén se le coloca los últimos 50 centímetros con material compactable y esta capa se denomina capa subyacente. (ver figura 2.1).

En las fig. 2.2a, 2.2b, 2.2c, 2.2d. Se pueden observar varios aspectos en movimientos de tierras que se realizan en la operación de terracerías.



FIG. 2.2.a



FIG. 2.2.b

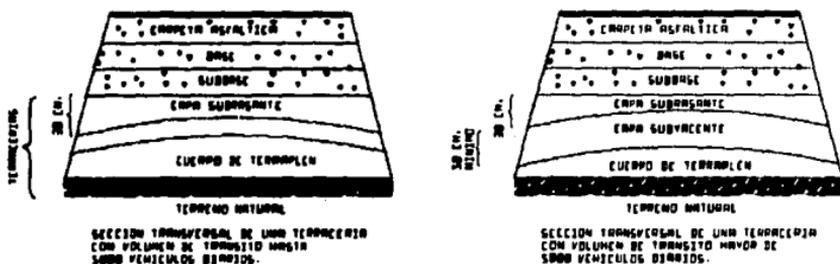


FIG. 2.2.c.

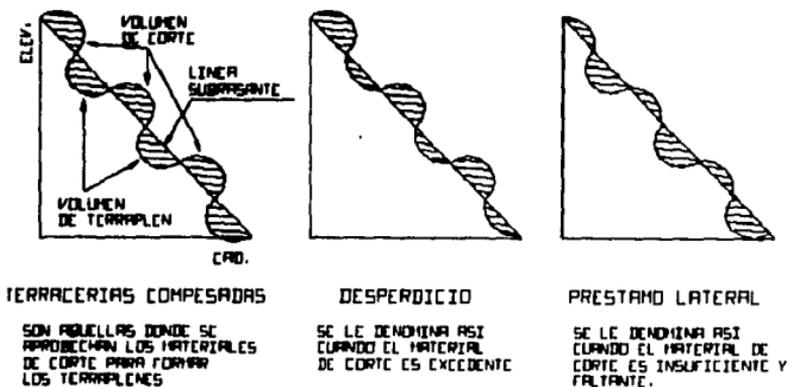


FIG. 2.2.d

Se Observa Aspectos Generales de Trabajo en Movimientos de Tierras en Terracerias



**FIGURA 2.1**  
PERFILES DE TERRAZERIAS



**FIGURA 2.2**

FALLA DE ORIGEN

## **CORTE:**

Los materiales de cortes, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga se clasifican en los tres tipos siguientes.

### **Material tipo A**

### **Material tipo B**

### **Material tipo C**

El material tipo A es el blando o suelto puede ser eficientemente excavado con motoescrapas de (90) a (110) caballos de potencia sin auxilio de arados o tractores o empujadores, aunque ambos se utilicen para obtener mayores rendimientos.

Además se consideran como material A, los suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de 7.6 centímetros (3"). Los materiales más comúnmente clasificables como material A, son los suelos agrícolas, los limos y arenas. El material tipo B es el que, por la dificultad de extracción y carga solo puede ser excavado eficientemente por tractores de orugas con cuchilla de inclinación variable de 140 a 160 caballos de potencia, sin el uso de arado o explosivos, o que por conveniencia se utilizan estos para aumentar el rendimiento además se consideran como material tipo B las rocas sueltas menores de 75 centímetros y mayores de 7.6 centímetros (3").

Los materiales más comúnmente clasificados como material B son las rocas alteradas, conglomerados medianamente cementadas como, areniscas blandas y tepetates. ver fig. 2.2.e.

Material tipo C es el que, por su dificultad de extracción, solo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos; además, también se considera como material C, las piedras sueltas con una dimensión mayor de 7.5 Cm. entre los materiales clasificables como material C, se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas. ver fig. 2.2.f.

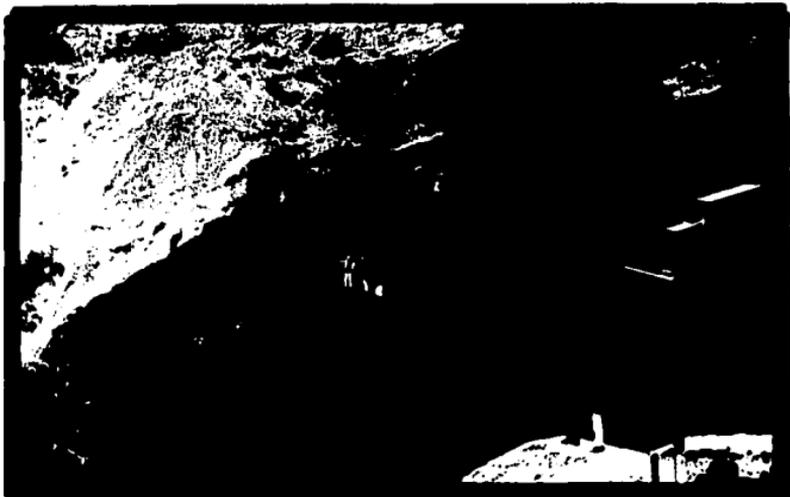


FIG. 2.2.e  
Se observa Tractores Empujando Material Tipo "B"

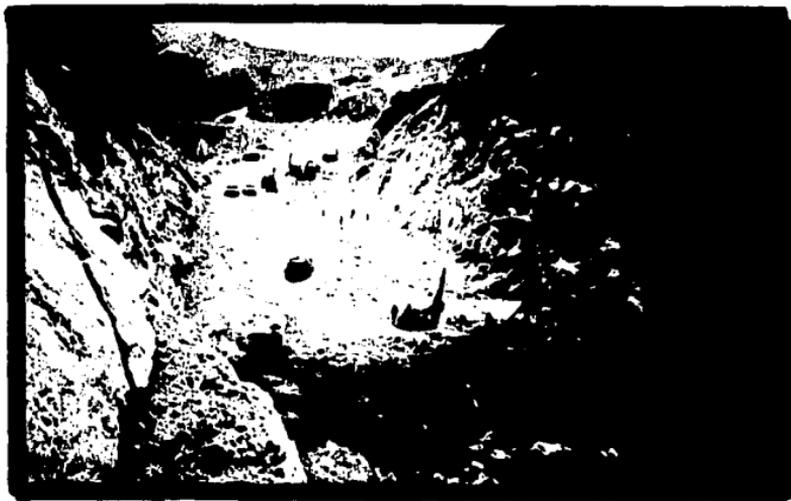


FIG. 2.2.f  
Se Observa la CONSTRUCCIÓN de Cortes en Material Tipo "C"

A los materiales que representan mayor dificultad de extracción que son descritos como material A, pero menor que los descritos como material B y a los que presentan mayor dificultad de extracción que los descritos como material B, pero menor que los descritos como material C, se les fijara una clasificación intermedia de acuerdo con la dificultad que haya presentado para su extracción y carga de material A y B o B y C respectivamente, en proporción con las características medias del material de que se trate.

Para clasificar un material se tomará en cuenta la dificultad que haya presentado para su extracción y carga, asimilándolo al que corresponde de los materiales A, B o C siempre se mencionarán los tres tipos de material para determinar claramente de cual se trata; así por ejemplo:

Un suelo poco o nada cementado, con partículas menores de 7.5 centímetros se clasifican 100-0-0, correspondientes, la primera cifra al material A y los ceros a los materiales B y C para un material que presente mayor dificultad del material A, pero menor que el material B, deberá apreciarse la clasificación intermedia que le corresponda asignándole el material A y B de acuerdo con su menor o mayor dificultad de extracción o carga; así por ejemplo.

Un material precisamente intermedio se clasificará 50-50-0 un material que en condiciones semejante se encontrará entre los materiales B y C se clasificará 0-50-50.

Si el corte por clasificar está compuesto por materiales de diferente grado de dificultad para su extracción cuando muestran separación definida, cada material se clasifica por separado tomando en cuenta los volúmenes parciales; posteriormente se computará la clasificación general resultante para el volumen total, considerando siempre los tres tipos de material A, B y C.

Así por ejemplo.

Una capa de material tipo A, que corresponde a una clasificación 100-0-0 con volumen equivalente al 30% del total colocada sobre un material que represente una clasificación en el promedio B y C o sea 0-50-50, el volumen total.

**Se clasificará 30-35-35 si en el mismo caso el material inferior es C o sea 0-0-100, la clasificación general resultante será 30-0-70 y si es el B o sea 0-100-0, se clasificará el volumen total 30-70-0.**

**Cuando no sea posible hacer la clasificación separada de cada uno de los materiales encontrados, se fijará el volumen del corte una clasificación representativa de la dificultad de extracción y carga, considerando siempre los tres materiales A, B y C.**

**Aún cuando para alguno de ellos corresponda cero.**

## "EJECUCION"

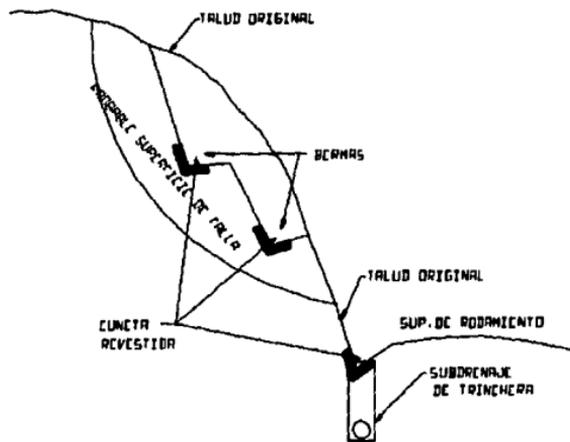
Solo cuando el proyecto lo ordene se despalmará el sitio de los cortes, los despalmes solo se efectuarán de material A. Las excavaciones en los cortes se ejecutarán de manera que permitan el drenaje natural del corte cuando lo indique el proyecto las cunetas se construirán con la oportunidad necesaria y en tal forma que su desagüe no cause perjuicio a los cortes, las contracunetas cuando lo indique el proyecto, deberán hacerse simultáneamente con los cortes, los materiales obtenidos de los cortes se emplearán en la formación de terraplenes o se desperdiciarán, como lo indique el proyecto, todas las piedras flojas y material suelto de los taludes, serán removidos. ver fig. 2.3.

Al hacer los cortes, particularmente cuando se emplean explosivos, se evitará hasta donde sea posible aflojar el material en los taludes más allá de la superficie teórica fijada en el proyecto, en caso de que exista defectos en construcción todo el material que se derrumbe o se encuentre inestable en los taludes será removido y reparada la obra.

En los cortes en material C, cuando lo fije el proyecto los que realicen La excavación se hará hasta una profundidad de 30 centímetros abajo de la subrasante de proyecto para formar la cama no debiendo quedar salientes de roca de más de 15 centímetros en casos especiales.

Tambien en el caso de bermas se recomienda cubririlas con concreto. ver fig. 2.3a.

Antes de empezar los cortes en terracerias compensadas la construcción de alcantarillas o muros de sostenimiento siempre deberá haberse terminado dentro de los 500 metros contiguos adelante de cada frente de ataque, en laderas cuyas pendientes transversales sea igual o mayor a 25% para obtener una buena liga entre los terraplenes y el terreno natural y con el fin de evitar deslizamientos, se construirán escalones dentro del área donde se apoyen los terraplenes. Al realizar los cortes se tendra la necesidad de protegerlos, con concreto lanzado y colocación de malla. ver fig. 2.3b.



CONSTRUCCION DE BERMAS EN CORTES PARA EVITAR LA FALLA DEL TALUD

**FIGURA 2.3**

Todos los derrumbes serán removidos por el contratista y a macizando los taludes para dar por terminado un corte, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto, dentro de las tolerancias que se indican a continuación.

Niveles de la subrasante +3 centímetros.

Ancho de la excavación al nivel de la capa subrasante del centro de la línea a la orilla + 10 centímetros.

Salientes aisladas con respecto a la superficie teórica del talud.  
 en material A y B, 10 centímetros.  
 en material C, 50 centímetros.

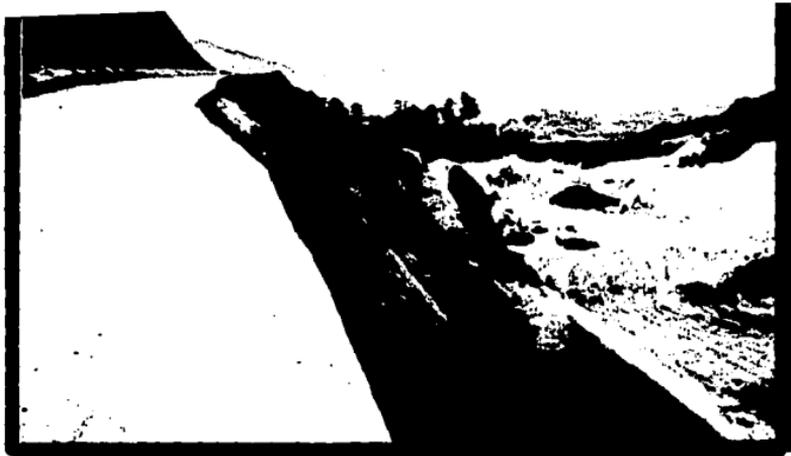


FIG. 2.3.a  
Se Observa la Protección de Bermas con Concreto en la Operación de Corte.



FIG. 2.3.b  
Se Observa la Protección con Lanzado de Concreto y Colocación de Malla en los Cortes

Para la ampliación o abatimiento de taludes de corte y las modificaciones de la subrasante profundizando un corte o rebajando un terrapién se tomará en cuenta lo siguiente:

Cuando se amplíe lateralmente un corte ya vaciando hasta el talud del proyecto en una obra en proceso o en cortes ya existentes de una obra atacada con anterioridad solamente se medirán como ampliación los volúmenes excavados cuando la distancia entre el talud actual del corte y el del nuevo proyecto, medido horizontalmente a la altura del piso de la obra en proceso o de la cama del corte existente, sea igual o menor a 3 metros.

Cuando se abatan los taludes de un corte ya vaciando hasta los taludes de proyecto en una obra en proceso o de cortes ya existentes en una obra atacada con anterioridad siempre se medirán como abatimiento los volúmenes resultantes cualesquiera que sean las dimensiones del mismo.

Cuando se modifique la subrasante profundizando un corte o rebajando un terrapién ya iniciados o terminados solamente se medirán como excavaciones abajo de la subrasante o rebaje de terrapienes los volúmenes excavados si la distancia vertical entre la subrasante del nuevo proyecto y la actual de la construcción, medida en el nuevo eje de la obra sea menor de 20 centímetros en materiales con clasificación igual o menor que (0-100-0) o de (1.20) metros si se trata de materiales con clasificación mayor.

Cuando en una misma sección la modificación a un corte en proceso de construcción o ya existente, implique que este deba ampliarse lateralmente o profundizarse hasta la nueva sección de proyecto, se dividirán las áreas mediante una horizontal que parte del piso actual del corte en construcción o del fondo de la cuneta del corte ya existente respectivamente y solo se medirán como ampliación o abatimiento de taludes.

Los volúmenes correspondientes a profundizar el corte a partir de esa horizontal se medirán como excavaciones en corte o como modificación de subrasante.

Para efectos de medición los materiales de cortes, escalones, ampliación y abatimiento de taludes de cortes, y rebajes en la corona de cortes existentes, se clasificarán en la propia excavación, por estaciones.

Para fines de estimación mensual de trabajos podrá hacerse apreciación parcial del avance de la excavación del volumen de una estación solamente cuando este sea mayor de 400 metros cúbicos.

Cuando se midan avances parciales en una excavación, se clasificará el volumen correspondiente a cada avance parcial según los materiales encontrados. En caso de que el medir el volumen correspondiente al siguiente, avance parcial se encontrará que los materiales que lo componen son de diferente clasificación que los anteriores se asignará a este último volumen la clasificación que le corresponda independientemente de los otorgados a los volúmenes ya estimados, cuando a la terminación de una excavación que se haya estimado mensualmente con la clasificación correspondiente a lo ejecutado en cada mes, se observe que las clasificaciones parciales mensuales no correspondan a la realidad, se hará el ajuste que se requiera.

## PRESTAMOS

Se le llama *préstamos* a:

las excavaciones ejecutadas en los lugares fijados por el proyecto a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes no compensados puede ser:  
**préstamos laterales.**  
**préstamos de banco.**

Los *préstamos laterales* son los ejecutados dentro de fajas ubicadas fuera de los cerros, en uno o en ambos lados del eje de las terracerías, con anchos determinados en el proyecto cuyos materiales se utilizan exclusivamente en la formación de aquellos terraplenes situados lateralmente a dichos préstamos pudiendo sobresalir los extremos de uno u otros, en cada caso, hasta 20 metros los anchos de las fajas siempre se medirán a partir del eje de las terracerías para cada tramo cada faja con su ancho previamente fijado no deberá dividirse en fajas de ancho menor, para fines de medición el acarreo es libre por lo cual no se medirá el ancho de cada faja podrá ser hasta de:

Veinte metros

Cuarenta metros

Sesenta metros

Ochenta metros

Cien metros como máximo.

**Préstamos de banco:**

Son los ejecutados fuera de la faja de 100 metros de ancho, también se consideran como préstamos de banco las excavaciones ejecutadas dentro de las fajas fijadas para préstamos laterales, cuyos materiales se emplean en la construcción de terrapienes que no estén situados lateralmente a dichos préstamos tomando en cuenta la tolerancia de (20 metros).

Los préstamos se excavarán únicamente hasta la profundidad fijada en el proyecto en la forma mas regular posible en seco, es decir sin tirante de agua a fin de facilitar su medición el contratista no iniciará la excavación de ningún préstamo hasta que este haya sido trazado y seccionado.

Las excavaciones para préstamos deberán quedar debidamente drenadas; El contratista será responsable de que durante la excavación para obtener los materiales de préstamo, no se destruyan o alteren las referencias y bancos de nivel de seccionamiento.

Los volúmenes de préstamos laterales, según sus ubicaciones dentro de las fajas fijadas en el proyecto, se pagarán a los precios fijados en el contrato para cada faja y para el metro cubico de los materiales A, B y C, estos precios incluyen lo que corresponde por extracción, remoción y carga de material, acarreo efectuado, descarga del material para la formación de terrapienes a cualquier altura y los tiempo de los vehículos empleados en su transporte durante la carga y las descargas.

## DIAGRAMA DE MASAS

Cuando la conformación para un proyecto incluye sobre acarreo, se acostumbra trazar un "Diagrama de masas" que ofrece, un medio conveniente para estudiar el acarreo y el sobreacarreo y para el cómputo del pago la fig. 2.4 muestra el perfil para una sección corta de camino con el correspondiente diagrama de masas directamente abajo de él. Un perfil tiene estaciones topográficas como abscisas y las elevaciones como ordenadas, el diagrama de masas tiene las mismas abscisas, pero sus ordenadas representan la suma algebraica de la excavación y el terraplén entre un punto seccionado de partida y cualquiera de las estaciones en cuestión. Ya que  $1 \text{ m}^3$  de excavación raramente tiene una exactitud  $1 \text{ m}^3$  de volumen en el terraplén, las cantidades de excavación o de terraplén deben ser ajustadas antes de que se calculen las ordenadas del diagrama de masas el ajuste para poner las cantidades de excavación y terrapienado, en una base común puede hacerse empleando un "factor de contracción o abundamiento" definido como el volumen ocupado en el terraplén por el material que ocupaba  $1 \text{ m}^3$  antes de que fuera excavado.

Para materiales uniformes es conveniente aplicar el ajuste a las cantidades de terraplén dividiéndolos entre el factor de contracción o de abundamiento, entonces las ordenadas de la curva de masas están en función del volumen excavado. Cuando los factores de contracción o de abundamiento difieren considerablemente entre los cortes, los ajustes frecuentemente se aplican a las cantidades de excavación, multiplicándolas por el factor de contracción o abundamiento para cada clase de material, en lugar de lo anterior entonces las cantidades de terraplén permanecen en función de los volúmenes netos medidos.

La contracción y el abundamiento frecuentemente se expresan como tanto por ciento de contracción o tanto por ciento de esponjamiento que representan el porcentaje del cambio de volumen entre el corte y el terraplén. El volumen ocupado en el corte siempre se considera como la unidad a si  $1 \text{ m}^3$  de excavación forman un montón de  $1.20 \text{ m}^3$  en el terraplén el abundamiento por ciento es igual a  $(1.20-1)*100$ , es decir 20% de nuevo, si  $1 \text{ m}^3$  de excavación se convierte solamente en  $0.80 \text{ m}^3$  en el terraplén, la contracción por ciento es igual a  $(1-0.80)*100$ , es decir 20%.

La tabla 2.1 muestra un cálculo típico para obtener las ordenadas del diagrama de masas, los metros de terraplén han sido ajustados, y así la curva de masas se encuentra en función de los volúmenes excavados, nótese que la curva de masas no representa el número total de metros sino la suma o la diferencia entre corte y terraplén.

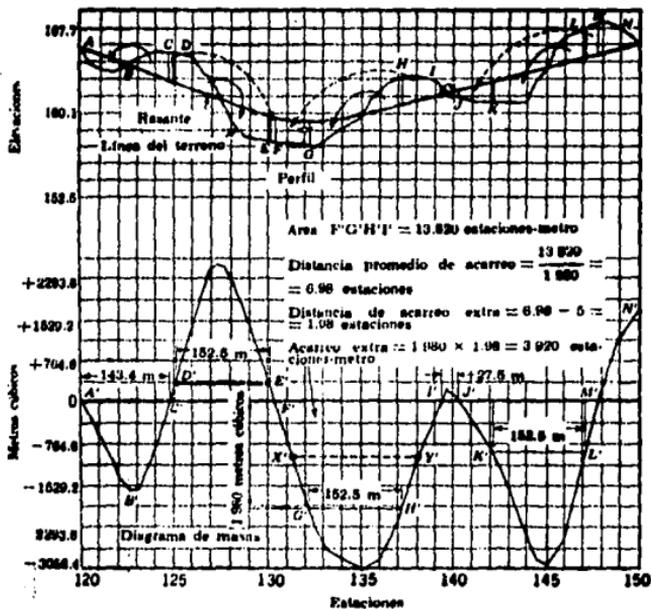


FIGURA 2.4  
perfil y diagrama de masas típico

FALLA DE ORIGEN

**TABLA 2.1 CALCULOS TIPICOS PARA UN DIAGRAMA DE MASAS**

Factor de abundamiento o contracción=0.82

Material en exceso  
en la sección. m3.

Estación	Excavación m3.	Terraplén m3.	Terraplén m3.	Excavación mas Contracción	Ordenada de la de masas, m3.
120					0
	0	243	296	----- 296	
+50					-296
	0	304	370	----- 370	
121					-666
	0	368	455	----- 445	
+60					-1111
	0	241	294	----- 294	
122					-1405
	0	205	250	----- 250	
+65					-1655
	155	55	67	88 -----	
123					-1567
	319	0	0	319 -----	
+50					-1248
	450	0	0	450 -----	
124					-798
	1077	0	0	1077 -----	
125					+279
	1164	0	0	1164 -----	
126					+1443
	630	0	0	630 -----	
+60					+2073
	389	0	0	389 -----	
127					+2482

	61	9	11	50	----	
+20						+2512
	95	116	142	----	47	
+60						+2485
	0	183	222	----	222	
128						+2243
	0	254	310	----	310	
+40						+1933
	0	475	580	----	580	
129						+1353
	0	851	1038	----	1038	
130						+315
	0	880	1073	----	1073	
131						-758
	0	865	1054	----	1054	
132						-1812
	0	391	477	----	477	
+50						-2289
	0	324	395	----	395	
133						-2884
<b>Totales</b>	<b>4349</b>	<b>8762</b>	<b>7034</b>	<b>4187</b>	<b>8861</b>	

Algunas características de la curva masa se deben de comprender antes de que puedan utilizarse satisfactoriamente éstas son:

1).- Una curva de masas que se eleva indica excavación en ese punto del camino: una curva que baj indica terraplén. Cuando el camino queda sobre la ladera de una montaña, el mismo perfil transversal frecuentemente muestra excavación y terraplén.

En tales casos, una curva que se eleva indica un exceso de excavación y una curva que baja indica un exceso de terraplén.

2).- Las inclinaciones pronunciadas de la curva masa reflejan grandes cortes o terraplenes; las inclinaciones pequeñas indican pequeñas cantidades de movimiento de tierras.

3).- Los puntos de pendiente cero en la curva masa se representan puntos en donde el camino pasa de corte a terraplén o viceversa. Estos puntos bajos o altos sobre la curva de masa pueden no venir en la estación exacta en la cual el perfil cambia de corte a terraplén. Puede haber un exceso neto de excavación o terraplén en este punto si la pendiente transversal es irregular.

4).- La diferencia en ordenadas entre 2 puntos de la curva representa el exceso neto de excavación con respecto a un terraplén entre estos puntos o inversamente, el exceso neto de terraplén con respecto a la excavación.

5).- Si una línea horizontal corta a la curva masa en dos puntos la excavación y el terraplén están compensados iguales en cantidad entre esos dos puntos.

La utilización de la curva masa para calcular el transporte extra, basado en una distancia de transporte libre de 152.5 m , se ilustra en la figura 2.4 el procedimiento es el siguiente.

A).- Se determinan todas las secciones de transporte libre (éstas son secciones que no excedan de 152.5 metros de longitud en las cuales los cortes justamente compensan los terraplenes), esto se hace colocando líneas horizontales exactamente de 152.5 metros de longitud cuyos extremos caen en la curva masa en la fig. 2.4 estas son las líneas D' E', G' H', K' L'.

Además, se coloca cualquier sección menor de 152.5 metros de longitud, dentro de las cuales la curva masa intersecta la ordenada cero dos veces, tales como las líneas A' C' e I' J' de la fig. 2.4. Estas líneas de transporte libre deben quedar o por encima de la ordenada cero de la curva masa (A' C' e I' J') o por dentro de los bucles formados por la línea cero y la curva masa (D' E', G' H' y K' L') si las líneas son trazadas por afuera de los bucles los planos completados para movimiento de tierras incluirán "Transporte Cruzado" que significa que se transportará material en un sentido, seguido por el movimiento posterior del material sobre la misma en el sentido opuesto. El movimiento real del material excavado se indica en el perfil por medio de flechas con líneas continuas.

**B).- Se determina la posición de la excavación sobrante para ilustrar, la curva masa muestra que la excavación y el terraplén están compensados entre C y F entonces el corte CD será depositado en el terraplén EF similarmente, el corte HI formará el terraplén FG, y el corte LM formará el terraplén JK, tal como se indica por medio de las flechas punteadas en la fig. 2.4, para este particular diagrama de masas la excavación dentro de la sección considerada excede en la cantidad de terraplén aproximadamente en  $1,668 \text{ m}^3$ , según se muestra por medio de la ordenada de la curva masa en la estación 150. Este material no se requiere para terraplén y podría ser desechado o utilizado en alguna otra sección del camino. En la práctica la rasante probablemente se elevará para lograr una compensación más exacta entre los cortes y los terraplenes. La inclusión de desperdicio en esta ilustración sirve para indicar un problema adicional que se encuentra frecuentemente.**

**C).- Se determina la distancia de transporte, cualquier área tal como F' G' H' I' de la curva masa cuando se corrige en su escala se expresa en estación - metros, que son la unidad para el transporte y sobre acarreo, así, el área F' G' H' I' representa el número de estación-metros de transporte requeridos para mover el desmonte HI hacia el relleno FG. Similarmente las áreas C' D' E' F' y J' K' L' M' dan los transportes para colocar los cortes CD y LM en los terraplenes EF y JK respectivamente, la distancia promedio de transporte se encuentra dividiendo el área apropiada sobre la curva masa (estación-metros) por su ordenada ( $\text{m}^3$  de excavación)**

**D).- Se calcula el transporte extra. La cual es la distancia de transporte menos la distancia de transporte libre.**

El transporte extra, que es la partida de pago es el producto de la distancia de transporte extra por  $\text{m}^3$  de excavación. Algunos cálculos típicos para el transporte extra para el área F' G' H' I' se muestran en la fig. 2.4.

## **ACARREOS PARA TERRACERIAS**

### **Se podría definir el acarreo como:**

Transporte del material producto de : cortes, excavaciones, adicionales abajo de la subrasante, ampliación o abatimiento de taludes.

Rebaje de corona de cortes o terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos, derrumbes y canales para construir un terraplén o efectuar un desperdicio así como el transporte del agua empleada en la compactación de terracerías.

Los acarreos se efectuarán de acuerdo con lo fijado con el proyecto los materiales de terracerías compensadas, los de préstamos laterales y el agua para compactación tendrá un acarreo libre y a partir del término del cual su transporte se considerará como sobre acarreo.

El acarreo libre es el efectuado hasta una distancia de 20 metros, el término de los 20 metros de acarreo libre es el origen del sobre acarreo para los materiales de préstamos laterales todo el acarreo es libre.

**El acarreo libre se determina como:**

- a.) En terracerías compensadas limitado en el diagrama de masas de proyecto.
- b.) En los préstamos laterales la totalidad del acarreo.
- c.) Para el agua utilizada en la compactación de terraplenes a partir del lugar de extracción de la misma, sobre la ruta más corta y conveniente.

**El sobre acarreo de los materiales mencionado con anterioridad contando a partir de su origen se considerará como:**

- a.) Hasta 5 estaciones de 20 metros es decir hasta 100 metros contados a partir del término del acarreo libre.

**b.) Hasta 5 hectómetros, es decir hasta 500 metros contados a partir del término del acarreo libre.**

**c.) A más de 5 hectómetros, hasta 20 hectómetros es decir de 500 metros hasta 2 kilómetros contados a partir del término de acarreo libre.**

**d.) El acarreo a cualquier distancia para el agua utilizada en la compactación del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes, de la corona de los cortes en que no se haya ordenado excavación adicional, de terraplenes, capa subrasante o rellenos.**

**El acarreo a cualquier distancia para los materiales de préstamo de banco se considerará como:**

**a.) Para el primer kilómetro.**

**b.) Para los kilómetros subsecuentes.**

**En las terracerías compensadas, el volumen del material acarreado se determinará dividiendo el obtenido del diagrama de masas del proyecto entre el coeficiente de variabilidad volumétrica de proyecto.**

**La distancia de sobre acarreo de los materiales mencionados con anterioridad, salvo los provenientes de préstamo lateral para los cuales no hay sobre acarreo, se considerará a partir del origen del sobre acarreo y se medirá para cada material en estaciones de 20 metros, en hectómetro ó en kilómetro, según corresponda y en cada caso considerando solo uno de los 5 sistemas que a continuación se indican.**

**a.) En sobre acarreo hasta 5 estaciones tomando como unidad de estación 20 metros con aproximaciones de una decimal.**

**b.) En sobre acarreo hasta 5 hectómetros la distancia se divide en los primeros 100 metros, tomando como unidad el hectómetro y los hectómetros adicionales a los primeros 100 metros tomando como unidad al hectómetro con aproximación de una décima.**

c.) En sobre acarreo a más de 5 hectómetros y hasta 2 kilómetros es decir hasta 20 hectómetros la distancia se divide en los primeros 5 hectómetros tomando como unidad 5 hectómetros y los hectómetros adicionales a los 5 primeros hectómetros hasta 2 kilómetros tomando como unidad el hectómetro con aproximación de una décimal.

d.) En los préstamos de banco tanto para el primer kilómetro como para los subsecuentes se medirá tomando como unidad el metro cúbico kilómetro considerando las fracciones como kilómetro completo.

e.) En sobre acarreo a cualquier distancia del agua para las compactaciones, tomando como unidad el kilómetro, con aproximaciones de una decimal.

La distancia de sobre acarreo, cualquiera que sea ésta, se determinará según se indica a continuación:

1.) En las terracerías compensadas; según el diagrama de masas del proyecto, entre los centros de gravedad de la excavación y del terraplén, descontando la distancia de acarreo libre.

2.) En los préstamos laterales no se determina.

3.) En los préstamos de banco entre el centro del lugar de la excavación del préstamo y el centro de gravedad del terraplén, capa subrasante y rellenos, según la ruta mas corta y conveniente.

4.) En los desperdicios, derrumbes, despalmes, escalones, ampliación o abatimiento de taludes. Rebajes en la corona de corte o terraplenes existentes y en canales, entre el centro del lugar de excavación y el centro de depósito, según la ruta accesible más corta y conveniente.

5.) La distancia de sobre acarreo de los volúmenes de agua para las compactaciones, se medirán según la ruta accesible más corta y conveniente, entre el lugar de su obtención y el centro del lugar de aplicación descontando la distancia de acarreo libre.

**El sobre acarreo de los materiales se cuantificará considerando el volumen de los materiales acarreados, medidos compactos. Tomando en cuenta lo que se indica a continuación y redondeando a la unidad:**

**a.) Para distancias hasta 5 estaciones, es decir hasta 100 metros multiplicando el volumen total del material acarreado por la distancia en estaciones de 20 metros, considerando como unidad el metro cúbico - estación.**

**b.) Para distancias hasta cinco hectómetros, es decir, hasta 500 metros, la cuantificación se fraccionará, para los primeros 100 metros, el volumen total del material acarreado a esa distancia, considerando como unidad el metro cúbico - hectómetro. Para los hectómetros adicionales a los primeros 100 metros multiplicando el mismo volumen total del material acarreado, por los hectómetros adicionales considerado como unidad el metro cúbico-hectómetro.**

**c.) Para distancias hasta 2 kilómetros es decir 20 hectómetros la cuantificación se fraccionará para los primeros 5 hectómetros es decir 500 metros el volumen total del material acarreado a esa distancia, considerando como unidad el metro cúbico - cinco hectómetros. Para las distancias excedentes hasta 2 kilómetros multiplicando el mismo volumen total del material acarreado por los hectómetros excedentes a los primeros 5 hectómetros, considerando como unidad el metro cúbico-hectómetro.**

**d.) Para cualquier distancia, en materiales de préstamos de banco para la construcción de la capa subrasante y para completar la construcción del cuerpo del terraplén, considerando como unidad el metro cúbico - kilómetro redondeando a la unidad superior, la cuantificación se fraccionará en ; para el primer kilómetro el volumen que corresponda, medido suelto. Para los kilómetros subsecuentes, multiplicando el mismo volumen de material acarreado por los kilómetros excedentes al primer kilómetro.**

**e.) Para la distancia de sobre acarreo de los volúmenes de agua, para la compactación de terracerías se medirá según la ruta más accesible y corte conveniente entre el lugar de su obtención y el centro del lugar de su aplicación, descontando la distancia de acarreo libre.**

## TERRAPLENES

### ***Cuerpo del terrapién:***

La finalidad de ésta parte de la estructura de una vía terrestre es dar altura necesaria, para satisfacer principalmente las especificaciones geométricas sobre todo en pendiente longitudinal, la de resistir las cargas del tránsito transferidas por las capas superiores y distribuir los esfuerzos a través de su espesor para transmitirlos en forma adecuada al terreno natural de acuerdo a su resistencia.

Los materiales que se puedan utilizar en la construcción de terraplenes pueden tener tamaños máximos hasta de 75 centímetros; para los suelos, en la actualidad los proyectistas exigen que tengan un límite líquido menor a 70% , sin embargo algunos autores indican que este valor debe ser de 40% y que no se deben utilizar materiales con mas de 30% de partículas, pasando por malla 200% pero en forma contradictoria admiten valores relativos de soporte (VRS) de 5% como mínimo en especímenes compactados al 95% del PVSM que son típicos en suelos de muy mala calidad. ver fig. 2.4a.

Los materiales que se utilizan en la construcción del cuerpo del terraplén son dos:

- a).- ***Materiales compactables.***
- b).- ***Materiales no compactables.***

### **MATERIALES COMPACTABLES:**

Para la formación de terraplenes se tenderá una capa del espesor que permita el tamaño máximo del material, pero no menor de 30 centímetros en todo el ancho del terraplén y en 20 metros de longitud, se regará agua sobre la capa en cantidad aproximada a 100 litros por metro cúbico de material.

Se someterá la capa regada al tránsito de un tractor de orugas con garra y peso de 20 toneladas pasando 3 veces por cada uno de los puntos que forman la superficie, se realizarán sondeos a cielo abierto en los 20 centímetros superiores de la capa con un volumen aproximado de medio metro cúbico en cada sondeo, el material producto de los sondeos deberá tener como máximo un 20% en volumen de material retenido en la malla de 76 milímetros (3").



FIG. 2.4.a  
Se Observa la Construcción del Cuerpo del Terrellen ala Altura de la Laguna de  
San Marcos

FALLA DE ORIGEN

El material retenido deberá contener como máximo al 5% del volumen total de fragmentos de roca mayores de 15 centímetros (6") se tomará el promedio de los resultados de los 3 sondeos efectuando en distintos lugares. Ver fig. siguiente.

CAPA EXTENDIDA PARA EFECTUAR LA PRUEBA.

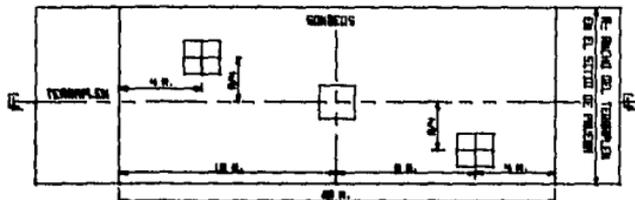


FIGURA 2.6

FALLA DE ORIGEN

## **MATERIALES NO COMPACTABLES:**

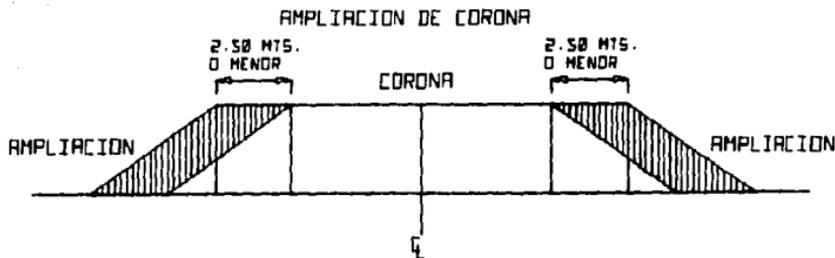
Son los fragmentos de roca sana tales como basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos, andesitas y los que excedan los requisitos de porcentajes y tamaños de material retenido ya mencionado con anterioridad.

En la ampliación de corona de terraplenes existentes y en la elevación de subrasante para obtener una buena liga entre el material que se utilice y el terraplén existente salvo que el proyecto diga lo contrario se procederá de la siguiente forma:

Se despalmará el sitio de desplante de los terraplenes recortando el primer escalón de liga el pie del talud del terraplén se rebajará horizontalmente la parte superior del terraplén en todo el ancho de la sección hasta el nivel fijado en el proyecto. El rebajado se efectuará por capas del espesor que fije el proyecto el material producto del rebaje de cada capa se colocará y extenderá al pie del terraplén a partir del desplante de la ampliación, recortando simultáneamente el escalón de liga correspondiente cuyo peralte será igual al espesor de la capa que se esta formando, se compactará el material de la capa extendida al grado indicado en el proyecto.

Se continuará rebajando en capas sucesivas para seguir formando el terraplén de ampliación.

Cuando en las ampliaciones de corona o tendidos de taludes de terraplenes existentes se emplea material no compactable su formación se hará a volteo, excavando previamente escalones en los taludes del terraplén. 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 en toda la altura del terraplén se rellenarán a volteo esos lugares inaccesibles hasta la mínima altura necesaria para formar una plantilla constituida por la corona del terraplén parcialmente formado en la que pueda operar el equipo pero siguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante.



**FIGURA 2.6**

### **COMPACTACION DE TERRAPLENES**

Se ejecutará uniformemente en todo el ancho de la sección según los grados de compactación que fije el proyecto.

Se dará al material uniformemente la humedad conveniente se aplicará el agua en el lugar de la excavación o en el terraplén mismo, cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el óptimo antes de iniciar la compactación se eliminará el agua excedente efectuada en la compactación de una capa de material su superficie se puede escarificar y agregar agua si es necesario antes de tender la siguiente capa a fin de ligarla debidamente.

Con el objeto de lograr que con el equipo de compactación se alcance el grado de compactación fijado en toda la sección del terraplén lo que no es posible obtener en las orillas los terraplenes se construirá con una corona más ancha que la teórica del proyecto y con un talud diferente que se encontrará con el talud teórico del proyecto en la línea de los cerros se obtendrá así las cuñas laterales de sobre ancho en los cuales la compactación podrá ser menor que la fijada el proyecto incluirá las dimensiones de las cuñas de sobre ancho las que serán recortadas una vez que se haya terminado la construcción del terraplén dejando el talud debidamente afinado el material resultante del recorte de las cuñas de sobre ancho se extenderá uniformemente sobre el talud hasta el pie de los terraplenes sin obstruir el drenaje.

### **TERRAPLENES EN SUELOS BLANDOS**

#### ***Los terraplenes en arcilla ó limo orgánico muy blando.***

Los depósitos naturales de este tipo son comunes en regiones donde antes existía un lago ó laguna poco profunda y en los bordes pueden estar cubiertos por musgos de pantano u otro tipo de vegetación, el limo ó arcilla transportada en suspensión a los lagos se mezcla con materia orgánica.

Si una superficie de este tipo nunca ha estado bajo una sobre carga puede no tener resistencia ni para un terraplén de mediana altura. En muchas ocasiones se halla cubierto con un colchón espeso más rígido que las capas más profundas y se encuentra reforzada por una red de raíces, y puede soportar un terraplén de mediana altura temporalmente porque después de algún tiempo sufre asentamientos excesivos durante muchos años ó décadas.

Los costos para construir terraplenes en terrenos pantanosos dependen del espesor del estrato blando si el espesor del manto blando no excede de 1.5 ó 2.0 metros puede resultar económico eliminar dicho material excavando hasta el fondo firme, pero si el espesor es mayor, resulta comúnmente preferible permitir que el terraplén al hundirse desplace el material blando, este procedimiento de construcción se denomina método del desplazamiento.

Las condiciones de equilibrio de un terraplén cuya base se establece por desplazamiento se indica en forma esquemática en la fig. 2.7

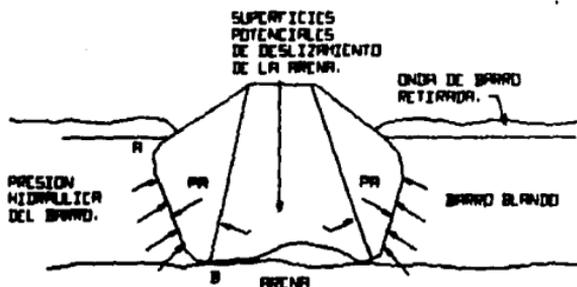


DIAGRAMA DE FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL SUELO EN LA PARTE ENTERRADA DE UN TERRAPLÉN CONSTRUIDO POR EL MÉTODO DEL DESPLAZAMIENTO

FIGURA 2.7

La cara de contacto ab se halla sujeta al empuje activo del material del terraplén. El deslizamiento de ab hacia la izquierda es resistida por la suma de la presión hidráulica del material blando y por la fuerza necesaria para vencer su cohesión.

Si la penetración del terraplén es ayudada por una sobre carga la fuerza que produce el desplazamiento es mucho mayor que la que actúa sobre ab en servicio después de terminada la obra. También después de terminado el terraplén el material blando recupera parte de la resistencia perdida.

En los proyectos de terraplenes construidos en espesos mantos de arcilla blanda debe ir seguido de un cálculo de estabilidad, en condiciones normales debe especificarse un coeficiente de seguridad de 1.5 con respecto al hundimiento, pero si el terraplén es muy largo, puede resultar más económico utilizar un coeficiente de seguridad de 1.2 ó 1.1 si los estratos de arcilla no contienen capas de arena ó de limo la resistencia controla ruptura por extensión depende de la resistencia promedio de las capas más débiles del subsuelo.



**FIGURA 2.8**



**FIGURA 2.9**

**FALLA DE ORIGEN** 53

## **CAPA SUBRASANTE**

La capa subrasante deberá tener como mínimo 30 centímetros de espesor formándose con una o varias capas de material seleccionando esta capa es muy importante para los pavimentos y constituye su cimiento, es muy importante que el nivel de aguas freáticas esté cuando menos a 50 centímetros abajo de la subrasante. Esta capa debe contar con los siguientes datos:

- a) Debe tener un tamaño máximo de agregados de 7.5 centímetros (3").
- b) Un grado de compactación del 95% del PVSM.
- c) Valor relativo de soporte (VRS) 15% mínimo.
- d) Expansión máxima de 5%.

Estos dos últimos valores deben obtenerse por medio de la prueba porter standard.

### **FUNCIONES DE LA CAPA SUBRASANTE:**

- 1).- Recibir y resistir las cargas del tránsito que le son transmitidas por el pavimento.
- 2).- Transmitir y distribuir adecuadamente las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.
- 3).- Evitar que cuando el terraplén sea formado de materiales finos plásticos, estos contaminen el pavimento, el tamaño de las partículas deberá estar entre los finos correspondientes al cuerpo del terraplén y los granulares del pavimento.
- 4).- Evitar que el pavimento sea absorbido por las terracerías cuando estén formadas por fragmentos de roca (pedraplenes).
- 5).- Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento.
- 6).- Unificar los espesores del pavimento principalmente cuando se tiene mucha variación de los materiales de terracerías a lo largo del camino.

**7)- Economizar espesores de pavimento en especial cuando los materiales de terracería requieran un espesor grande.**

**La línea subrasante marca la altura de las terracerías y por tanto su espesor, la mayoría de las veces es mayor que el necesario estructuralmente.**

**El proyecto geométrico de la subrasante debe tomar en cuenta lo siguiente:**

- a.) Las especificaciones de la pendiente longitudinal de la obra.**
- b.) Debe tener la suficiente altura para dar cabida a las obras de drenaje.**
- c.) Debe tener la suficiente altura para que el agua capilar no afecte el pavimento.**
- d.) Debe provocar los acarrees más económicos posibles**

### **CONSTRUCCION DE LA CAPA SUBRASANTE**

**Los procedimientos de ejecución para el mezclado tendido y compactación de la capa subrasante formada con materiales seleccionado en la elevación de la subrasante en cortes y terraplenes existentes, de la capa subrasante sobre terraplenes construidos con material no compactable se utiliza un tratamiento similar al de construcción de sub bases.**

**Cuando se emplea 2 ó más materiales se mezclarán en seco con objeto de obtener un material uniforme. Cuando se emplean motoconformadoras para el mezclado y el tendido se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporar el agua por medio de riegos y mezclas sucesivos para alcanzar la humedad que se fije y hasta para obtener homogeneidad en granulometría y humedad a continuación se extenderá en capas sucesivas de materiales sin compactar cuyo espesor no deberá ser mayor de 15 centímetros.**

**Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar el grado mínimo fijado, sobre poniéndose las capas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto y se compactará a 95% del PVSM.**

## COMPACTACION

La palabra compactación se deriva del latín "Compactos" que quiere decir unir ó juntar.

En la terminología de mecánica de suelos al término compactación se usa para la reducción de vacíos más ó menos rápida producida por medios mecánicos durante el proceso de construcción.

Ver figura siguiente.

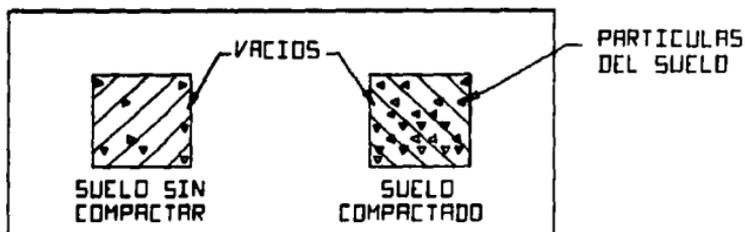


FIGURA 2.10

Al reducir los vacíos del suelo hay un incremento del peso volumétrico del material de donde se puede dar la siguiente definición.

**Compactación:** Es el aumento artificial por medios mecánicos del peso volumétrico de un suelo, esto se logra a costa de la reducción de vacíos del mismo al conseguir un mejor acomodo de las partículas que los forman mediante la expulsión de aire y agua del material.

La compactación mejora las características de un suelo en la que se refiere a:

- Resistencia mecánica.
- Resistencia a los asentamientos bajo cargas futuras.
- Impermeabilidad.

Se hace notar que compactar a mayores grados del especificado no es conveniente, es decir compactar además, puede resultar perjudicial al proyecto.

## RODILLOS METALICOS.

Un rodillo metálico utiliza únicamente presión estática con un mínimo de manipulación en materiales plásticos, cuando estos rodillos inician la compactación de una capa el área de contacto es más ó menos ancha y si forma un bulbo de presiones de una cierta profundidad, con forme avanza la compactación el ancho del área de contacto se reduce y por lo tanto también se reduce la profundidad del bulbo de presión y aumentan los esfuerzos de compresión en la cercanía de la superficie estos esfuerzos son con frecuencia, suficientes para triturar los agregados en materiales granulares, e invariablemente forman una costra en la superficie de la capa (Encarpetamiento). ver fig. 2.11, 2.11a.

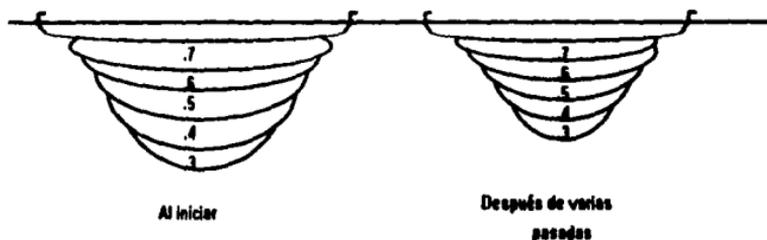


FIGURA 2.11

Un rodillo metálico no compacta pequeñas áreas suaves, debido a que la rigidez de la rueda los puentea, estas áreas suaves se presentan con frecuencia en terracerías debido a la irregularidad de la capa.

Las planchas-tandem; son aquellas que tienen 2 ó 3 rodillos metálicos paralelos los rodillos son generalmente huecos para ser lastrados con agua ó arena.

Las planchas de 3 ruedas son quizá las de más antiguo diseño tienen 2 ruedas traseras paralelas y una rueda, delantera puede ser hueca para ser lastradas o formadas por placas de acero roladas con atiesadores.

## **RODILLOS NEUMATICOS**

Los bulbos de presión son semejantes a los rodillos metálicos para el área de contacto permanece constante por lo que no produce efecto de reducción del bulbo. El efecto de puente de los rodillos metálicos se eliminan con llantas de suspensión independiente, puede ser de llantas pequeñas o llantas grandes.

Los de llantas pequeñas: Generalmente tiene 2 ejes tandem y el número de llantas puede verlas entre 7 y 13 el arreglo de las llantas es que se trastapan (con las delanteras, estos compactadores proporcionan una presión de contacto semejante proporcionada por equipos de mayor peso y llantas grandes, no empujan mucho material adelante de ellos.

Tienen profundidad de acción y poca flotación en materiales sueltos de llantas grandes.

Son generalmente arrastrados por tractores y pesan de 15 a 50 toneladas. Tienen 4 ó 6 llantas en un mismo eje su costo horario es generalmente caro por el tipo de tractor que se utiliza para arrastrarlos.

## **RODILLO PATA DE CABRA**

Son ahora raramente usados, excepto para amasamiento y compactación de arcillas donde la estratificación debe ser eliminada como el corazón impermeable de una presa, debido a la pequeña área de contacto de una pata y al alto peso de estos equipos el bulbo de presiones es intenso y poco profundo. La compactación se consigue por penetración y amasamiento más que por efecto del bulbo de presiones.



**FIGURA 2.12**

Los rodillos pata de cabra son lentos, tienen una gran resistencia al rodamiento, por lo que consumen mucha potencia este equipo es todavía pedido en especificaciones algunas veces pero su uso está declinando debido a los altos costos que tienen usualmente por unidad de volumen compactado. ver fig. 2.12.a.

#### **RODILLO DE IMPACTO:**

Este es un rodillo metálico en el que se han fijado unas salientes en forma aproximada de una pirámide rectangular truncada estas pirámides no son de la misma altura pues hay unas más altas que otras y se limpia fácilmente por medio de dientes sujetos al marco.

Estas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de contacto se incrementa con la penetración ajustándose automáticamente la presión a la resistencia del suelo impactado.

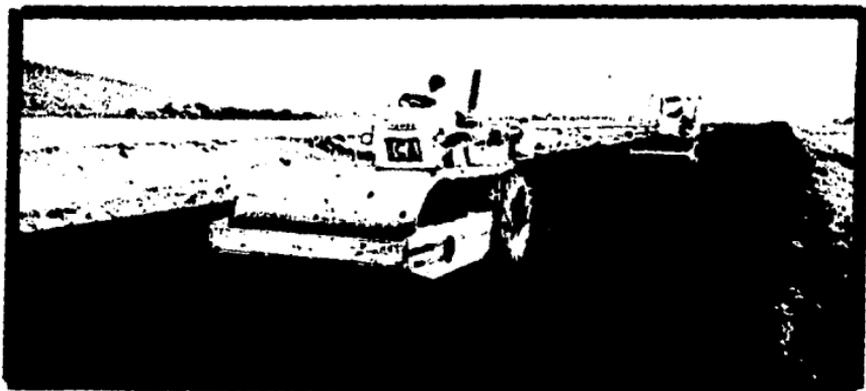
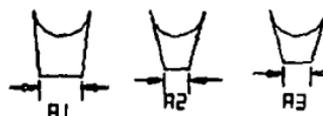
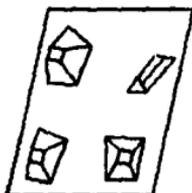


FIG. 2.11.a  
Maquinaria en Face de Compactación de Terraplenes con Rodillo Liso



FIG. 2.12.a  
Formación y Compactación de Terraplen con Compactador Similar  
ala Pata de Cabra



AJUSTE DEL AREA DE APOYO

CCIONES DE UN RODILLO  
 IMPACTO  
 DISTRIBUCION Y FORMA  
 LAS PIRAMIDES.

FIGURA 2.13

El diseño contempla también una fácil entrada y salida a la capa la que disminuye la resistencia al rodamiento estos rodillos han probado ser muy eficientes y eliminan estratificación en los terraplenes.

Cuando un rodillo de impacto empieza una nueva capa, que no sea mayor que 30 centímetros los bulbos de presión y las ondas de impacto proveen suficiente amasamiento con la capa inferior para eliminar la estratificación que ocurre con cualquier compactador excepto la pata de cabra.

**BASES Y SUB-BASES**

## **BASES Y SUBBASES**

Se puede definir como subbase y base a las capas sucesivas de material seleccionado que se construyen sobre la subrasante, cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas de manera que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

En México, la subbase y base se construyen, en general, con un material seleccionado mezclado con: cemento natural y agua, cemento y agua, cal y agua, emulsión asfáltica. Las más usuales son las construidas con un material seleccionado mezclado con cementante natural y agua y aquéllas en las que el material seleccionado se mezcla con emulsión asfáltica.

***La función de éstas capas son:***

- a.) Recibir y resistir las cargas del tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento. (carpeta asfáltica ó losa de concreto).
- b.) Transmitir adecuadamente y distribuyendo éstas cargas a las terracerías.
- c.) Impedir que la humedad de las terracerías ascienda por capilaridad.
- d.) En caso de que haya alguna introducción de agua por la parte superior, permite que esta descienda hasta la capa subrasante en la que por efecto del bombeo o sobre elevación, sea desalojada hacia el exterior.

***Cualidades requeridas para materiales de base:***

- a.) Presentar una granulometría conveniente, de tal manera que los materiales no se segregan, en las sucesivas manipulaciones, constituir una capa fácil de regularizar, y presentar por rozamiento interno una buena resistencia a los esfuerzos, con un módulo de elasticidad aparente elevado.

b.) Estar constituidos por un árido tanto mas duro y resistente, cuanto más elevados sean los esfuerzos en la capa considerada no tienen que fragmentarse en la capa de base.

c.) No llevar finos arcillosos ó de llevarlos, que no sean peligrosos y siempre en cantidad pequeña, los finos arcillosos constituyen un peligro porque, situados entre los granos gruesos, y seguramente humidificados, algún día harán bajar el rozamiento interno hasta anularlo casi por completo. Entonces la capa en cuestión se deformará como un líquido viscoso y dará origen a baches.

d.) De manera general la estabilidad mecánica definida por cualquier ensayo debe ser tan independiente como sea posible de las condiciones climáticas y fundamentalmente del contenido de agua.

e.) Presentar una compactación aceptable, es decir, puesta en obra fácil y no tener curva proctor muy puntiaguda.

Quando se encuentra en yacimiento ó en cantera un material que responde a todas éstas exigencias no hay necesidad, ninguna de buscarlo mejor, si desgraciadamente, no es este el caso, se puede proceder a estabilizar el material de que se dispone.

La estabilización mecánica consiste en modificar la granulometría sea con adición de material inerte o por tamizado con eliminación de los tamaños sobrantes y reconstitución posterior.

Los materiales que provienen de una cantera bien conocida y equipada con un material determinado y funcionando normalmente, las especificaciones obligan a explorar bancos sanos y mantener la maquinaria en buen estado.

Se fijará , en efecto un coeficiente. (calidad del banco rocoso), un equivalente de arena (limpieza) y un tamaño máximo (desgaste de las cribas).

Quando los materiales provienen de yacimientos todavía sin explorar, pero perfectamente conocidos por sondeos ó por resultados de explotación anterior de yacimiento idénticos el equipo de explotación es móvil llevado ahí por necesidades de una obra particular.

Las especificaciones tienden especialmente a obtener del contratista que lleva la maquinaria conveniente y que realice la explotación correctamente (lavado eventual, corrección de granulometría).

## **CLASIFICACION PARA MATERIALES DE BASES**

### **Materiales Rodados:**

Se trata de mezclas de materiales naturales de arenas y gravas que provienen de lechos de ríos, de terrazas aluviales, depósitos de erosión y transporte natural.

Los materiales rodados se clasifican como sigue:

### **Materiales naturales:**

Pueden ser utilizados como tales ó eliminando elementos muy gruesos o lavados si están contaminados de finos arcillos.

### **Materiales cribados:**

Se pueden separar en varias categorías por tamaños (arenas, arenas gruesas, gravas, cantos rodados, etc.) y mezclar de nuevo en proporción conveniente.

### **Materiales semi-machacados:**

Los materiales pasan a un tren de machaqueo de una o varias fases, que comienza separando por cribado la fracción arenosa y machacando el resto.

La parte machacada se criba a un tamaño conveniente, habiendo de incorporarse de nuevo a toda o parte de la arena separada al principio de la operación. Los elementos gruesos se incorporan al circuito de machaqueo.

Estos materiales impropriadamente llamados todo uno de machaqueo constituye la mayoría de las capas de base modernas.

### **Materiales machacados:**

Se trata de materiales procedentes de machaqueo de los elementos gruesos separados por cribado los materiales machacados y clasificados proporcionan gravillas, gravas y piedras partida en regiones que no tienen roca que puedan explotarse.

### **Materiales de cantera**

Se trata de materiales rocosos que provienen de la explotación de canteras clásicas, se clasifican de la siguiente manera.

#### ***Materiales totalmente machecados:***

Estos materiales se asemejan a sus homónimos que provienen de graveras, se obtienen igualmente alimentando un grupo de machaqueo, cribado a partir de materiales de cantera, como ellos contienen todo o parte de los finos que existían antes del machaqueo constituyen también una fracción importante de cimentación y de capa de base moderna.

#### ***Materiales Machecados de Granulometría Continua:***

Cuando se separan por cribado, los elementos finos que provienen de la voladura y de un machaqueo primario. (Estos elementos que decimos finos, pueden de hecho alcanzar 20 e incluso 40 milímetros de diámetro), y se machaca el resto de la criba, se obtiene un árido en general, mucho más limpio y al cual se le puede controlar además la granulometría.

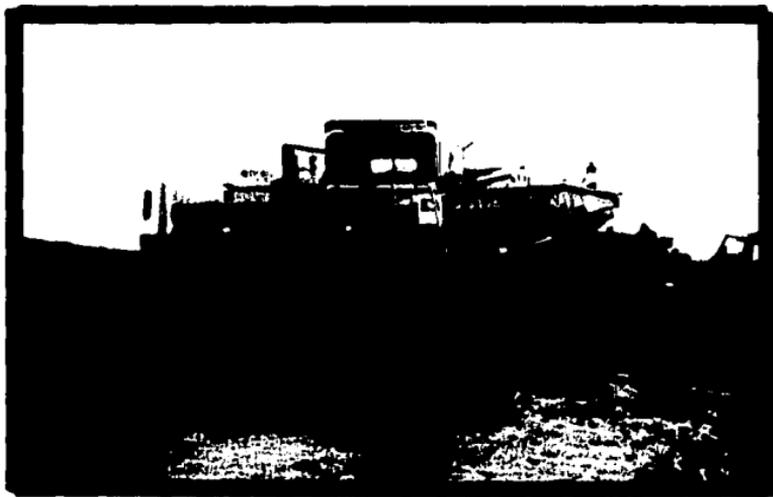
Los materiales ya tratados previamente pueden llevarse a la obra en donde se acamellonan, es decir, se hace un acordonamiento de sección constante para medir su volumen, y en caso de que haga faltante, se deben realizar los recargues necesarios. ver fig. 3a, 3b.

Para acamellonar los materiales se utilizan motoconformadoras.

Los tratamientos en la obra que generalmente son estabilizaciones mecánicas que aunque a veces son también químicas.



**FIG. 3.a**  
**Fragmentos de Roca Basáltica en Proceso de Trituración**  
**para Base**



**FIG. 3.b.**  
**Acaerrero de Material Triturado**

**FALLA DE ORIGEN**

## **TRATAMIENTO DE MATERIALES**

### ***a.) Cribado:***

A partir de una grava natural, se puede llegar a producir un buen material de granulometría continua, por simple cribado. Como regla general se trata de eliminar los elementos demasiados gruesos o de eliminar una fracción de arena excedente o bien realizar las dos operaciones simultáneamente. Se utilizan entonces cribas vibratorias de dos o tres elementos la rejilla de gruesos calibres (60 a 80 milímetros). sirve para tamizar el material, siendo extraídos los elementos gruesos por medio de una toma a pie de la instalación, la malla para arena sirve para separar la fracción 5 milímetros ó 8 milímetros. que no se reincorpora mas que en parte a la fracción 5/60 y es imposible en la práctica, cribar por debajo de 5 milímetros, sobre todo si los materiales están húmedos, pues el rendimiento es muy escaso.

### ***b.) Lavado:***

Algunas gravas, igual que ciertas arenas llevan a veces una proporción de limo muy importante que las inhabilita para su empleo. (gravas un poco grasas, arenas sucias) puede ser interesante lavar estos materiales a fin de quitarle sus finos peligrosos, se comienza por cribarlos regándolos fuertemente y se trata por decantación la fracción arenosa recogida en la base de la criba. Diferentes sistemas de instalación se encuentran en las canteras, según la cantidad de material y la finura de tamizado cuando se trata de lavar simplemente la fracción arenosa de una grava, se reduce a utilizar decantadores con álabes.

### ***c.) Machaqueo:***

El machaqueo responde a varios problemas en el caso de materiales redondos (gravas), evita la pérdida de materiales de gran calibre, permite regularizar y mejorar la curva granulométrica y finalmente produce elementos machacados, lo que aumenta a menudo el rozamiento interno, el machaqueo puede ser más ó menos evolucionado y el costo de la operación acusa el grado de evolución se puede utilizar una machacadora de mandíbulas.

## LA CURVA GRANULOMETRICA

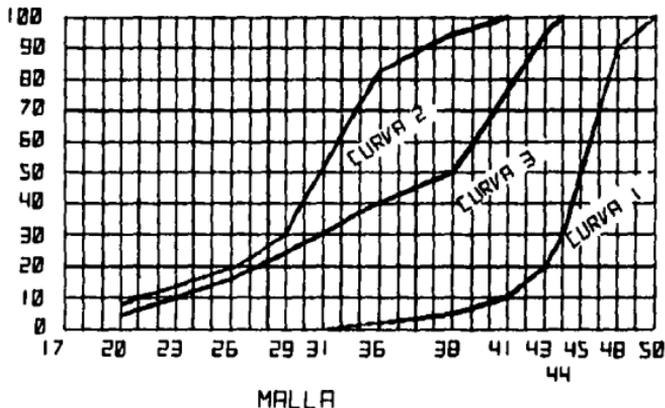
Interviene 3 factores el porcentaje de finos el tamaño de los elementos gruesos y la forma de la curva granulométrica.

Intervienen igualmente, la permanencia de esta granulometría en tiempo y en espacio, es decir la regularidad del yacimiento y la dureza de la roca.

La forma de la curva granulométrica condiciona la aptitud a la compactación la ausencia de segregación y la compacidad del material compactado.

Cuando más numerosos sean los contactos entre los granos, más estable será la capa. Cuando mas compacto sea el material menor será el riesgo de producirse desplazamiento de granos y por consiguiente, asientos.

Las curvas continuas son las mas satisfactorias una curva tal como la curva 1 de la fig. 3.1 aunque continua, muestra que el 80% de los granos tienen un tamaño superior a 20 milímetros, el 20% restante no basta para llenar los huecos y tras la puesta en obra y compactación, todos los finos se irán al fondo de la capa. La curva 2 por el contrario, es de una arena porque discurren algunas zahas que no juegan ningún papel. Tal material no tendrá estabilidad. una curva tal como la 3 finalmente perfectamente graduada es índice de un material adecuado.



**FIGURA 3.1**

Las curvas que presentan lagunas de tamaños son índices de materiales reconstituidos o artificialmente en cantera o por erosión y transporte natural.

Estos materiales con granulometría discontinua, pueden presentar una buena compactación y ser estables, pero donde las lagunas son demasiado importantes, segregarán y si no son regulares, el material presentará variaciones de compactación y de aspecto después de la compactación y por lo tanto, de resistencia al punzamiento.

## **ESTABILIZACIONES**

El suelo se deforma bajo la acción de las cargas directas o al transmitir las por las capas del firme de alta calidad sino tiene la debida resistencia ésta debe tener valores que no desciendan en ninguna circunstancia de los que exigen las cargas que ha de soportar. Se sabe que por ciertos tipos de suelos su resistencia varía ampliamente al cambiar la proporción del agua que contiene con la estabilización se pretende, en primer término lograr, que en condiciones normales, que el agua y el suelo pueda contener solamente varíe entre límites muy pequeños. se tendrá así una resistencia conocida y estable.

La estabilización exige el cumplimiento de una serie de condiciones comunes que son las siguientes:

- 1).- El suelo estabilizado deberá tener la resistencia precisa para soportar las cargas a que a de estar sometida ya sean transmitidas por las capas superiores del pavimento o las directas del tráfico, cuando constituya la capa de rodadura. Esta resistencia mínima habrá de lograrse en las condiciones extremas, de humedad y acción del hielo en su caso, que se deben de prever, según las características metereológicas y de drenaje.
- 2).- El cumplimiento de la condición anterior obligará a corregir el suelo natural, o por la adición de cementos, betún o diferentes productos químicos, la conveniencia del empleo de unos u otros, es cuestión económica.
- 3).- La mezcla que se obtenga habrá de ser homogénea.
- 4).- El conjunto se apisonará convenientemente para alcanzar la máxima densidad y resistencia.
- 5).- Cuando se emplee un elemento estabilizador que lo exija habrá que cuidar de su fraguado o cura del mismo.

## ESTABILIZACION CON CLORURO CALCICO O SODICO.

Las superficies de rodadura de suelo estabilizado se mejoran notablemente cuando están ligeramente húmedas y empeoran cuando están secas; el pavimento se disgrega fácilmente dando una gran cantidad de polvo, es fundamental conservar la humedad del firme, y para ello se ha recurrido a incorporar a él sales higroscópicas; por su abundancia en el mercado y su precio, se emplean mucho los cloruros cálcico y sódico.

El cloruro cálcico está formado por pequeñas escamas blancas, inodoras y fácilmente delicuescentes.

En el siguiente cuadro se indica la humedad relativa precisa para que los copos se licúen a diferentes temperaturas del ambiente.

Temperatura.	Humedad Relativa.
38°	20
24°	30
7°	40
0°	42

El cloruro sódico no tiene la misma fijeza en sus características ya que su delicuescencia es debida a las impurezas.

Sales de magnesio, fluoruros, etc. que lo acompañan, la influencia beneficiosa de ambas sales en la conservación del firme es clara, el pavimento se mantiene ligeramente húmedo y su superficie se conserva dura, reduciéndose mucho el polvo; la ligera humedad de las partículas actúan como lubricante.

Las hace tomar posiciones más estables bajo la acción del tráfico: en definitiva el pavimento se va consolidando más y más que el tiempo pasa, la presencia de un 1% de cloruro cálcico ó sódico aumenta la resistencia del firme a los efectos de las heladas.

## **ESTABILIZACION CON CEMENTO**

Este tipo es el mas antiguo de todos los sistemas de estabilización su técnica es más rigurosa que la de corrección del suelo con otro complementario, en los suelos estabilizados con cemento la mezcla una vez humedecida, se ha de extender y consolidar antes de que se inicie el fraguado; como es normalmente una estabilización mas cara que la mezcla de suelos hay que ajustar adecuadamente la proporción del cemento para que cumpliendo las condiciones de resistencia y estabilidad precisas no resulte anti económica, las ventajas del suelo estabilizado con cemento son grandes su resistencia a las cargas y a los agentes atmosféricos es muy superior a la que es posible obtener simplemente para la mezcla de los suelos.

Para la proporción se puede usar la técnica americana que dice que suelos A-1 y A-2 deben tantearse proporciones de 6,8 y 10% de cemento, con suelos A-3, A-4 Y A-5, el 8,10, y 12%. de cemento para los suelos A6 y A7 se debe empezar por construir la curva de humedad-densidad sin cemento si es regular y de forma sensible parabólica, con un solo máximo que de una humedad óptima, menor del 20% y una densidad del orden 1,700 kilogramos. será conveniente la estabilizacion con cemento.

## LA CONSTRUCCION CONSTA DE LAS SIG. OPERACIONES

**Escarificado y preparación del cemento .-** Se escarifica la explanación hasta una profundidad de pendiente del espesor que se pretenda dar al firme, normalmente es de 15 a 30 Cm.; Si solo se emplea material de préstamo. Hay que extraer de la caja y transportar fuera los productos del escarificado; Si se pensaran utilizarlos se apilarían lateralmente y se episonarían con un rodillo tandem ligero.

**Tipo de suelo.-** El tamaño máximo del arido es de 75 mm. con un 55% o mas que pase por la malla # 4.

**Pulverización.-** Hay que lograr en el suelo una pulverización tal que el 80 % del mismo, con exclusión de la grava o piedra retenida en la malla # 4, evaluada en peso seco. pasa por la malla # 4 y el 60 % por la malla # 10.

**Distribución del cemento.-** Puede hacerse en dos formas vaciando los sacos en la explanación o en el acamellonamiento, formado por el material acopiado, de tal manera que después de extendido resultará la dosificación fijada, o emplear aparatos distribuidores de productos pulverulentos en la dosificación del material. Hay que tener en cuenta un exceso del 10 % en concepto de pérdidas, en el proceso de mezcla por el viento.

**Mezcla del suelo y cemento.-** Debe de hacerse después de extendido, y removerse la mezcla por lo menos una vez cada 30 minutos, Hasta que empiece el episonado, se debe de incorporar la proporción de agua precisa para mantener la proporción determinada en el laboratorio.

**Apisonado.-** El tiempo máximo que debe durar esta operación debe ser de 2 hrs, la humedad durante la operación no debe de ser menor de 0.75 de la óptima, el tiempo máximo transcurrido desde la extensión del cemento a la terminación del firme será de 6 hrs. Se compactará con un rodillo pata de cabra y enseguida se pasará la motoconformadora o niveladora así sucesivamente y al final con un rodillo de neumáticos.

## CARACTERISTICAS DE BASES Y SUBBASES

Las características de estos materiales, en cuanto a resistencia (VRS) (de porter estándar), plasticidad,contracción lineal y valor cementante, se indica en las Tablas siguientes.

### MATERIALES DE SUBBASE

Materiales de acuerdo			
Características	1	2	3
Contracción lineal, en porcentaje (máx.)	6.0	4.5	3.0
Valor cementante, para materiales angulosos en kg/cm <sup>2</sup> (min.)	3.5	3.0	2.5
Valor cementante, para materiales redondeados y lisos en kg/cm <sup>2</sup> (min.)	5.5	4.5	3.5
Valor relativo de soporte estándar saturado en porcentaje.	50 min.		
Equivalente de arena, en porcentaje.	20 min. (Tentativo)		

### MATERIALES DE BASE

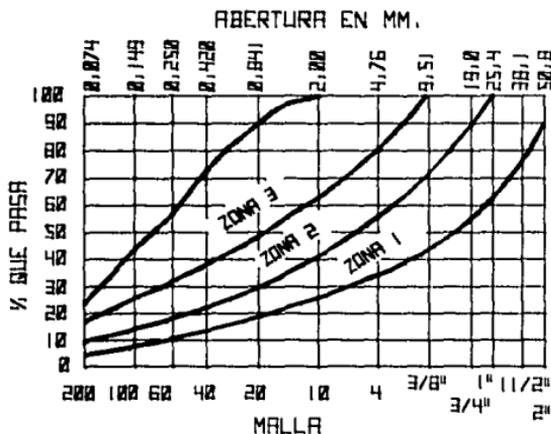
Zonas en que se clasifica El material de acuerdo Con su granulometría.			
Características	1	2	3
Límite líquido en porcentaje(máx.)	30	30	30
Contracción lineal, en porcentaje(máx.)	4.5	3.5	2.0
Valor cementante, para materiales angulosos en kg/cm2(min.)	3.5	3.0	2.5
Valor cementante, para materiales redondeados y lisos en kg/cm2(min.)	5.5	4.5	3.5

### MATERIALES DE BASE

Para emplearse en	intensidad de tránsito en ambos sentidos	Valor relativo de soporte estándar	Equivalente de arena (tentativo)	Índice de durabilidad (tentativo)
Carreteras	Hasta 1000 vehículos pesados al día (min.)	80	30	35
		100	50	40
Aeropistas para aeronaves con peso total	Hasta 20 ton. (min.)	80	35	35
	Más de 20 ton. (min.)	100	50	40

Estas características, que son las mas importantes para estos materiales, se deben cumplir en forma simultánea.

Se debe mencionar que en este caso, aunque las normas marcan que la granulometría tenga una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas 1,2,3, como se muestra en la figura 3.2, la realidad es que no es de mucha importancia si se cumplen las características que se marcan en los cuadros mencionados; sin embargo, si éstas características no se cumplen y se mejora, la granulometría, por ejemplo con una estabilización mecánica, se puede mejorar la resistencia; así la granulometría nos sirve como un índice para decidir la forma de realizar el mejoramiento.



**FIGURA 3.2**

**Zonas de especificaciones granulométricas para materiales de base y subbase.**

Se puede comentar que el valor cementante en una base es indispensable para dar sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas como las que se construyen en el país, que varían entre 2 y 8 centímetros, en este caso si las bases se construyen con materiales inertes, a poco de abrirse el camino, el tránsito provoca deformaciones rítmicas transversales que en lenguaje de caminos se denominan "permanentes".

**Curado:**

El firme terminado deberá protegerse con una capa de 8 a 10 centímetros de tierra ó paja mojada u otro medio apropiado durante un plazo de 7 días para su curado; pasado este tiempo se puede limpiar la superficie del camino y abrirse al tráfico o bién construir la capa superficial, cuando se trata de emplearlo como cimientó.

**Conservación:**

La conservación de estos caminos se reduce a efectuar bacheos con mezcla análoga a la empleada a la construcción, se empieza por recortar el bache, con las paredes bien verticales y humedecerlo, rellenando con la mezcla preparada; aún con las máximas precauciones, no siempre el material depositado une bién con el antiguo; es conveniente, por ésta causa, levantar en el área del bache todo el espesor estabilizado, para abreviar el tiempo que el bache ha de permanecer protegido del tráfico, se activa el fraguado adicionándole un acelerador; el que da mejores resultados es el cloruro cálcico, disuelto en proporciones del 2 al 4% en el agua del amasador.

**Grava-cemento:**

Dentro de las estabilizaciones con cemento, pero con unas características peculiares que le dan personalidad propia, se encuentra la grava-cemento. Es un material granular con un pequeño tanto por ciento de finos al cual se le agrega cemento y agua cuya puesta en obra exige una compactación por medios mecánicos.

El componente mineral, la grava, es una mezcla de áridos naturales o artificiales con granulometría continua, cuyos tamaños van desde la grava a la arena, en ocasiones con finos en tanto por ciento determinado ver las tablas siguientes.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

	<b>MACADAM AL AGUA</b> Es en peso que pase cada tamiz	
	Arido grueso	Arido fino (recebo)
3"	100	
2 1/2"	90 - 100	
1 1/2"	25 - 60	
3/4"	0 - 10	
3/8"		100
Núm. 4		85 - 100
Núm. 100		5 - 25

	<b>MACADAM VIBRADO EN SECO.</b> Es en peso que pase cada tamiz	
	Arido grueso	Arido fino (recebo)
2 1/2"	100	
2"	90 - 100	
1 1/2"	35 - 79	
1"	0 - 15	
3/4"		100
1/2"		90 - 100
Núm. 100		0 - 30

El tamaño máximo del árido se limita en relación con el espesor de la capa para obtener una mayor homogeneidad en la mezcla, reducir el peligro de segregación, durante la fabricación y puesta en obra y para conseguir una superficie de la mejor calidad.

## ESTABILIZACION CON CAL

La cal, óxido de calcio  $\text{CaO}$ , ó cal viva, como se sabe se obtiene por calcinación de la caliza; cuando ésta contiene magnesia en forma de carbonato, se obtiene la cal dolomítica, la cal viva mezclada con agua produce la cal apagada. es preciso que la cal viva se produzca por calcinación completa de la caliza de origen, pues de no ser así quedará en la cal viva elementos de la caliza y el producto obtenido no será apto para la estabilización.

La acción de la cal en el suelo es doble; en primer lugar actúa sobre las bases de cambio de la arcilla y los iones metálicos ligeros son remplazados por los cationes de calcio, por otra parte, sobre la superficie de las partículas de arcilla se acumulan cationes adicionales de calcio, la carga superficial de las partículas se altera y la plasticidad del suelo baja, puede consolidarse más rápidamente, mejor y seca a gran velocidad.

También la cal produce una unión de cementación de las partículas del suelo, el fraguado de la mezcla de cal y suelo es más lenta que la del suelo-cemento.

La cal normalmente disminuye ligeramente la densidad pero en cambio aumenta la resistencia la cantidad de cal depende de la naturaleza del suelo y del tiempo del curado.

La cantidad de cal se recomienda sea como mínimo 5% hay que tener como presente la capacidad de duración en un suelo estabilizado con cal es mayor, dentro de límites lógicos, a medida que es mas alta la proporción de ésta.

La construcción se realiza en forma análoga a la estabilización del suelo-cemento la cal puede añadirse en seco como el cemento ó en lechada: es esencial, tanto en un caso como en otro. Asegurarse de la uniformidad de la pulverización mezclada la cal, el suelo y el agua debe dejar curarse sin apisonar durante 24 ó 48 hrs. hasta que la mezcla pierda su plasticidad; se favorece así la pulverización y uniformidad de la mezcla, este curado inicial no es preciso, cuando se trata de suelos predominantemente granulares. después de este periodo cura preliminar se procede a la pulverización y mezcla final del suelo, hasta alcanzar un conjunto perfectamente uniforme añadiendo agua, si fuera preciso con pasadas de niveladora se extiende la capa de firme en un espesor de 7 a 10 centímetros y se procede el apisonamiento como en el caso del suelo-cemento con rodillos pata de cabra ó de neumáticos, seguidos de pasadas de niveladora terminando la consolidación con un rodillo tandem de cilindros lisos.

**El pavimento debe dejarse curar manteniéndolo protegido de la evaporación durante 7 días si la temperatura del ambiente es cálida y más si fuese fría.**

**Las mezclas de suelo estabilizado con cal presentan muy poca resistencia al desgaste superficial es imprescindible protegerlas en un tratamiento bituminoso en caliente, si el suelo estabilizado con ella se emplea como capa de rodadura.**

## **ESTABILIZACIONES EN PRODUCTOS BITUMINOSOS**

Al suelo natural se le puede agregar un producto bituminoso para su estabilización la función de este producto depende del tipo del suelo, según sea granular o cohesivo, si se trata de suelos sueltos ó con muy poca proporción de material cohesivo, el producto bituminoso tiene que cumplir fundamentalmente la misión de unir los distintos elementos granulares, se pueden emplear betunes de destilación con penetraciones 85-100 ó 120-150 asfaltos fluidificados RC-1-2-3 emulsiones ó alquitranes de RT-4 al RT-10 la proporción de betún será la precisa para cubrir la superficie del árido: para determinarla pueden emplearse fórmulas empíricas que relacionan la granulometría con la superficie.

Para su construcción se puede emplear cualquiera de los procedimientos descritos por otras estabilizaciones mezcla insitu con maquinaria móvil ó en instalación central. Hay que tener presente cuando se empleen como ligantes betunes fluidificados ó emulsiones, que no debe de empezar el apisonamiento, hasta que se halla producido, como mínimo el 80% del proceso de curado, pues si queda cerrada la posibilidad de evacuación del solvente o el agua por el apisonamiento, el firme resultará deformable en general, se recomienda si el suelo estabilizado se emplea como capa de rodamiento, terminarlo con una capa de tratamiento superficial.

### ***Criterios para emplear productos asfálticos en la estabilización:***

1) Como norma general, se puede decir que en los materiales puramente arcillosos la estabilización con ligantes asfálticos puede resultar antieconómica, mientras que siempre suele resultar ventajosa la estabilización con cemento o cal.

**2) En cambio en los materiales puramente arenosos, ocurre exactamente lo contrario: la estabilización con cemento resulta antieconómica, mientras que la estabilización con ligantes asfálticos resulta muy conveniente.**

**Claro está que en la realidad no sólo nos encontramos con materiales puramente arenosos y materiales puramente arcillosos, si no con tipos intermedios caracterizados en su posición entre ambos extremos por su índole de plasticidad y por su contenido de finos**

**A continuación se mencionarán algunas consideraciones para determinar el tipo de ligante, tomando como base los conceptos anteriores.**

- a) Cuando el índice de plasticidad es mayor que ocho, no es aconsejable una estabilización mediante un producto asfáltico.**
- b) Cuando el índice de plasticidad es menor de seis, se obtendrá un buen resultado al estabilizar con producto asfáltico.**
- c) Cuando el índice de plasticidad es menor de cuatro, se obtendrán excelentes resultados al estabilizar con productos asfálticos.**
- d) Cuando el material cribado a través de la malla número 200 es menor del 15 %, puede procederse a la estabilización con ligantes asfálticos con absoluta seguridad.**

### **BASES CON ESTABILIDAD QUIMICA:**

Cuando las bases son de tipo suelo-cemento, una vez incorporada el cemento portland y homogeneizada del agua de inmediato se extiende el material en la corona y se compacta si es de tipo suelo mejorado ya incorporados el cemento y el agua no se permite que se agrume el material para la que es necesaria que éste se revuelva 2 ó 3 veces al día durante 3 días para luego agregar el agua necesaria, finalmente se tiene que extender y compactar.

Las estabilizaciones químicas consisten según los casos siguientes:

- 1.-) Conferir cohesión a un material cuyo rozamiento interno es insuficiente (gravas magras, tratadas con cemento o betún).
- 2.-) Volver hidrofobos los materiales sensibles al agua (tratamientos con betún ó agentes químicos más complejos).
- 3.-) Neutralizar por cambios iónicos, finos arcillosos nocivos (con cal ó cemento).
- 4.-) aumentar la facilidad de compactación de los finos por medio de los agentes dispersantes.

### **COMPACTACION:**

Para efectuar la compactación de bases y subbases se requiere humedecer el material con una cantidad de agua cercana a la óptima: ésta humedad óptima de campo en general es menor que la del laboratorio porque las máquinas que se utilizan son de gran peso, aunque se debe compensar el agua que se evapora mientras se hacen los tratamientos.

El agua no se riega de una sola vez sino que se distribuye en varias pasadas de la pipa, el material acamellonado se abre parcialmente hacia la corona de la obra y pasa la pipa haciendo un primer riego, luego la motoconformadora abre una nueva cantidad de material y la coloca sobre el ya humedecido, vuelve a pasar la pipa y así en seguida, hasta que se proporciona toda el agua necesaria:

En seguida se homogeniza la humedad en todo el material por medio de la motoconformadora, que hace cambios sucesivos del material hacia un lado y otro sobre la corona de la obra ya que se consiguió uniformizar la humedad en todo el material, se distribuye a través de la corona, para formar la capa con el espesor suelto necesario, se debe cuidar que el material no se segregue es decir que no se separen los finos de los gruesos, para ello es conveniente que el material húmedo se coloque en el centro de la corona y se vaya distribuyendo hacia los lados por medio de la motoconformadora que opera a una velocidad moderada más bien baja, una vez que se tiene extendido el material se compacta hasta alcanzar el grado de proyecto que en general es de 95% del PVSM.

Aunque a últimas fechas se pide el 100% se debe mencionar que para pasar del 95 al 100% de compactación se requiere de un gran esfuerzo o energía que se traduce en un mayor costo, sin embargo el aumento de resistencia es relativamente bajo: en este caso valdría más la pena agregar un poco de cal o cemento con lo que aumentaría la resistencia en una forma considerable.

La compactación de estos materiales se realiza con máquinas de rodillos sin salientes ya sea metálicos, lisos o cajas con neumáticos, el peso de estos equipos varía entre 15 y 25 ton. si se cuenta con ellos, o con una unidad vibratoria, la eficiencia para obtener la compactación es mayor.

ver las fig. 3.3, 3.4, 3.5

En la fig. 3.6 se muestra una capa rompedora de capilaridad la cual se utiliza cuando en el terreno existe mucha humedad.

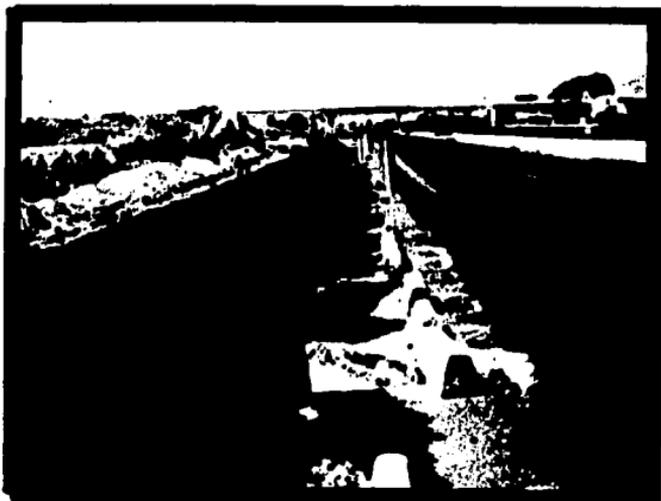


FIG. 3.3  
Pipa dando la Humedad Necesaria al Material de Base



FIG. 3.4.  
Motoconformadora Extendiendo el Material de Base

FALLA DE ORIGEN 86



FIG. 3.5  
Rodillo Liso con Unidad Vibratoria Compactando Capa de Base



FIG. 3.6  
Se Observa una Formación de la Capa Rompedora de Capilaridad

FALLA DE ORIGEN <sup>K7</sup>

## **CAPITULO IV**

# **CARPETAS ASFALTICAS**

## **GARPETAS ASFALTICAS**

Se puede definir a la carpeta asfáltica como la parte superior de la estructura del pavimento flexible, tiene como funciones principales prolongar la vida útil de la carretera, facilitar el rodamiento y distribuir las cargas generadas por los vehículos hacia las capas inferiores.

Las carreteras actuales son superficies de forma y dimensiones especialmente estudiadas para facilitar el desplazamiento de los vehículos automotores. Estas superficies deben estar acondicionadas de tal forma, que el desplazamiento de los vehículos pueda realizarse con comodidad, seguridad y economía, sin que el camino sufra deterioros apreciables en plazos de tiempo suficientemente amplios.

En México tenemos una gran diversidad de tipos de suelos, trayendo como resultado que las características mecánicas, de resistencia, de plasticidad, etc., de cada uno de ellos, se alteren de manera diferente, cuando son atacados por los agentes atmosféricos.

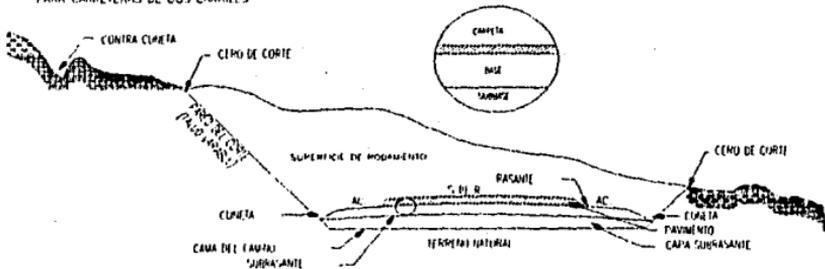
Los materiales empleados en la construcción de caminos, desde el comienzo de la historia han sido muy variados.

Los esfuerzos inducidos por el tránsito en un camino van disminuyendo con la profundidad; de manera que la resistencia en las capas subyacentes del camino pueden ir disminuyendo, lo que se logra empleando materiales de menor calidad, y como consecuencia de menor costo.

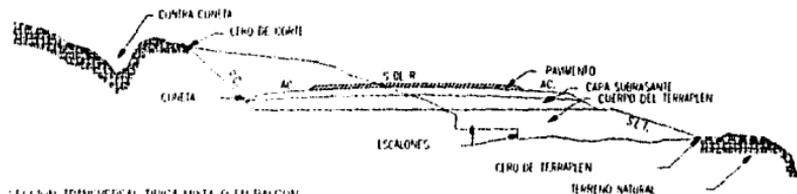
En la figura 4.1 Se muestran las secciones más comunes de caminos así, como la construcción transversal correspondiente muy general.



SECCION TRANSVERSAL TIPICA EN TERRAPLEN PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES



SECCION TRANSVERSAL TIPICA EN CORTE PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES SE MUESTRA UN DETALLE DE PAVIMENTO FLEXIBLE



SECCION TRANSVERSAL TIPICA MIXTA O EN BALCON PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES

FIGURA 4.1

En la actualidad, se entiende por pavimento al conjunto de capas constituidas por materiales seleccionados que proporciona una superficie de rodamiento adecuada, que resista los esfuerzos originados por el tránsito y los transmita, adecuadamente distribuyéndolos a las terracerías.

FALLA DE ORIGEN

## **EL ASFALTO.**

Se llama **asfalto ó cemento asfáltico** a determinadas sustancias de color oscuro que pueden ser líquidas, semisólidas o sólidas, compuestas esencialmente de hidrocarburos solubles en sulfuro de carbono en su mayor parte y procedente de yacimientos naturales u obtenidos como residuos del tratamiento de determinados crudos de petróleo por destilación o extracción.

Al asfalto se le conoce también como material bituminoso dado que contiene bitumen, que es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono ( $CS_2$ ) es pegajoso, lo cual hace que se adhiera a las partículas de agregado; es además impermeable y resistente a la mayoría de los ácidos, alcalis y sales. Se dice que el asfalto es termoplástico porque se suaviza al calentarse y endurece al enfriarse, las características enunciadas son las que hacen del asfalto un material tan útil en la pavimentación.

### **HISTORIA:**

El asfalto no es un recurso nuevo, fué usado en muchos caminos de la antigua Mesopotamia, Siria y Egipto, el asfalto usado en la antigüedad fué un material nativo, obtenido de los filtros petroleros o estanques, donde el petróleo crudo sube a la superficie y las fracciones mas ligeras fuerón evaporadas por la naturaleza; el residuo pesado restante, usualmente contiene varias cantidades de agua, aceites y otras impurezas.

Las fuentes más extensas de asfalto nativo fueron localizadas hace 4,000 a 5,000 años en Iraq. Varios de los depósitos grandes que son conocidos se han encontrado a lo largo de la orilla del río Eúfrates en las vecindades de Hit y Ramadi.

Otros depósitos mencionados por los historiadores fueron a lo largo del río Tigris en el norte de Iraq. cerca de la presente ciudad de Shargat; cerca de este lugar aparece mas tarde una moderna área petrolera.

Los egipcios obtuvieron el asfalto nativo para impermeabilizar momificar y construir, del mar Muerto y de una fuente cerca del río Jordán en el Líbano.

**Estos pavimentos deben cumplir las siete funciones principales siguientes.**

**1)- El camino ha de ser capaz de soportar las cargas ocasionadas por el tráfico, sin que se produzcan movimientos ni en su superficie ni en ninguna de las capas situadas por debajo de ella, a ésta cualidad de la superficie del terreno de resistir las cargas, sin deformaciones importantes, se le llama estabilidad.**

**2)- La estructura del camino debe resistir los efectos de la humedad sin perder la estabilidad que se ha citado como propiedad primera.**

La parte fundamental resistente del camino es, como antes se ha dicho, el suelo natural y éste es, en general, muy sensible a la presencia del agua. De tal manera que debe ser proyectado que sea capaz de evitar al máximo la penetración de la humedad procedente de la lluvia, o por filtración de los terrenos adyacentes, la protección de la humedad adquiere gran importancia en los climas fríos, en los que es posible la penetración de heladas que pueden dar lugar a congelamientos que podrían alterar completamente la superficie del camino.

**3).- Evitar la desintegración de la superficie, sin que los materiales que constituyen la superficie del camino carezcan de cohesión, el paso del tráfico pueden dar lugar a considerables efectos de desgaste o levantamiento de materiales que acabarán en breve plazo por destruir la superficie, en caminos de tierra o piedra se presenta.**

**4).- Superficie continua que permita el desplazamiento de los vehículos a velocidad elevada y en condiciones aceptables de comodidad.**

**5)- Superficie de rodamiento antideslizante, que permita el adecuado control de los movimientos del vehículo en condiciones de seguridad, incluso a velocidades más elevadas que pueda alcanzarse dada la naturaleza de la superficie del camino y su trazo.**

**6).- La estructura del camino debe ser suficientemente flexible para admitir posibles movimientos del terreno sin graves deterioros.**

**7).- la superficie del camino debe de ser suficientemente resistente a los agentes atmosféricos para que no pueda ser destruida ni alterada gravemente por los cambios alternativos de frío a calor, de tiempo húmedo a seco, etc.**

Los caminos suelen ser de tierra, piedra y tierra, pavimentos rígidos o de diversas combinaciones de estos materiales con materiales asfálticos (pavimentos flexibles).

Los pavimentos rígidos son aquellos cuya superficie de rodamiento está constituida por una losa de concreto hidráulico, los esfuerzos se transmiten a través de la acción de la losa; la transmisión de esfuerzos hacia las capas inferiores va a ser rápida, no soporta deformaciones en las capas inferiores y cuando se presentan deformaciones de cierta importancia se presenta la falla estructural.

Los pavimentos flexibles son aquellos que tienen una carpeta asfáltica como superficie de rodamiento, la transmisión de los esfuerzos hacia las capas inferiores es mediante la adherencia, cohesión y fricción que existe entre los materiales pétreos y el producto asfáltico; estos pavimentos admiten ciertas deformaciones sin que se llegue a la falla estructural, la distribución de los esfuerzos es lenta.

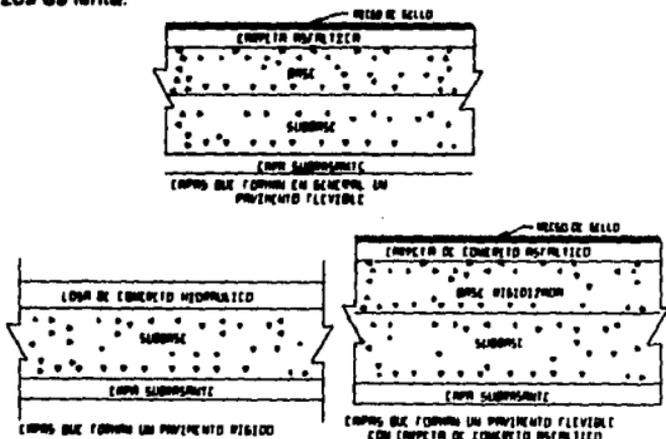


FIGURA 4.2

FALLA DE ORIGEN

Los caminos suelen ser de tierra, piedra y tierra, pavimentos rígidos o de diversas combinaciones de estos materiales con materiales asfálticos (pavimentos flexibles).

Los pavimentos rígidos son aquellos cuya superficie de rodamiento está constituida por una losa de concreto hidráulico, los esfuerzos se transmiten a través de la acción de la losa; la transmisión de esfuerzos hacia las capas inferiores va a ser rápida, no soporta deformaciones en las capas inferiores y cuando se presentan deformaciones de cierta importancia se presenta la falla estructural.

Los pavimentos flexibles son aquellos que tienen una carpeta asfáltica como superficie de rodamiento, la transmisión de los esfuerzos hacia las capas inferiores es mediante la adherencia, cohesión y fricción que existe entre los materiales pétreos y el producto asfáltico; estos pavimentos admiten ciertas deformaciones sin que se llegue a la falla estructural, la distribución de los esfuerzos es lenta.

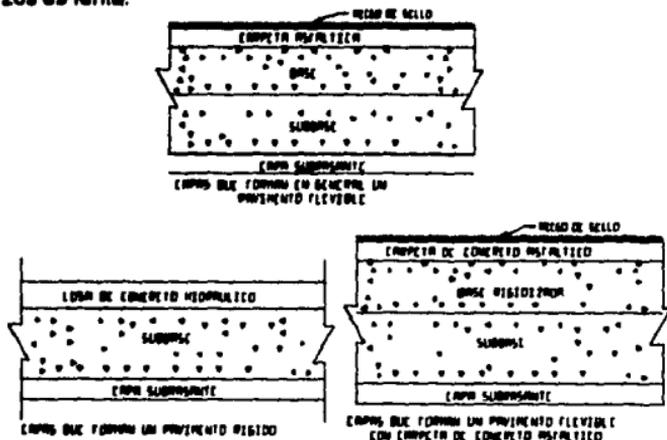


FIGURA 4.2

FALLA DE ORIGEN

El asfalto de trinidad es otro fuente de asfalto nativo, que ha pesar de haber sido extraidas cientos de millones de toneladas, no presenta ningún signo apreciable de pérdida.

Por muchos años el asfalto de trinidad fue exportado a ciudades extranjeras con el propósito de pavimentación; pero con el desarrollo de métodos modernos de refinación doméstica del petróleo crudo, los materiales asfálticos son producidos en más ciudades, a un costo con el cuál el asfalto de trinidad no puede competir.

## FUNCIONES DEL CEMENTO ASFALTICO:

El asfalto es capaz de resistir considerables esfuerzos instantáneos aunque fluya siempre bajo la acción de cargas permanentes.

Los cementos asfálticos deberán satisfacer las características que se muestran en la siguiente tabla.

	Núm. 3	Núm. 6	Núm. 7	Núm. 8
Penetración, 100 g, 5s, 25°C.	180 - 200	80 - 100	60 - 70	40 - 50
Viscosidad saybolt - furol: A 135°C, s, mínimo.	60	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierto de cleveland), °C, s, mínimo.	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C	37 - 43	45 - 52	48 - 56	52 - 60
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo.	60	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 Cm <sup>3</sup> , 5h, 163°C. penetración retenida, por ciento, mínimo.	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo.	1.4	1.0	0.8	0.8

### Especificaciones para cementos asfálticos

El asfalto puede cumplir en la estructuración del camino las funciones siguientes:

1).- Impermeabilizar la superficie del camino, cuidando la penetración del agua de lluvia.

**2).- Impermeabilizar la masa de determinadas capas del pavimento haciéndolas poco sensibles a la humedad. Este es el caso en la construcción de pavimentos asfálticos de gran espesor.**

**3).- Dotar de cohesión a los materiales granulares empleados carentes de ella, ésta propiedad se aplica en el caso anterior, no sólo se le da a la masa de la capa una gran resistencia al desgranamiento, muy útil en capas de superficie, si no que también se le dota de gran resistencia mecánica, que puede mejorar, sensiblemente el valor portante del pavimento, permitiendo disminuir el espesor en estos casos, en la estructura del camino se presenta un efecto de losa que le da propiedades intermedias entre la de los pavimentos flexibles propiamente dichos y la de los pavimentos rígidos.**

## **TIPOS DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS.**

### ***Ventajas e Inconvenientes:***

Al producto obtenido como residuo de la destilación del petróleo crudo, es un material semisólido, negro, pegajoso, altamente viscoso y se le conoce como cemento asfáltico.

Los productos obtenidos de la destilación del petróleo crudo son; petróleo, gases, gasolinas, kerosene, diesel, aceites, grasas, parafinas, cementos asfálticos.

El cemento asfáltico puede hacerse menos viscoso para su uso en la construcción por medio de los siguientes tres métodos:

1).- Por medio de la aplicación de calor, en esta forma después de las operaciones de construcción, el asfalto se enfría y regresa a su estado semisólido.

2).- Disolviendo el asfalto en solventes adecuados a los productos obtenidos se les conoce como asfaltos rebajados, en los cuales los solventes se evaporan una vez terminada la mezcla, dejando depositado el cemento asfáltico a la separación del asfalto y solventes se le conoce como fraguado.

3).- Emulsificando el asfalto con agua, el asfalto y el agua generalmente no se mezclan, pero pueden ser mezclados moliendo el asfalto en un molino coloidal y agregándole agua y agentes emulsificantes. El producto resultante se le conoce como emulsión asfáltica.

Durante el mezclado el agua y el asfalto se separan, formando el asfalto una película continua que cubre a los agregados y las une mientras que el agua se evapora, al proceso de la separación del agua y el asfalto se le conoce como rompimiento.

Los cementos asfálticos generalmente se aplican, cuando se requiere la más alta calidad en la carretera asfáltica, efectuando las mezclas en planta y en caliente, teniendo cuidados extremos en su dosificación y elaboración, la mezcla asfáltica se debe mantener caliente, también durante su transporte, tendido y compactación.

Los asfaltos rebajados se utilizan para mezclas en el lugar pero también pueden ser elaboradas en plantas centrales.

Los agregados de preferencia deben estar secos y se les puede calentar un poco para su mezclado con el asfalto rebajado, a estas mezclas se les designa como mezclas en frío, aún cuando el asfalto se caliente y se haya precalentado un poco el agregado pétreo.

## TIPOS DE ASFALTOS REBAJADOS.

Cemento asfáltico con gasolinas => FR-0,1,2,3 ó 4 (Fraguado Rápido).

Cemento asfáltico con kerosene => FM-0,1,2,3 ó 4 (Fraguado Medio).

Cemento asfáltico con diesel => FL-0,1,2,3 ó 4 (Fraguado Lento).

**Rebajados de fraguado rápido:** Se usan cuando es necesario que el solvente desaparezca rápidamente, dejando una película de asfalto sobre la superficie sólida. Para la construcción generalmente se hacen con asfaltos de 85 a 120 de penetración.

**Rebajados de fraguado medio:** Se preparan comunmente con asfalto ligeramente más blandos y con un solvente menos volátil.

**Rebajados de fraguado lento:** Se pueden obtener de la dispersión del asfalto en un aceite de encendido elevado de baja volatilidad.

Es claro que la viscosidad de cada rebajado depende fundamentalmente de la cantidad y clase de solvente usado, pero debe entenderse que las características del asfalto también tienen influencia importante en las propiedades de la dispersión o solución.

Mientras que mayor sea el número que designa al asfalto rebajado más cemento asfáltico contiene el producto. En México se fabrican principalmente FR-3 y FM-1.

**Asfaltos rebajados de fraguado rápido.**

	<b>FR - 0</b>	<b>FR - 1</b>	<b>FR - 2</b>	<b>FR - 3</b>	<b>FR - 4</b>
<b>Pruebas al material asfáltico</b>					
Punto de inflamación (copa abierta de tag), °C. mínimo.			27	27	27
Viscosidad saybolt - Furol:					
A 25°C, segundos.	75 - 150				
A 50°C, segundos.		75 - 150			
A 60°C, segundos.			100 - 200	250 - 500	
A 82°C, segundos.					125 - 250
Destilación: Por ciento del total destilado a 360°C.					
Hasta 45°C, mínimo.	15	10			
Hasta 45°C, mínimo.	55	50	40	25	8
Hasta 45°C, mínimo.	75	70	65	55	40
Hasta 45°C, mínimo.	90	88	87	83	80
Residuo de la destilación a 360°C, por ciento del volumen total por diferencia, mínima.	50	60	67	73	78
Agua por destilación, por ciento, máximo.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Pruebas al residuo de la destilación</b>					
Penetración, grados.	80 - 120	80 - 120	80 - 120	80 - 120	80 - 120
Ductilidad en centímetros mínimo.	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

**Asfaltos rebajados de fraguado medio.**

	<b>FM - 0</b>	<b>FM - 1</b>	<b>FM - 2</b>	<b>FM - 3</b>	<b>FM - 4</b>
<b>Pruebas al material asfáltico</b>					
Punto de inflamación (copa abierta de tag).°C.mínimo.	38	38	66	66	66
<b>Viscosidad saybolt - Furol:</b>					
A 25°C,segundos.	75 - 150				
A 50°C,segundos.		75 - 150			
A 60°C,segundos.			100 - 200	250 - 500	
A 82°C,segundos.					125 - 250
<b>Destilación:Por ciento del total destilado a 360°C,</b>					
Hasta 225°C, máximo.	25	20	10	5	0
Hasta 250°C,	40 - 70	25 - 65	15 - 55	5 - 40	30 máx.
Hasta 315°C,	75 - 93	70 - 90	60 - 87	55 - 85	40 - 80
Residuo de la destilación a 360°C, por ciento del volumen total por diferencia,mínima.	50	60	67	73	78
Agua por destilación, por ciento,máximo.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Pruebas al residuo de la destilación</b>					
Penetración, grados.	120-300	128-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad en centímetros mínimo.	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

**Asfaltos rebajados de fraguado lento.**

	<b>FL - 0</b>	<b>FL - 1</b>	<b>FL - 2</b>	<b>FL - 3</b>	<b>FL - 4</b>
<b>Pruebas al material asfáltico</b>					
Punto de inflamación (copa abierta de tag), °C. mínimo.	66	66	60	93	107
Viscosidad saybolt - Furol:					
A 25°C. segundos.	75 - 150				
A 50°C. segundos.		75 - 150			
A 60°C. segundos.			100 - 200	250 - 500	
A 82°C. segundos.					125 - 250
Destilación: Destilado total a 360° C. Por ciento en Volumen.	15 - 40	10 - 30	5 - 25	2 - 15	10 máx.
Agua por destilación, por ciento, máximo.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Residuo asfáltico por grados de penetración por ciento mínimo.	40	50	60	70	75
<b>Pruebas al residuo de la destilación</b>					
Flotación en el residuo de la destilación a 25°C. segundos.	15 - 100	20 - 100	25 - 100	50 - 125	60 - 150
Ductilidad del residuo asfáltico de 100 grados de penetración 25° C. cm. mínimo.	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Se llama emulsión a un sistema compuesto de dos líquidos de los que uno se dispersa en el otro, en forma de gotas diminutas y se llama al primero fase dispersa y al segundo fase continua.

En las emulsiones asfálticas, las dos fases en presencia con agua y asfalto, si se agitan asfalto fundido y agua caliente, se obtiene una emulsión inestable que solo dura en la agitación; tan pronto como cesa ésta, las partículas de asfalto se unen unas a otras, formando una masa continua separada del agua, para lograr emulsiones estables es necesario introducir en el sistema un tercer componente, el emulgente, que se concentra en la capa interfacial de ambos componentes, modificando las propiedades del conjunto y haciendo estable la emulsión.

Se puede producir diferentes tipos y grados de emulsiones asfálticas, de acuerdo con la manufactura de la emulsión y con el tipo de agentes emulsificantes utilizados.

De acuerdo con el tipo de agente emulsificante, las emulsiones se dividen en:

a.) **Emulsiones aniónicas;** en las cuales los glóbulos de cemento asfáltico están cargados electro-Negativamente, por lo que presentan afinidad por las superficies cargadas positivamente. Los emulgentes empleados normalmente en la fabricación de emulsiones aniónicas de asfalto, son oleatos ó resinosos de sosa, o de potasa u otros jabones de tipo similar.

b.) **Emulsiones catiónicas;** en las cuales los glóbulos de cemento asfáltico están cargados electro-positivamente, por lo que presentan afinidad por los cuerpos cargados negativamente, los emulgentes mas frecuentemente usados en la fabricación de emulsiones catiónicas son las sales cuaternarias de amonio.

De acuerdo con la manufactura y variaciones en los materiales, las emulsiones asfálticas se dividen en.

<b>Tipo de emulsiones</b>		
<b>Tipo de rompimiento.</b>	<b>Aniónicas.</b>	<b>Catiónicas.</b>
Rompimiento rápido.	RR	CRR
Rompimiento medio.	RM	CRM
Rompimiento lento.	RL	CRL

Existe otro tipo de emulsión en la cual, la fase continua es el asfalto y la dispersa es el agua; a este tipo de emulsiones se les denomina emulsiones asfálticas invertidas y pueden ser aniónicas o catiónicas.

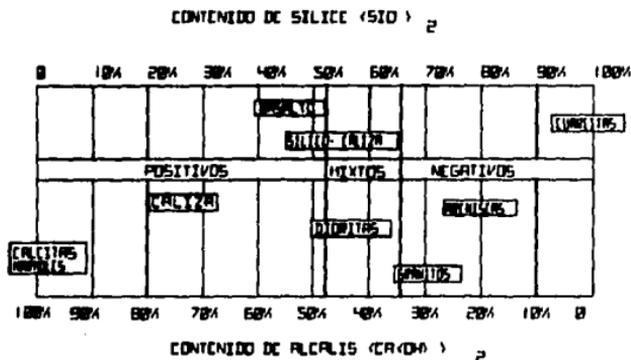
**Emulsiones aniónicas**

	Rompimiento Rápido		Rompimiento Medio	Rompimiento Lento	
	RR - 1	RR - 2	RM - 2	RL - 1	RL - 2
<b>Pruebas al material asfáltico</b>					
Viscosidad saybolt - Furol A 25° C. segundos.	20 - 100		100 mín..	20 - 100	20 - 100
Viscosidad saybolt - Furol A 50° C. segundos.		75-400			
Residuo de la destilación por ciento en peso, mínimo.	57	62	62	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento máximo.	3	3	3	3	3
<b>Demulsibilidad.</b>					
35 ml. de 0.02N. CaCl <sub>2</sub> , % mínimo.	60	50			
50ml. de 0.10N. CaCl <sub>2</sub> , % máximo.			30		
Retenido en la malla Num.20 % máximo.	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento portland, % máximo.				2.0	2.0
<b>Pruebas al residuo de la destilación</b>					
Penetración 25°C, 100g, 5 segundos, grados.	100-200	100-200	100-200	100-200	40-90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo.	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductilidad 25°C, Cm. mínimo.	40	40	40	40	40

### Emulsiones catiónicas

	Rompimiento Rápido		Rompimiento Medio		Rompimiento Lento	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
<b>Pruebas al material asfáltico</b>						
Viscosidad saybolt - Furol A 25° C, segundos					20 - 100	20 - 100
Viscosidad saybolt - Furol A 50° C, segundos	20 - 100	100-400	50-500	50-500		
Residuo de la destilación por ciento en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento máximo.	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla Num.20 % máximo Cubrimiento del agregado, prueba de resistencia al agua:	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Agregado seco, % de cubrimiento, mínimo.			80	80		
Agregado húmedo, % de cubrimiento mínimo.			60	60		
Miscibilidad con cemento portland, % máximo.					2.0	2.0
Carga de la partícula	positiva	positiva	positiva	positiva		
PH, mínimo.					6.7	6.7
Disolvente en volumen, % máx.	3	3	30	12		
<b>Pruebas al residuo de la destilación</b>						
Penetración 25°C, 100g, 5 segundos, °	100-250	100-250	100-250	100-250	100-200	10-00
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo	97	97	97	97	97	97
Ductilidad 25°C, Cm. mínimo	40	40	40	40	10	10

El empleo de las emulsiones está sujeta principalmente al tipo de agregados que se utilizan en una mezcla asfáltica. Para determinar el tipo de emulsión a utilizar, generalmente se toma en cuenta a la cantidad de sílice y a la cantidad de óxidos alcalinos de acuerdo con el siguiente cuadro:



**FIGURA 4.3**

Es de hacerse notar que debido a que las partículas de las emulsiones aniónicas son cargadas electro-negativamente, la emulsión rompe con la adición de un agregado positivo o de bajo contenido de sílice, por lo cuál este tipo de emulsiones resultan adecuadas para materiales calizos.

Una cosa semejante puede decirse para el caso de mezclas de agregados de sílice o con emulsiones catiónicas.

Por otro lado conviene tener presente que las emulsiones catiónicas presentan una muy buena adherencia con los agregados silíceos y la reacción de rompimiento puede considerarse como de naturaleza química, mientras que si se utiliza emulsión anionica esta rompería por evaporación del agua lo cual puede hacer que el rompimiento sea muy lento.

En el caso de la emulsión catiónica el rompimiento sería más rápido.

La calidad de la muestra obtenida con asfaltos rebajados o emulsiones asfálticas es inferior a la obtenida con cementos asfálticos, por lo cual en caminos de primer orden se deben utilizar solamente cementos asfálticos.

Las ventajas e inconvenientes de cada tipo de producto asfáltico son los siguientes:

**a.) Cemento Asfáltico.-**

Requiere altas temperaturas de aplicación y transporte. Las mezclas elaboradas en planta al enfriarse se rigidizan y si cubren una base natural, pueden agrietarse en un lapso de tiempo muy corto, por lo que es necesario que las bases de estas mezclas estén rigidizadas con cemento portland o cal. Cuando se utiliza en la obra: Se producen fácilmente obstrucciones por enfriamiento en los equipos de dosificación, y el tendido del material pétreo se debe hacer en seguida porque la viscosidad del cemento asfáltico crece muy rápidamente por enfriamiento y solo puede usarse en tiempo muy cálido y seco para asegurar un mínimo de adhesividad a el material pétreo o sea que su ángulo de contacto con los agregados es negativo .

De tal forma que la superficie efectiva de contacto pétreo-producto asfáltico es mucho menor que la que se produciría de no existir tensión superficial. Su viscosidad crece rápidamente por enfriamiento, lo que permite abrir muy rápido el tráfico en el camino regado y asegura pequeño deterioro del riego, en caso de que no sea así cortar el tráfico en absoluto.

**b) Asfaltos Rebajados.-**

Las temperaturas de aplicación y transporte son moderadas. La viscosidad se mantiene baja bastante tiempo, pues su elevación está condicionada no solo al enfriamiento, sino también a la evaporación del solvente. Esto permite un fácil mojado y mezclado con el pétreo, aunque el tendido no siga inmediatamente a la incorporación del producto asfáltico, pero impide, en general, la inmediata apertura al tráfico.

La adhesividad a los agregados pétreos de carácter ácido es mala, a menos que se utilicen activantes. El ángulo de contacto con el pétreo es negativo, pero la superficie de contacto es mayor que en el cemento asfáltico, el peligro de incendio es considerable, especialmente en los grados mas viscosos, que deben emplearse a temperaturas elevadas.

**c) Emulsiones Asfálticas:**

Pueden transportarse y aplicarse en frío o a temperaturas muy moderadas. El aumento de la viscosidad requiere de la rotura de la emulsión y la eliminación del agua, principalmente por evaporación. La adhesividad al pétreo es siempre buena si se emplea el tipo de emulsión adecuada a la naturaleza de los pétreos. El ángulo de contacto con el pétreo es positivo .

De forma que la superficie de contacto de el pétreo con el producto asfáltico es superior a la que existiría de no ser por este efecto. No existe ningun peligro de incendio o la pequeña proporción de ligante útil (55 al 69 %) permite gran precisión en las dosificaciones.

Uno de sus principales inconvenientes es la necesidad de transportar de un 45 a un 31 % del agua.

El material pétreo tiene que estar húmedo y principalmente con las emulsiones catiónicas se puede utilizar material con alto grado de humedad.

La elección del producto asfáltico debe hacerse teniendo con cuenta todos estos factores, que podrán valorarse económica y técnicamente con cada caso. Asi como la época del año en que se debe realizar el trabajo, las condiciones meteorológicas previsibles, el tipo de material pétreo, etc.

### TIPOS DE CARPETAS:

#### *Carpetas Asfálticas por el Sistema de Riegos:*

Las carpetas asfálticas por el sistema de riegos son las que se construyen mediante uno, dos o tres riegos de materiales asfálticos, cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos de diferentes tamaños, triturados y/o cribados.

Los materiales pétreos que se emplean en la construcción de carpetas por el sistema de riegos, se denominarán como se indica en la tabla sig.:

Denominación del material pétreo.	Que pasa por malla de:	Se retenga en la malla de:
1	25.4 mm. (1")	12.7 mm. (1/2")
2	12.7 mm. (1/2")	6.3 mm. (1/4")
3-A	9.5 mm. (3/8")	2.38 mm. Núm. 8
3-B	6.3 mm. (1/4")	2.38 mm. Núm. 8
3-E	9.5 mm. (3/8")	4.76 mm. Núm. 4

Los materiales asfálticos empleados serán cementos asfálticos. Asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento medio.

Las cantidades, en litros por metro cuadrado, de los distintos tamaños del material pétreo utilizado en el sistema de riegos, así como las cantidades de cemento asfáltico, estarán comprendidos dentro de los límites que se indican en la tabla siguiente.

□ Materiales.	Tipos de carpetas		
	Tres riegos	Dos riegos	Un riego
Cemento Asfáltico. Material pétreo No. 1	0.6 - 1.1 20 - 25		
Cemento Asfáltico. Material pétreo No. 2	1.0 - 1.4 8 - 12	0.8 - 1.1 8 - 12	
Cemento Asfáltico. Material pétreo 3 - A			0.7 - 1.0 8 - 10
Cemento Asfáltico. Material pétreo 3 - B	0.7 - 1.0 6 - 8	0.8 - 1.1 6 - 8	
Cemento Asfáltico. Material pétreo 3 - E			0.8 - 1.0 9 - 11

El cemento asfáltico considerado en esta tabla se refiere al que existe en los productos asfálticos que se empleen.

Se le llama **carpeta de un riego** (monocapa o simple), a la obtenida cuando se cubre la superficie de la calzada, con una capa delgada de producto asfáltico, recubierta después con una capa de material pétreo que queda sujeto al firme por el asfalto, protegiendo a este de los agentes atmosféricos y de los efectos del tránsito.

La definición anterior se generaliza para las carpetas formadas por varios riegos, tienen normalmente una misión:

Protección de la base subyacente contra la humedad y la erosión del tráfico; pero a veces se ejecutan carpetas de un riego con fines específicos que determinan su clasificación como riegos de sello, de color, antideslizante, etc.; cuya técnica de ejecución coincide esencialmente con la de las carpetas de un riego. También existen variantes en el proceso de ejecución, como los riegos de doble extensión de material pétreo, con material pétreo preenvuelto, o los riegos sin material pétreo, también llamados **riegos en negro**.

El material asfáltico más usual en nuestro país es el **asfalto rebajado FR-3** (que tiene un mínimo de 73% de cemento asfáltico), para fijar el material pétreo a la base. Sin embargo para definir que producto asfáltico es el adecuado, debe tomarse en cuenta la viscosidad y la temperatura de aplicación. Para que pueda regarse la cantidad adecuada sin escurrimiento apreciable motivado por el bombeo, o sobre elevación en las curvas o pendientes longitudinales de la carretera; por tal motivo en las zonas de alta temperatura es recomendable emplear un producto mas viscoso, así como en caminos que tengan curvas muy frecuentes y fuertes pendientes longitudinales. Se recomienda que la viscosidad de producto, en el momento de regarse, deberá tener un valor de 25 a 100 segundos.

***El procedimiento de construcción para la carpeta de un riego, que se sigue es el que a continuación se menciona:***

a) Previamente a la ejecución del riego propiamente dicho debe procederse a un **reparo general de la base**, reparando las irregularidades importantes y corrigiendo su perfil transversal si es necesario. La adecuada preparación de la base es de fundamental importancia para el buen resultado de la carpeta de un riego; se recomienda que la densidad de la base sea de el 95% del peso volumétrico seco máximo (PVSM), en carreteras de tráfico medio, y el 100% en las de tráfico pesado, para lograr éstas densidades, la base debe compactarse manteniendo su humedad en el valor óptimo , y conviene efectuar el riego cuando la base este superficialmente seca, barrida e impregnada.

El riego de impregnación es la aplicación de un asfalto rebajado a una superficie terminada, con objeto de impermeabilizarla y/o estabilizarla para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.

b) Se riega el asfalto FR-3 a una temperatura de 80°C sobre la superficie del camino que se va a pavimentar. ver fig. 4.4

c) Inmediatamente se coloca el material pétreo (3-A ó 3-E) usando esparciadores mecánicos para que la distribución sea uniforme. ver fig. 4.5



FIG. 4.4  
Panoramica del Riego de Liga Utilizando FR-3



FIG. 4.5.  
Panoramica del Riego de Sello

**d) Rastreo y compactado del material pétreo.-** A medida que se va avanzando en la colocación del material pétreo, se acuña con los compactadores tandem ó de 3 ruedas de 6 a 10 toneladas, procurando que éste se mueva lo más rápido que se pueda y se cuatrapeen las rodadas.

La compactación se completa con rodillos de neumáticos y no se debe dejar de compactar durante las horas del día que corresponden al turno de trabajo correspondiente. En los días siguientes, cuando la temperatura ambiente haya subido se rastrea y se pasa el compactador de neumático ó metálico de 3 a 4 horas diarias.

**e) Transcurrido un tiempo no menor a los 3 días se recolectará mediante barrido y se removerá el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico y que produzca efectos molestos y peligrosos para el tránsito.**

Las carpetas de un riego se destruyen muy aprisa con la acción del tránsito siendo el efecto de destrucción más rápido cuando transitan vehículos pesados en porcentaje mayor que el de vehículos livianos.

Para prolongarle la vida, es necesario que su conservación sea efectiva, dando los sobre riegos oportunamente y de no hacerlo así se formará en la base una serie notable de baches o "Calavereo" que hacen el camino intransitable y que conduce a su destrucción acelerada.

**Para la construcción de carpetas asfálticas de dos riegos se siguen los puntos siguientes:**

**a).- Se limpia la base impregnada.**

**b).- Se da un riego de material asfáltico de tipo y cantidad predeterminedada.**

**c).- Se cubre el riego de material asfáltico con una capa de material pétreo número 2, en cantidad fijada.**

**d).- Se rastrea y compacta el material pétreo.**

**e).- Se aplica sobre el material pétreo un segundo riego de material asfáltico del tipo y cantidad fijadas con anterioridad.**

**f).- Se cubre el segundo riego de material asfáltico con una capa de material pétreo 3-B.**

**g).- Se rastrea y se compacta el material pétreo 3-B.**

**h).- Se recolectan y remueve el material pétreo 3-B excedente que no se haya adherido al material asfáltico del segundo riego.**

***Carpetas de varios riegos o riegos múltiples:***

Permiten obtener carpetas de espesor apreciable empleando los mismos elementos de maquinaria, que se usan como para uno o dos riegos, sus fines son los mismos que para la carpeta de un riego, pero los riegos, múltiples los cumplen con mayor seguridad, su vida útil es mucho mas larga y refuerza notablemente la resistencia mecánica del pavimento.

El mayor número de riegos que se ha utilizado es el de tres capas de material pétreo, utilizando siempre el material fino. Para la construcción de carpetas asfálticas de tres riegos, en general se siguen los siguientes pasos:

**a).- Se barre la base impregnada.**

**b).- Se da un riego de material asfáltico, del tipo y cantidad fijados en el proyecto.**

**c).- Se cubre el riego de material asfáltico con una capa de material pétreo del número 1 en la cantidad fijada en el proyecto.**

**d).- Se rastrea y se compacta el material pétreo número 1.**

**e).- Se da un segundo riego de material asfáltico, del tipo y cantidad fijada por el proyecto.**

**f).- Se cubre el segundo riego de material asfáltico con una capa de material pétreo número 2, en la cantidad fijada en el proyecto.**

**g).- Se rastrea y compacta el material pétreo número 2.**

- h).- Se da un tercer riego sobre el material pétreo del número 2.
- i).- Se cubre un tercer riego de material asfáltico con una capa de material pétreo 3-B, en cantidad fijada en el proyecto.
- j).- Se rastrea y compacta el material pétreo 3-B.
- k).- Después de tres días se recolecta y remueve el material pétreo o excedente que no se adhiera al material asfáltico del tercer riego.
- Con respecto a la compactación no importa el tipo de rodillo usando, se hace en las tangentes, de las orillas de la carpeta hacia el centro; y en las curvas del lado interior hacia el lado exterior.
- Durante la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de riego, no debe permitirse el tránsito de vehículos sobre ellas, ni veinticuatro horas después del tendido y compactado del material número 3.
- Los ingenieros de caminos en México aseguran que es más recomendable y efectivo, usar en lugar de un riego o dos riegos una carpeta de un centímetro de espesor, formada. Con asfalto FR-3 y material pétreo de 1/4" a 1/8" hechos en el lugar, porque resiste mas que uno ó dos riegos.

#### **Carpetas Asfálticas por el Sistema de Mezcla en el Lugar.**

*Las carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar* son las que se construyen en la carretera, mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y un material asfáltico.

Los materiales asfálticos que se emplean para las carpetas son los rebajados de fraguado rápido o medio y emulsiones de rompimiento medio o lento, para los riegos de liga entre cemento asfáltico, rebajados o emulsiones de rompimiento rápido, la curva granulométrica del material pétreo, deberá tener una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas de especificaciones granulométricas para materiales pétreos que se empleen en mezclas asfálticas en el lugar.

**Una de las granulometrías comúnmente empleada es la siguiente:**

□ 3/4"	Pasa	100 %
1/2"	Pasa	85 %
Núm. 4.	Pasa	52 %
Núm. 8.	Pasa	36 %
Núm. 30.	Pasa	22 %
Núm. 100	Pasa	10 %
Núm. 200.	Pasa	6 %

Una parte de finos desaparece durante el proceso de revoltura hecho con la motoconformadora quedando una curva granulométrica técnicamente centrada.

El contenido óptimo de cemento asfáltico se procede a desarrollar, un diseño que generalmente se basa en la prueba de compresión simple sin confinar.

Para la elaboración de este tipo de carpetas no se requiere equipo especial ni costoso, solamente se necesita una petrolizadora para regar el asfalto; una motoconformadora para hacer la revoltura del material pétreo con asfalto y extenderla sobre la superficie del camino al ancho especificado, y una aplanadora metálica de 3 ruedas con peso de 10 a 12 toneladas auxiliadas con un rodillo de neumáticos de siete a trece ruedas.

**El Procedimiento Constructivo Recomendado es el Siguiente:**

a).- Verificar la preparación e impregnación de la base.

b).- Dar un riego de liga, con petrolizadora en toda la superficie que quedará cubierta con la carpeta, con material asfáltico del tipo y cantidad fijada en el proyecto, antes de tender la mezcla asfáltica, el material asfáltico del riego de liga debe tener la viscosidad adecuada.

c).- Se acarrea el material pétreo a la plataforma de trabajo y se acamellona, sacando secciones transversales del camellón para determinar su volumen y tener la seguridad de que el volumen acarreado es igual al proyectado para dar

el espesor requerido y para recibir la cantidad de cemento asfáltico fijado esta fase es muy importante pues de ella depende la calidad de la mezcla.

d).- Una vez verificado el volumen del material pétreo, se extiende en un ancho de tres metros y se le aplica con la petrolizadora la mitad del asfalto requerido. No deberá regarse el material asfáltico, si el pétreo contiene una humedad superior a la de absorción o tiene agua superficial, excepto cuando se emplean emulsiones. Inmediatamente después que la petrolizadora ha dado el riego, se procede a revolver con motoconformadora o con revolvedora portátil.

Cuando la revolutura ha alcanzado un color y consistencia uniforme se aplica la otra mitad de asfalto y se procede de nuevo a revolver hasta que la mezcla alcanza su consistencia.

e).- Se cura la mezcla:

Si se elabora con asfalto rebajado, se cura oreándola para lo cual se revolverá con motoconformadora el tiempo suficiente para que se volatilice una parte del solvente y se obtenga así la relación del disolvente-cemento asfáltico de la mezcla fijada en el proyecto.

f).- Tendido de la Mezcla:

Puede hacerse con motoconformadora a mano, o terminadora, el tendido con motoconformadora representa, a veces, el inconveniente de producir segregación del material pétreo pero puede aplicarse en la mayor parte de los casos. ver fig. 4.6

Las superficies mas perfectas son las obtenidas con terminadora, el tendido se hace en el ancho y espesor fijado en el proyecto, sobre el riego de liga que ya debe tener la viscosidad adecuada.

g).- Compactación:

Antes de la compactación se verifica que la relación disolvente-cemento asfáltico sea la fijada en el proyecto, se inicia la compactación con un rodillo liso tipo tandem. Para dar un acomodo inicial a la mezcla; a continuación se compactará la mezcla utilizando compactadores de llantas de neumáticos, inmediatamente después se emplea una plancha de rodillo liso para borrar la huella que dejan los compactadores de llantas neumáticos.

**h).- En seguida se procede el riego de sello: con material 3A ó 3E el riego de sello consiste en la aplicación de un material asfáltico (cemento asfáltico, asfaltos rebajados, de fraguado rápido, o emulsiones de rompimiento rápido).**

Cubierto con una capa de material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

El riego de liga se hará a razón de 0,3 litros por metro cuadrado.

La mezcla de material asfáltico y pétreo se hará cuando el sol haya calentado al material pétreo y el material asfáltico tenga una temperatura de 80°C, en zonas lluviosas se utilizan las emulsiones catiónicas ó aniónicas, tiene la desventaja que hay que tener personal adiestrado para hacer este tipo de mezcla.

El mezclado se puede hacer también en plantas móviles de los que existe una gran variedad: pueden ser mezcladoras o mezcladores y extendedoras, en los dos tipos el material pétreo debe ser suministrado a la máquina ya mezclado en las proporciones necesarias. En algunos se logra ésta volcando con camiones el material pétreo sobre la tolva frontal de la máquina, pero lo más frecuente es que el pétreo se prepare de antemano sobre el camino en forma de cordón de sección triangular (acamellonamiento) que la máquina va cargando mecánicamente al avanzar.

Para la compactación el rodillo liso tipo tandem o el compactador de neumáticos debe moverse paralelamente al eje realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro, en las tangentes; y del lado interior hacia el exterior en las curvas.

## **CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO**

**Las carpetas de concreto asfáltico** son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos, en la elaboración de los concretos asfálticos se emplea exclusivamente cemento asfáltico.

La curva granulométrica del material pétreo, deberá efectuar una forma semejante a la de las curvas que limitan la zona de especificación granulométrica para materiales pétreos que se emplean en concretos asfálticos.

Es conveniente que de un mismo material triturado se obtenga toda la sucesión de tamaños necesaria para dar la curva granulométrica de proyecto y evitar en lo posible, adicionar finos de fácil obtención, tales como arenas de río o de depósito natural.

Las carpetas de concreto asfáltico son las de mayor calidad que se producen actualmente.

En nuestro país el cemento asfáltico mas comúnmente usado es el número 6, que tiene una penetración comprendida entre 180 y 200.

**La planta estacionaria para la elaboración del concreto asfáltico** deberá constar de los siguientes elementos.

- 1).- Tolvas de alimentación de materiales en frío de preferencia en un número de tres.
- 2).- Secador con inclinación variable colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta, a la salida del secador debe haber un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.

- 3).- Cribas para clasificar el material pétreo cuando menos en tres tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre, en las tolvas, material disponible para la mezcla. ver fig. 4.7.
- 4).- Tolvas para almacenar material pétreo en caliente, que los proteja de la lluvia el polvo y con una capacidad tal que asegure la operación de la planta cuando menos durante quince minutos sin ser alimentados.
- 5).- Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos por peso o por volumen, estos admiten un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento, para obtener la curva granulométrica de proyecto con cierta tolerancia que para el caso la S.C.T. fija un 2% en cada uno de los tamaños.
- 6).- Equipo para calentar el cemento asfáltico instalado de tal manera que no permita contaminaciones y provisto de un termómetro con graduación de 20°C a 210°C que permita controlar la temperatura.
- 7).- Dispositivos que permitan dosificar el cemento asfáltico por peso o por volumen, con una aproximación del 2% en mas o en menos de la calidad fijada.
- 8).- Mezcladora del tipo de producción por peso o continuas equipadas con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- 9).- Recolector de polvo y dispositivos para agregar finos.

### **Procedimiento de Construcción del Concreto Asfáltico en Planta Estacionaria.**

#### **1).- Extracción del Banco.**

En la producción de materiales provenientes de bancos, la piedra se obtiene del manto por voladuras y se hace pasar después a través de una serie de trituradoras y cribas, combinadas convenientemente para producir los tamaños deseados, si el material presenta alguna contaminación de finos perjudiciales, es necesario efectuar la operación del lavado.

#### **2).- Trituración:** Hay dos tipos primaria y secundaria

**Primaria:** Por medio de las quebradoras de quijadas, giratorias de impacto de un solo impulsor o de dos impulsores.

**Secundaria:** Por medio de quebradoras de impacto de un solo impulsor o de dos impulsores, quebradoras de dos a tres rodillos.

### **3).- Cribado:**

Separado en 3 tamaños (1"-3/8"; 3/8"-N4; N4-Finos)

### **4).- Proporcionalamiento en frío.**

Se colocan aproximadamente las cantidades necesarias para obtener la granulometría de proyecto, se puede hacer por medio de tolvas o por medio de cargadores frontales.

### **5).- Secado:**

Calentamiento y separación de polvo.

El secado y calentamiento del material pétreo se realiza en un secador compuesto de un cilindro giratorio con una pequeña inclinación.

El material pétreo se introduce por el extremo mas elevado las paredes interiores del tambor están provistas de una paleta que hacen que, por efecto de giro, el material pétreo, vaya avanzando hasta salir por el extremo inferior, cayendo varias veces durante este recorrido, formando una cortina a través del cilindro.

En el extremo inferior del tambor hay un quemador de gasolina que produce una llama que calienta al material pétreo por radiación, mientras que los gases de combustión atraviesan la cortina de material pétreo hasta alcanzar el escape situado en el extremo opuesto del cilindro.

Durante su paso a través del secador, el material pétreo debe perder la mayor parte de su humedad (la cuál deberá ser menor al 1% antes de introducirlo a la mezcladora) y calentarse de 120°C-160°C (que es la temperatura a la que se mezcla con el cemento asfáltico). Si el material pétreo está muy mojado, el secarlo debidamente se convierte en un problema, pues el rendimiento del secador disminuye considerablemente, y precisamente es ésta la parte de la instalación menos elástica en su funcionamiento, por lo que, frecuentemente, es la capacidad de producción del secador la que marca el límite superior de la capacidad de la planta.

### **6).- Calentamiento del cemento asfáltico.**

Debe realizarse empleando vapor o aceite caliente.

El calentador de aceite controlado con termostato es el medio mas moderno para el calentamiento del asfalto, consiste en hacer pasar aceite caliente a través de un sistema de tubos en el interior del tanque de almacenaje, se tiene

**la ventaja con este procedimiento que se puede mantener el asfalto a temperatura uniforme con un gasto de combustible muy reducido.**

### **7).- Proporcionamiento en Caliente.-**

Este nuevo proporcionamiento del material pétreo por tamaños, es necesario apesar de haberlo dosificado en frío en las proporciones necesarias, porque en el tambor secador se produce una fuerte segregación, y sería imposible controlar la granulometría final de la mezcla, sino se utiliza este recurso.

El material se clasifica en varios tamaños; normalmente mediante una serie de cribas vibratorias y cada tamaño se recoge en una tolva.

### **8).-Mezclado.-**

Las plantas estacionarias para mezcla asfáltica se dividen en dos tipos distintos: plantas de producción discontinua o por batches y plantas de producción continua.

En las plantas modernas de tipo discontinuo se han hecho automáticas la mayor parte de las dosificaciones, reduciendo al mínimo el peligro de errores por parte de los operadores. La cantidad de mezcla asfáltica producida en una jornada, se calcula sencillamente contando el número de amasadas. El mezclador más frecuente usado consta de una cubeta en la que giran en direcciones opuestas dos ejes horizontales provistos de paletas, durante un minuto o minuto y medio, repitiendo después el ciclo. El cemento asfáltico puede añadirse simplemente a chorro o por pulverización, la capacidad del recipiente mezclador en la mayoría de las plantas de este tipo suelen variar de una a tres toneladas, después del tiempo del mezclado se abre la compuerta inferior del mezclador y las paletas aceleran la salida de la mezcla.

En las plantas de producción continua, la alimentación del material pétreo, caliente al mezclador, se hace generalmente a través de una cinta transportadora para cada tolva. Todas las cintas avanzan a la misma velocidad y se regula la altura de la boca de cada tolva sobre la cinta para lograr la producción volumétrica deseada entre las cantidades de los diversos tamaños descargados en el mezclador, la dosificación del fino se hace de un modo semejante y la del cemento asfáltico mediante una bomba accionada por el mismo motor que las cintas transportadoras de alimentación, siendo necesario mantener constante la viscosidad y por consiguiente la temperatura del cemento asfáltico.

El mezclador suele ser más largo, que el de plantas por batch: los elementos de la mezcla entran por uno de sus extremos y las paletas los impulsan gradualmente hasta la salida situada en el extremo opuesto, por donde sale ya la mezcla terminada.

En ambos tipos la temperatura de la mezcla deberá estar comprendida entre 120°C-150°C al salir de la planta de elaboración, la temperatura conveniente de la mezcla debe fijarse tomando en cuenta la temperatura ambiente y la distancia donde se va a tender.

#### **9)- *Acarreo al Camino.***

El transporte de la mezcla terminada al camino se hace normalmente con camiones con vertedor trasero, preferiblemente de caja metálica y cubierta con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida del calor durante el trayecto, la caja debe limpiarse bien antes de cargar la mezcla, cuanto más efectiva sea la protección contra el enfriamiento mayor será la distancia a que podrá transportarse la mezcla sin perjuicio de su calidad, la temperatura de llegada debe ser de 120°C mínimo.

#### **10)- *Extendido.***

El concreto asfáltico deberá tenderse con terminadora las terminadoras se componen en general de un tractor sobre orugas, que se desplaza sobre la superficie a la que ha de superponerse la capa de concreto asfáltico y que tiene en su parte anterior una tolva sobre la que vierten la mezcla asfáltica los camiones que los transportan desde la planta de fabricación.

El ancho normal de las terminadoras es de 3 metros que puede disminuirse hasta 2.40 metros o aumentarse, empleando suplementos laterales hasta 5 metros, la velocidad de avance varía entre 2 m/min y 13 m/min; el exceso de velocidad de la terminadora se acusa en forma de irregularidades o grietas en la superficie de la mezcla asfáltica recién extendida.

Una terminadora puede colocar de 80 a 120 toneladas de mezcla asfáltica por hora.

Durante el tendido de la mezcla debe tenerse el cuidado de retirar o agregar con rastrillos, en las partes aisladas donde queda material, de mezcla en exceso o escaso.

La insuficiencia de material en la unión de dos fajas, produce surcos en las juntas longitudinales.

Esto puede evitarse haciendo que la muestra de la terminadora se traslape unos 7 centímetros, sobre la capa anteriormente extendida, asegurando de este modo que la nueva capa se mantenga en contacto con la antigua.

Para ligar una faja con otra, que se ha tendido un día anterior, deberá hacerse de preferencia con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente faja, las juntas transversales deberán recortarse aproximadamente a 45° antes de iniciar el siguiente tendido y también deberán ligarse con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido del siguiente tramo, el concreto asfáltico deberá tenderse a una temperatura mínima de 110°C no deberá tenderse cuando la base este húmeda, encharcada o cuando este lloviendo.  
ver fig. 4.6 y 4.8a.

#### **11).- Compactación:**

La temperatura del concreto asfáltico, al iniciarse el acomodo, deberá ser de 100°C, en general, la compactación deberá terminarse a una temperatura mínima de 70°C. El equipo que generalmente se utiliza para la compactación, es el siguiente: aplanadora metálica tandem o de 3 ruedas de 10-12 toneladas y rodillo neumático de 10-12 toneladas, el grado de compactación que generalmente se especifica es el 95% del peso volumétrico del proyecto.  
ver fig. 4.9 y 4.9a.

#### **Procedimiento de compactación:**

Inmediatamente después del tendido el concreto asfáltico, se compacta uniforme y cuidadosamente por medio de la aplanadora de rodillo liso tipo tandem, adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla; este compactado se efectúa longitudinalmente a media rueda. A continuación se compactará el concreto asfáltico utilizando los compactadores de llantas de neumáticos, adecuados para alcanzar el grado de compactación fijado; inmediatamente después se emplea la plancha de rodillo liso para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas; el rodillo liso tipo tandem deberá moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro, en las tangentes; y del lado interior hacia el exterior, en las curvas.

Durante el tendido y compactación de las mezclas pueden aparecer grietas y desplazamientos que son motivados por diferentes causas, tales como la aplicación de un riego de liga defectuoso, ya sea en exceso o escaso, compactación a temperaturas excesivas o muy bajas, y velocidad excesiva o arrancadas bruscas de la apisonadora, falta de adherencia entre dos capas sucesivas del pavimento, falta de viscosidad del asfalto producida por calentamiento excesivo o bien que el material pétreo a pesar de pasar por el secador no pierde totalmente la humedad, produciendo vapor de agua que cubre la superficie de las partículas del material pétreo, al mismo tiempo que lo hace el material asfáltico.

**12).- Riego de Sello.**

Consiste en la aplicación de un material asfáltico, cubierto con una capa de material pétreo para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Se dará el riego de sello, cuando la carpeta terminada resulte con mayor permeabilidad del 10% especificado.

**13).- Señalamientos necesarios.**

Nota: Si la carpeta de concreto asfáltico es menor de 15 centímetros, requiere rigidizar la base con cemento portland.

El tipo de espesor de carpeta se elige de acuerdo con el tránsito que circulará por la carretera, tomando en cuenta el siguiente criterio:

<b>Intensidad del tránsito de vehículos con capacidad de carga igual o superior a 3 ton. métricas, considerando un solo sentido.</b>	<b>Tipo de carpeta asfáltica recomendable.</b>
Mayor de 2000 vehículos al día.	Mezcla en planta de 7.5 cm. mínimo de espesor.
de 1000 a 2000 vehículos al día.	Mezcla en planta de 5.0 cm. mínimo de espesor.
de 500 a 1000 vehículos al día.	Mezcla en el lugar o en planta de 5.0 cm. mínimo de espesor.
menos de 500 vehículos al día.	Tratamiento superficial simple o doble.



**FIG. 4.6**  
**Motoconformadora Estendiendo Material**  
**Asfáltico.**



**FIG. 4.7**  
**Producción de Materiales Petreos para Concreto Asfáltico**



FIG. 4.8

Maquinaria Extendedora Formando Carpetas Ligeramente Compactada



FIG. 4.8.a

Compactación de la Carpeta de Concreto Asfáltico con Rodillo Liso



FIG. 4.9  
Maquinaria Colocando Carpeta Asfáltica

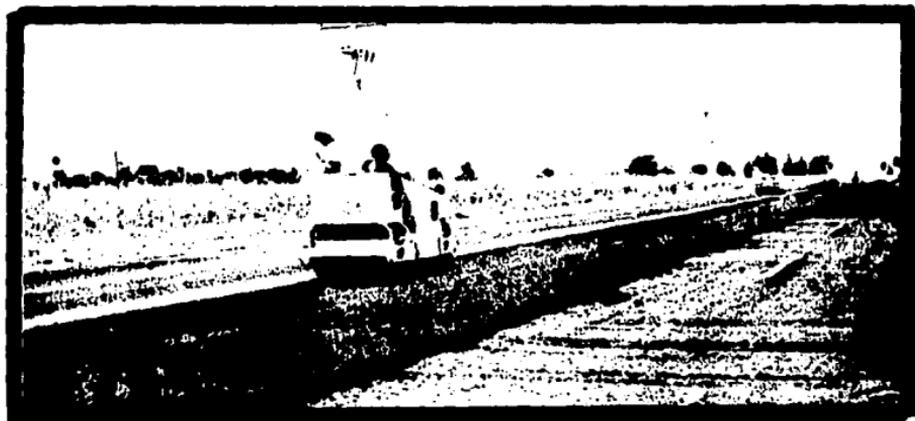


FIG. 4.9.a.  
Labores de Compactación en la Ampliación de la Carretera Irapuato-  
salamanca

## **DESCRIPCION DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.**

### ***Roderos:***

Se le llama a las deformaciones longitudinales que se presentan en la superficie de rodamiento, en la zona donde pasan las ruedas de los vehículos; si éstas son menores a 1 cm se debe a la deformación de la carpeta asfáltica; pero si son mayores se debe a una insuficiencia en la base, o a que ésta no es de la calidad adecuada.

### ***Superficie de rodamiento lisa:***

Esto se debe al exceso de asfalto en el riego de liga, en la mezcla asfáltica o en el riego de sello.

El exceso de asfalto por acción del tránsito se bombea hacia la superficie de rodamiento, provocando su alisamiento y aún se puede tener una capa de asfalto de 1 ó 2 milímetros en forma de nata.

Esto es peligroso porque los vehículos derrapan con facilidad.

Otro defecto que produce el derrape de vehículos es la presencia de una capa de polvo sobre la superficie de rodamiento, la cual se presenta a menudo cuando se entroncan caminos de terracería o mal revestidos. También cuando los riegos de sello.

Se dan en forma inadecuada, por escasez de asfalto, escasez de pétreos o mala adherencia de estos en el asfalto, se produce un alisamiento de la superficie de rodamiento que debe evitarse por su alta peligrosidad.

### ***Pequeñas deformaciones transversales rítmicas:***

Esta falla que es muy molesta al tránsito, se presenta cuando la base no está muy bien cementada o se construyó con materiales inertes, y se debe a las deformaciones de esta capa producidas por la vibración y esfuerzos tangenciales provocados por los vehículos y se reflejan hacia la superficie de rodamiento en caso de que esta sea de concreto asfáltico, se agrieta muy poco después de abierto el tránsito.

***Desintegración de la carpeta:***

Se presenta en carpetas asfálticas antiguas, por oxidación del asfalto o en carpetas relativamente recientes con insuficiente contenido de asfalto. También se presenta en grietas si no se atienden en forma oportuna.

***Grietas longitudinales a la orilla de la carpeta:***

Este problema se presenta en las terracerías ya sea por contracciones que se presenten en ellas o por estar construidas en terrenos blandos. También puede deberse a que el tránsito se acerca mucho a las orillas, cuando la carpeta cubre toda la corona de la vía, en cuyo caso no se tiene suficiente confinamiento lateral, también se presentan cuando las ampliaciones no se realizan en forma adecuada, con materiales sin compactar o sin anclaje adecuado con la parte antigua, con el tiempo estas grietas van apareciendo en la superficie de rodamiento propagándose hacia el centro.

***Presencia de calaveras:***

Son huecos que se presentan en la superficie de rodamiento y que pueden llegar a ser muy numerosos; su tamaño no es mayor de 15 centímetros se deben a una insuficiente calidad en la base o en carpetas con contenido de asfalto menor al óptimo o porque se coloca una carpeta sobre otra que esta agrietada y calavereada reflejándose en la nueva las fallas de la anterior.

***Bachos:***

Se deben a la desintegración de la carpeta y base por mala calidad en los materiales inferiores, incluyendo las terracerías con alto contenido de agua. También se puede deber a la presencia de grietas y calaveras que no fueron tratadas en forma adecuada y oportuna.

***Agrietamiento en forma de piel de cocodrilo o mapeo:***

Se debe a una carpeta de mala calidad, en caso de que la carpeta se elaboro con concreto asfáltico esta falla se debe a que no se rigidizó en forma adecuada la base.

***Corrimiento de la carpeta asfáltica:***

Se debe a baja estabilidad de la mezcla, ya sea por exceso de asfalto o por haberse usado un asfalto blando en zonas de altas temperaturas. También se presentan en el carril de subida en tramos de fuerte pendiente y en curvas en los que los esfuerzos de tracción de los vehículos son muy grandes.

***Descarnado de la carpeta:***

Se debe al uso de aditivos inadecuados en las mezclas, se presentan en zonas de fuertes esfuerzos horizontales provocados por el tránsito, como en la zona de arranque y frenado, en avenidas y calles de ciudad.

Deformaciones de la superficie de rodamiento del orden de 5 cm, se debe a la mala calidad de la base o insuficiencia en el espesor del pavimento.

***Deformaciones fuertes en la superficie del pavimento:***

Se deben a insuficiente espesor o mala calidad de los materiales del pavimento y mala calidad de las terracerías a menudo con una notable falta de compactación desde la construcción, así siempre se tiene la presencia de una gran cantidad de agua por falta de cunetas, subdrenaje u otras obras para el control del agua.

***Deformaciones de la corona junto a las cunetas:***

Se debe a un exceso de humedad en el terreno natural por no existir cunetas revestidas y a falta o mal funcionamiento del subdrenaje.

## REPARACION DE VIAS TERRESTRES

### ***Pavimentos flexibles:***

El tiempo que se considere de vida útil, los tramos no deberán de deformarse en forma apreciable, ni presentar grietas.

Si al principio de la operación de la obra aparecen baches, que deben ser muy aislados debido a pequeños problemas en la construcción, deberán tratarse adecuadamente, abriendo caja hasta donde sea necesario y rellenarlos con material de buena calidad, compactándolos hasta el grado que sea necesario y reponiendo la carpeta asfáltica del mismo tipo que se colocó en el resto del tramo.

Si por algún motivo la carpeta presentó agrietamientos, pero la superficie esta firme, no se deberá colocar otra capa asfáltica sobre ella ya que las grietas se reflejarían en poco tiempo, en este caso se deberá levantar la carpeta, desechándola o incorporándola a la base, previa escarificación, para después de compactarla e impregnarla colocar la nueva carpeta, un sistema que se esta utilizando mucho para sobre encarpetar un tramo con la superficie de rodamiento con grietas ligeras o medianas es colocar debidamente impregnado un producto geotéxtil y sobre él construir la nueva carpeta; estas telas trabajan a la tensión por lo que evitan que las grietas se reflejen hacia la superficie de rodamiento.

Si la carpeta nueva es de concreto asfáltico la base deberá estar rigidizada con cal o cemento portland, si la superficie de rodamiento esta en buenas condiciones, se podrán colocar tantas sobre carpetas como sea necesario.

Si por diversos motivos la conservación es muy deficiente por lo cuál se necesitan diferentes tipos de mantenimiento como son:

### ***Mantenimiento normal o preventivo:***

a).-El mantenimiento normal se proporciona en aquellos tramos que no presentan deformaciones, ni agrietamientos fuertes, se llevan a cabo por medio de riegos de sellos, los cuales en promedio deben durar 3 años, si se utilizan materiales pétreos adecuados.

b).-Si la superficie de rodamiento esta lisa, principalmente si se tiene una capa de asfalto considerable (2 o 3 milímetros) se deberá raspar con motoconformadora y si es posible se calentará la superficie por medio de sopletes acoplados a un camión especial con anterioridad.

c).-Dentro de este tipo de mantenimiento se encuentran todos aquellos trabajos de bacheo y renivelaciones ligeras.

d).-Otro trabajo que cae dentro de este tipo de mantenimiento, es el señalamiento, sobre todo el de las rayas que se pintan en la superficie de rodamiento para marcar los carriles y señalar las zonas en las que se permite el rebase de vehículos.

#### **Reconstrucciones aisladas:**

Se realizan en aquellos tramos que están dañados pero que se localizan relativamente distantes unos de otros, es decir que no se tiene una falla generalizada del camino, estos tramos pueden tener longitudes de 50 a 300 metros, se puede tratar de renivelaciones con mezcla asfáltica, sobre encarpetamientos y aún de trabajos en las capas de terracerías o algunas otras de las capas superiores.

#### **Rehabilitación o reconstrucción:**

Cuando en un tramo de varios kilómetros se tienen fallas generalizadas predominando fuertes deformaciones y agrietamientos se requiere rehabilitar el camino y se tiene que seguir el siguiente proceso:

a).-Calificar los tramos para conocer el índice de servicio, si se requiere la rehabilitación, se ordenará un estudio de los materiales que se encuentran en la estructura de la obra, si se realizaran sondeos a cielo abierto que abarquen todos los estratos, si es posible hasta terracerías, muestreando en forma estratificada, es decir que se tomará una muestra de cada una de las capas obteniendo previamente los datos necesarios para calcular la humedad y compactación de cada una de ellas, los espesores son datos indispensables.

Se indicará si el asfalto de la carpeta está fresco o ya se encuentra oxidado, en el laboratorio se realizan las siguientes pruebas. en cada una de las siguientes etapas.

#### **Carpetas:**

Contenido de agua.

Contenido de asfalto.

Granulometría del material pétreo.

**Bases y subbases:**

Contenido de humedad.  
peso volumétrico máximo.  
Grado de compactación.  
Granulometría.  
Límites de atterberg.  
Contracción lineal.  
Valor cementante.  
Porter estándar.  
VRS.  
Expansión.

**Terracerías:**

En la capa subrasante y 30 centímetros abajo en forma separada.

Contenido de humedad.  
peso volumétrico máximo.  
Grado de compactación.  
Granulometría simplificada.  
Límites de atterberg.  
Porter estándar.  
VRS.  
Expansión.

Porter modificada.(padrón).con la combinación de pesos volumétricos secos.(pvs).y humedades que requiera el proyectista.

Los resultados de las pruebas anteriores se estudian a la perfección para restaurar la sección transversal de la obra. En general se debe retirar la carpeta asfáltica que disgregándola convenientemente se puede incorporar el material de base, una vez escarificada, se compacta esta capa que quedará como subbase y sobre ella se colocará una base hidráulica o una base rigidizada según se requiera y sobre esta capa se colocará la nueva carpeta asfáltica.

Cuando el camino se encuentra en muy malas condiciones y el tránsito se ha aumentado de un modo considerable, lo conveniente es realizar su reconstrucción que a menudo requiere de un retraso topográfico para corregir el proyecto geométrico y adecuarlo a las nuevas condiciones.



Panoramica del Tren de Reciclaje PR-100 para Pavimentos Flexibles



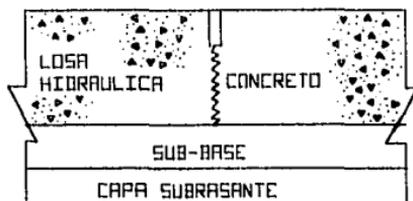
Panoramica en la cual se Observa el Riego de Sello Negro, Cortes, bermas, cunetas y Barra Central de CONTención de la Autopista Méx. - Acapulco

# **CAPITULO V**

## **CARPETAS DE CONCRETO HIDRAULICO**

## CARPETAS DE CONCRETO

Los pavimentos rígidos proporcionan la superficie de rodamiento los cuales están formados por una losa de concreto hidráulico, la subbase que le sirve de apoyo se construye sobre la capa subrasante.



**FIGURA 5.1**

El concreto hidráulico es el material pétreo artificial, que se elabora mezclando parte de agua y cemento con arena y grava en proporciones tales que se produzcan la resistencia y densidad deseadas.

Los pavimentos de concreto están expuestos a situaciones bastante severas, además de las cargas del tránsito, existen muchos otros factores que tienden a destruirlos. Están sujetos a cambios bruscos de temperatura, aplicaciones salinas y a la existencia de valores de soporte erráticos en la capa subrasante en todas las edades y desde las primeras horas de trabajo.

Cualquiera que sea el método de proporcionamiento que se emplee, el concreto producido debe alcanzar una resistencia compatible con el diseño estructural con tener el aire incluido en la cantidad recomendada para el tamaño del agregado y para la zona donde se va a usar y lo que es más importante con tener una relación agua cemento no mayor que la recomendada para las condiciones previstas.

El contenido de aire y agua debe mantenerse lo más bajo que sea posible, a fin de producir un concreto denso y durable con el sistema requerido de vacíos de aire.

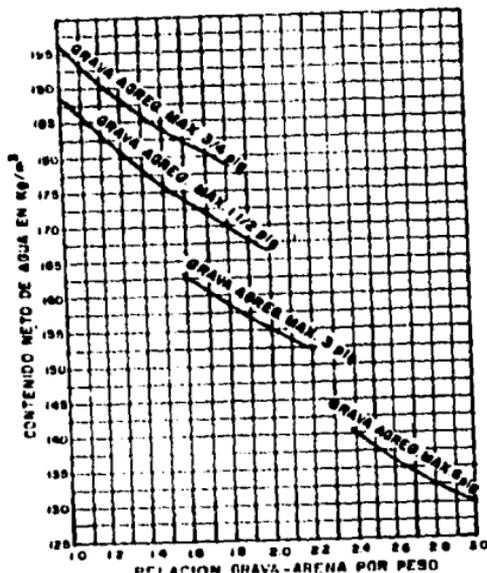
También cierta reducción en el tamaño máximo de los agregados puede mejorar la resistencia a la congelación, se ha encontrado que las relaciones agua-cemento bajas son útiles para mantener las cualidades de resistencia al patinaje.

Las propiedades observadas en gravas y arenas son:

dureza,plasticidad,sanidad,forma de la partícula y granulometría,deben de ser materiales inertes,es decir deben de tener un índice plástico y contracción lineal de cero; en cuanto a la forma de la partícula conviene que sean lo mas rugosas posibles es decir que tengan un alto valor de fricción, ya que ha si se alcanza un gran valor de adherencia con la pasta agua-cemento,lo cual no sucede con los materiales redondeados.

Para la construcción de losas de pavimentos rígidos se pide revenimientos entre 3 y 5 Cm. ya existen recomendaciones para la cantidad de agua necesaria para fabricar un metro cúbico de concreto, algunas de las cuales se ve en la fig.5.2 con la que se obtiene la cantidad de agua para tener revenimiento de 10 cm, debiéndose corregir, aumentando o restando 3% por cada 2.5 cm de más o de menos en el revenimiento deseado ,esta cantidad de agua es parte de la que requieren los materiales pétreos para estar en una condición de saturados y superficialmente secos.

FIGURA 5.2



FALLA DE ORIGEN

El concreto hidráulico es un producto que desde que se termina su mezclado y puesto en obra, está sujeto a agrietarse; al principio por la pérdida de agua por evaporación y las reacciones químicas internas en esta etapa; éstas anomalías pueden reducirse a un mínimo si se curan en forma adecuada, para lo cual se puede cubrir con un esparcido superficial, inmediatamente después del tendido de alguna substancia que evite la evaporación del agua de la mezcla además deben tomarse en cuenta factores como el clima, como evitar el colado cuando existan vientos con alta velocidad o temperaturas muy altas, después del tercer día se deberá mantener húmeda la superficie por medio de riegos de agua, de acuerdo con los programas de trabajo para la construcción de los pavimentos rígidos, en general se cuelan franjas de 200 mts., 500 mts., o varios kilómetros. Una vez que ha endurecido la mezcla tiende a expandirse o dilatarse y contraerse de acuerdo con los cambios de temperatura, lo cual aunado a la fricción que tiene con la subbase impregnada, que impide parcialmente su movimiento hace que el concreto se agriete; éste agrietamiento se presentará de manera no uniforme y su abertura puede ser de gran magnitud, se puede perder la interacción granular entre las diferentes partes lo cual no debe tolerarse. En pavimentos rígidos, si no al contrario debe asegurarse que trabajen conjuntamente al aplicárseles cargas. En general puede decirse que si las grietas no se abren más de 3.00 mm se asegura que hay acción intergranular. Claro está que el que las grietas se abran más o menos es en función del largo de las losas y también en forma secundaria de su ancho; así mismo se debe forzar a que las grietas sean perpendiculares a la dirección del colado.

El curado en clima frío debe proporcionar protección contra el congelamiento sin descuidar el objetivo principal de mantener la humedad durante el periodo necesario para que la hidratación del cemento llegue a un punto aceptable, las hojas de polietileno cubiertas con heno o paja sirven para ambos propósitos.

Para la protección contra la lluvia se deben disponer de los materiales necesarios para la protección de la superficie del concreto sin endurecer, cuando la lluvia sea inminente tales materiales consistirán en yute, mantas de algodón, papel de curado y hojas de plástico, los cuales son los más adecuados para este objetivo.

## **JUNTAS DE CONTRACCION**

Para que el agrietamiento del concreto no sea irregular sino en forma perpendicular al eje del colado y asegurar el trabajo en conjunto de las losas, es necesario la construcción de juntas de contracción a distancias predeterminadas, de acuerdo al tipo de juntas de contracción que se utilicen, se pueden utilizar tres tipos de losas.

**a) De concreto simple.**

**b) De concreto con pasajuntas de sujeción.**

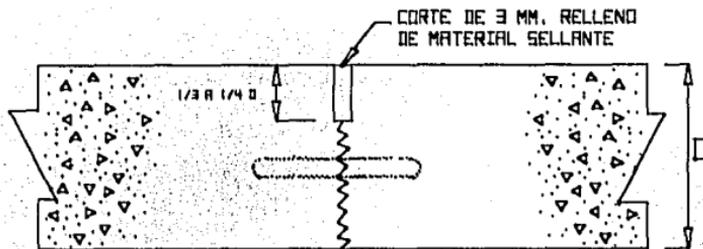
**c) De concreto armado.**

Se puede referir a un *pavimento rígido de concreto simple* cuando no se usa dentro de la masa ninguna cantidad de acero; para asegurar que las grietas no se abran más de 3.00 mm, se debe tener una relación de largo y ancho de las losas menores de 1.25, siendo muy usual el valor de 1.15 es práctica común que las losas no sean mayores en este caso de 4.5 mts. la grieta puede inducirse efectuando una muesca por aserrado en la parte superior de la losa de 5.00 cm. mínimo de profundidad y de 4.00 a 6.00 mm de ancho.

También se puede introducir una lámina delgada a todo lo ancho de la losa cuando el concreto está fresco, retirándola de 10 a 15 min. después y rellenando la ranura con lechada fresca.

Cuando la longitud de las losas es mayor de 4.5 mts. (ancho de franja de 3.6 mts.) o sea que la relación largo y ancho es mayor a 1.25, pero menor de 1.4 (largo menor a 6.5 mts.) se deben utilizar pasajuntas de sujeción ver fig. 5.3. que son varillas corrugadas que se colocan en el sitio de aserrado, hacia la mitad del espesor con 40.00 cm. de longitud dentro de cada losa.

En caso de que la relación largo ancho sea mayor de 1.4 o sea que las losas sean mayores de 6.5 mts. entonces se debe utilizar el llamado concreto hidráulico con armado continuo para lo cual se puede utilizar mallas prefabricadas o armadas en el lugar debiendo quedar en el centro del espesor por lo que en realidad no tiene valor estructural. La cantidad usual de acero colocado longitudinalmente es de 0.6 % del área transversal de la losa.



A. -> JUNTA DE CONTRACCION

FIGURA 5.3

### JUNTAS DE DILATACION

Para evitar que las losas de concreto se dilaten, y se tengan grandes esfuerzos de compresión al chocar con algún obstáculo, que pueden ser las columnas o paredes de alguna bodega o el pavimento rígido de alguna avenida importante que intercepta al de alguna secundaria se deben construir las juntas de expansión (ver fig.5.4).

Este tipo de juntas puede ser a tope o con pasajuntas de transferencia de carga. Las de expansión se colocan en donde un pavimento rígido se encuentra con algún obstáculo, estas juntas se elaboran dejando un espacio de 2 a 4 cm, entre ellas, el cual se rellena con cartón o fibras asfálticas que se comprimen cuando se presentan los esfuerzos de compresión y se expanden, aún que sea parcialmente al cesar los esfuerzos en las zonas cercanas al lugar en el cual se tiene un obstáculo, se pueden colocar juntas de expansión con pasajuntas para reducir la abertura que se tenga en la junta a tope.

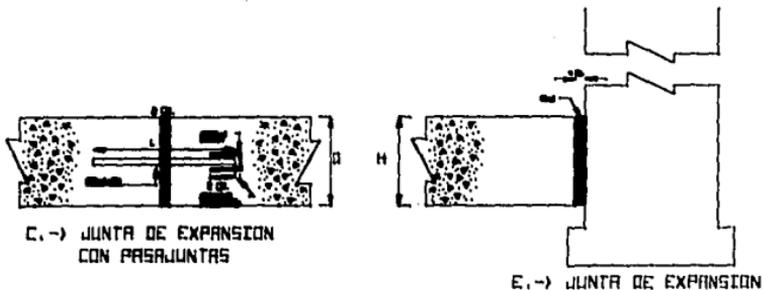


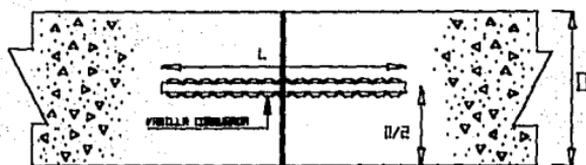
FIGURA 5.4

### JUNTAS DE CONSTRUCCION

#### JUNTAS TRANSVERSALES DE CONSTRUCCION

Tratándose de juntas en pavimentos rígidos, por último se tienen las juntas de construcción, las cuales se elaboran cuando por algún motivo se suspende el colado del concreto fresco; Los motivos pueden ser de carácter fortuito o por procedimientos de construcción, motivos fortuitos pueden ser que se descomponga la mezcladora o que el concreto premezclado no llegue a tiempo o empiece un fuerte aguacero y que el colado se suspenda por más de 30 min. etc.. Por procedimientos de construcción se puede suspender un colado al terminarse la jornada de trabajo o al terminarse lo ancho de la franja del colado. Cuando se suspende el colado por alguna situación de emergencia o alguna causa ya mencionada se procurará que se cuele una losa completa en donde se le forma una sección vertical lisa y se insertan varillas corrugadas que a la vez no permiten la abertura de la grieta también sirvan como transmisoras de carga; La varilla debe embeberse 40 cm dentro de la losa ya construida y deberán quedar 40 cm hacia fuera, que serán cubiertos por el nuevo concreto al reanudarse el colado.

FALLA DE ORIGEN 143

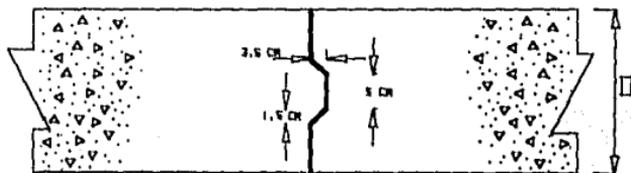


B. -> JUNTA DE CONSTRUCCION

FIGURA 5.5

**JUNTAS LONGITUDINALES DE CONSTRUCCION**

Para colar las franjas de losas, lateralmente se debe colocar una cimbra que contenga el concreto fresco y forme las juntas longitudinales de construcción que son de tipo machimbrado, llamado también de bisagra. En algunas ocasiones también se colocan pesajuntas de liga.



D. -> JUNTA LONGITUDINAL

FIGURA 5.6

FALLA DE ORIGEN

## **PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS**

El procedimiento de construcción es como se indica en la siguiente secuela:

- a) Se eligen los bancos de materiales pétreos (arenas y gravas) para la cuál se necesita una exploración de la zona donde se elaborará la obra, los probables bancos que pueden ser playones de río o arroyo, Depósitos de materiales, aglomerados o conglomerados o roca, se muestrean y se llevan al laboratorio para que se realicen las pruebas de clasificación necesarias, con lo que se decide cuales se van a utilizar y se recomiendan los tratamientos que se requieran.
- b) Se elige el tipo y marca de cemento portland así como los aditivos que se usarán y se encuentran las proporciones en que intervendrán; (cemento, agua, arena, grava, y la cantidad y tipo de aditivo que se usará por unidad de peso o volumen.).
- c) Se extrae el material de los bancos, si se trata de conglomerados o roca se usarán explosivos y de cualquier material dependiendo de los tamaños máximos, para cargarlos en los transportes se utilizan desde palas manuales, palas frontales hasta palas mecánicas.
- d) Se realizan los tratamientos previos necesarios como cribado, triturado y lavado.
- e) Se acarrean los materiales al lugar del mezclado, que puede ser al pié de la obra si se utilizan mezcladoras de 1 a 3 sacos, o a las plantas de mezclado.
- f) Se realiza el mezclado de los materiales para lo cual se realizan las correcciones necesarias, principalmente por la humedad que contienen los pétreos, se hará la calibración de los envases o la velocidad de las bandas o abertura de compuertas, para que de acuerdo a la velocidad de la revoladora se realice la dosificación de los materiales, que pueden ser por volumen, por peso o por el gasto que proporcionan las bandas si se usan.
- g) La subbase debidamente compactada e impregnada se humedecerá para que no absorba agua del concreto fresco, cuidando de no provocar encharcamientos y una vez mezclados los ingredientes adecuadamente se realiza el vaciado en los moldes previamente fijados en la subbase, también con anticipación se debe colocar acero en caso que se utilice.

h) El concreto vaciado deberá de acomodarse por medio de vibradores de inmersión para darle la densidad adecuada, en seguida se enrasa por medio de un vibrador de superficie, con lo cual se da el espesor necesario y primer acabado.

i) Se dará a la superficie el acabado necesario para que tenga el coeficiente de rugosidad que se requiere, lo cual se puede hacer por medio de cepillos, escobas o utilizando telas fibrosas.

j) Se elaboran las juntas transversales de contracción, para lo cual en los lugares fijados por medio de una cortadora de sierra, se forman las muescas que servirán para debilitar la sección del concreto y obligarlo para que se agriete, el aserrado deberá realizarse entre 24 y 36 hrs. Después del colado, al elaborarse la muesca no se deben provocar desprendimientos de concreto a los lados de la sierra.

Como punto final se podría recordar que las obras no se deben abrir al tránsito hasta que el concreto alcance la resistencia del proyecto.

## **FALLAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS**

### ***Descascarado de las orillas:***

Se debe a la presencia de partículas duras que han introducido en las juntas por insuficiente calafateo y les producen esfuerzos concentrados muy grandes.

### ***Grietas transversales:***

Losas demasiado largas sin pasajuntas o sin armado continuo, pueden ser fallas estructurales incipientes.

### ***Grietas longitudinales cercanas a la orilla o en esquinas de la losa:***

Se debe a que la losa se construyó sobre material fino y se presenta el fenómeno de bombeo o sea que carece de subbase, o a mala compactación de las capas inferiores incluyendo esta última.

### ***Falla estructural:***

Se debe a que terminó la vida útil del pavimento si es que la falla se presenta después de 25 años de construido o mal proyecto, si es un pavimento reciente se presenta muy a menudo en calles y avenidas que sin haberse tomado en cuenta en el proyecto, se permite el paso de numerosos vehículos pesados. Se puede presentar en forma prematura en zonas con fuerte pendiente longitudinal y subbases naturales que se tubifiquen fácilmente con el agua que escurra bajo la losa.

### ***Descarnado de la superficie de rodamiento:***

Se debe a que en la construcción se proporcionó un fuerte vibrado, propiciando un ascenso de la lechada, formándose una pequeña película dura que más tarde, con el tránsito se agrieta y se desgasta dejando sin protección superficial a los agregados, también se presenta cuando la resistencia de la arena es baja.

### ***Conservación en pavimentos rígidos:***

Las principales actividades en el mantenimiento de pavimentos rígidos son: limpieza de juntas, debido a que los productos que se utilizan para sellar las juntas longitudinales y transversales, con el tiempo se endurecen y se agrietan, es necesario que cuando menos cada tres años se limpien extrayendo de ellos tanto el sellado anterior como cualquier material extraño que se encuentre, en seguida, se vuelve a sellar la junta con material fresco.

Cuando se tengan indicios de que se esté presentando el fenómeno de bombeo o de plano, debido a que la losa se fracturó al quedar sin apoyo al salir hacia el exterior el material que la sustentaba, es necesario efectuar inyecciones de mortero fluido que ocupe los huecos que se tienen, si la losa está fracturada es conveniente renivelar la zona antes de la inyección.

Cuando por efectos del gradiente de temperatura entre las partes superior e inferior de la losa, ésta se encuentre alabeada con la concavidad hacia arriba, es necesario hacer un rebaje de las orillas de las losas para nivelarlas y evitar un tránsito defectuoso a través de ellas, cuando la concavidad es hacia abajo el rebaje se hace hacia el centro de las losas, si es que es necesario ya que en general esta deformación es menor que la anterior.

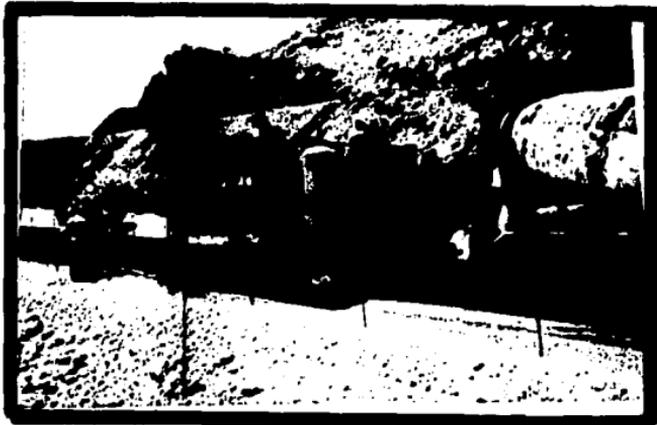
Cuando el pavimento rígido presenta un fuerte descarnado de la superficie de rodamiento se puede provocar la desintegración de la losa por lo que es necesario en este caso la construcción de una carpeta asfáltica del orden de 3 a 5 cm de espesor, para evitar que el concreto se siga deteriorando.

Si un pavimento rígido se ha comportado adecuadamente pero se prevé que el tránsito será más intenso en los próximos años y se quiere aumentar su vida útil, se puede construir una sobrelosa, para lo cual es necesario asegurar la unión entre el concreto antiguo y el nuevo por lo que en primer lugar se hace

una corrugación de la actual superficie de rodamiento y antes del colado, se esparcirá un aditivo especial para que suelde las dos losas.



Nueva Maquinaria Gomaco Comander III en la Utilización de Pavimentos Rígidos.



FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO VI

# CONTROL DE CALIDAD

**CONTROL DE CALIDAD:**

Se puede definir como **control de calidad** al conjunto de actividades de diferentes grupos de una organización para la integración del desarrollo, el mantenimiento y la superación de la calidad de un producto con el fin de hacer posible la fabricación y el servicio a satisfacción completa del consumidor y a un nivel económico.

Para la construcción en vías terrestres, se tiene necesidad de llevar a cabo un control, a fin de que se obtengan obras con la calidad necesaria en el tiempo programado y con los costos presupuestados. Sin embargo los ingenieros se aplican en general a controlar el programa y los costos y en muchas ocasiones se deja a un lado el control de calidad, se tiene la idea de que este control esté a cargo de los laboratorios sin embargo estos solo son auxiliares para el control de los materiales y de los procedimientos de construcción.

***Los objetivos fundamentales del control de calidad son:***

- a). Controlar la calidad a los niveles deseados.
- b).-Predecir variaciones de calidad durante la construcción de alguna obra.
- c).-Descubrir las causas de desviación del comportamiento del material, fuera de las normas especificadas, con el objeto de eliminarlas y obtener un control de calidad económico.
- d).-Comparar características relativas de dos o más materiales para un uso particular.

El **control de calidad** de caminos interviene en todas las etapas de la obra es decir desde su proyecto y construcción hasta su operación y mantenimiento en la etapa de proyecto se deben hacer los estudios necesarios para saber con que materiales se cuenta e indicar los tratamientos a los que deben estar sujetos para poder utilizarse en las diferentes partes de la estructura. Cuando la obra está en construcción se debe verificar que los materiales que lleguen a los diferentes frentes sean los adecuados, que se tengan los tratamientos y se utilicen los procedimientos de construcción marcados en los proyectos, se deberá realizar la geometría horizontal y vertical, así como los espesores y

**posición de las capas cuando existan desviaciones se debe notificar al ingeniero de la obra para que se rectifiquen.**

**En la conservación de las obras el control de calidad interviene verificando el comportamiento que se vaya teniendo y recomendando las acciones que se deben de desarrollar para que se tenga en funcionamiento adecuado, así como verificar la calidad de materiales que se usan.**

**En la intervención del control de calidad se van teniendo diversas experiencias que deberán ser registradas e informadas en forma adecuada a las comisiones de especificaciones, para que estas sean modificadas, en ocasiones para hacerlas mas rígidas y en otras para hacerlas mas flexibles.**

**A continuación se mencionan muy someramente algunas pruebas utilizadas para llevar un adecuado control de calidad en vías terrestres.**

## **GRANULOMETRIA:**

### ***Introducción.***

Esta prueba consiste en separar por tamaños las partículas del suelo, pasándola a través de una sucesión de mallas de aberturas cuadradas y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, expresando dichos retenidos como porcentajes en peso de la muestra total, para posteriormente graficarlos.

Las mallas comúnmente empleadas son:

grandes (pulgadas)	pequeñas (número)
2 1/2"	4
2"	10
1 1/2"	20
1	40
3/4	60
5/8	200
1/2	
3/8	

En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en las normas de construcción, especifica las siguientes mallas para mezclas asfálticas, en pulgadas: 1, 3/4, 1/2, 3/8, 1/4; y los números: 4, 10, 20, 40, 60, 100 y 200.

Para tratamientos superficiales y marcan en pulgadas, 3, 2 1/2, 2, 1 1/2, 1, 3/4, 1/2, 1/8, 1/4 y los números: 4, 8, 10 y 40.

En las mallas más grandes el número designa el tamaño de abertura, los números que designan a las mallas mas pequeñas ( 4 a 200 ) indican el # de huecos por pulgada contenida en la malla.

Los materiales se clasifican por su granulometría en:

Grandes de 2 metros, a 75 centímetros.

Fragmentos de Roca Medianos de 75 centímetros a 25 centímetros.

Chicos de 25 centímetros a 7.5 centímetros.

Los materiales utilizados en carreteras son desde los fragmentos de roca medianos a suelos.

Gravas de 7.5 centímetros a retenido en la malla núm. 4  
suelos Arena de retenida en malla 4 a retenido en malla 200  
Arcillas y limos de la malla 200 en adelante (lo que pasa)

Si una de las granulometrías no es la requerida se debe mezclar con otro material que tenga los granos que necesita la primera.

**OBJETIVO:**

Obtener la granulometría en una muestra de material (tepetate, arcilla) y su curva granulométrica.

**DESARROLLO:**

- 1.- De cada muestra obtenida como se indica, se obtiene por cuartos una porción representativa con peso aproximado de (15) kilogramos.
- 2.- Se obtiene la humedad del material.
- 3.- Se realiza la granulometría del material con las mallas gruesas.
- 4.- Se reduce el material mediante el cuarteo.
- 5.- Se deja el material remojando durante 24 horas.
- 6.- Se lava el material en la malla # 200 con ayuda de una varilla de 30 centímetros de largo moviéndola en forma de ochos durante 15 segundos dejándola reposar 30 segundos.
- 7.- Se mete al horno la muestra.
- 8.- Se realiza la granulometría con las mallas finas.
- 9.- La fracción de humedad se le quita al total de la muestra.

**PROCEDIMIENTO DE CALCULO:**

- 1.- Se iguala el total de la muestra al 100%.
- 2.- Se multiplica cada peso de malla por cien y se divide entre el total.
- 3.- Como el % total de material lavado es igual al que pasa la malla número 4.
- 4.- El peso del retenido se multiplica por % que pasa la malla número 4 y todo se divide entre el total que pasa la malla número 4.
- 5.- Se usa la suma acumulativa del retenido parcial hasta el 100%.
- 6.- Se resta el 100% cada uno de los retenidos acumulados.
- 7.- Se grafican los resultados.

## **PRUEBAS DE PLASTICIDAD** **(LÍMITES DE ATTERBERG).**

### ***INTRODUCCION:***

Los métodos de prueba a que se refiere, tienen por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla número 40 cuyo resultado se utiliza para la identificación y clasificación de los suelos.

La plasticidad es la propiedad de algunos suelos que les permita bajar ciertas condiciones de humedad, mantener la deformación producida por un esfuerzo que les ha sido aplicado en forma rápida, sin agrietarse, desmoronarse, o sufrir cambios volumétricos apreciables, esta propiedad es originada por fenómenos electroquímicos, que propician la formación de una capa de agua absorbida de consistencia viscosa, alrededor de las partículas, cuyo efecto de la interacción de dichas partículas determina el comportamiento plástico del suelo. De acuerdo con su contenido de agua los suelos pueden presentar alguno de los siguientes cinco estados de consistencia:

***Estado líquido:*** Cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.

***Estado semilíquido:*** Cuando los suelos tienen el comportamiento de un fluido viscoso.

***Estado plástico:*** En el cual los suelos presentan propiedades de plasticidad señalados.

***Estado semisólido:*** En el que la apariencia de los suelos es la de un sólido; sin embargo, al secarse disminuyen de volumen.

***Estado sólido:*** En el que el volumen de los suelos no varía a un cuando se les somete a secado.

Las fronteras entre los estados de consistencia, fueron establecidos por Atterberg bajo el nombre general de límites de consistencia.

***Límite líquido:*** Es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico.

**Límite plástico;** Es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados plásticos y semisólidos.

**Límite de contracción:** Es el contenido de agua que marca la frontera contra el límite líquido y límite plástico se le denomina índice plástico.

La **contracción lineal** de un suelo es la reducción del volumen del mismo, medida en una dosis dimensiones y expresada como porcentaje de una dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción.

Para definir las características la plasticidad de los suelos se utilizan el límite líquido, índice plástico y contracción lineal.

Para determinar el límite líquido de un suelo por el método estándar, se emplea el procedimiento de casa grande, según el cual se define como límite líquido el contenido de agua de la fracción del suelo que pasa la malla # 40, cuando al ser colocada en la copa de Casagrande y efectuar con ella una ranura trapecial de dimensiones especificadas, los bordos inferiores de la misma se ponen en contacto con una longitud de 13.0 milímetros después de golpear la capa 25 veces, dejándola caer contra una superficie dura de características especiales dos de una altura de 1 centímetro a la velocidad de 2 golpes por segundo.

**OBJETIVO:**

Conocer los rangos de comportamiento plástico, líquido en un suelo, así mismo la contracción lineal, que se presenta por medio de los límites de consistencia.

**DESARROLLO:**

· Se emplean 250 gramos de material previamente cribado por la malla # 40 los cuales se toman de una porción representativa obtenida.

La muestra se coloca en un recipiente apropiado, se le agrega agua en la cantidad necesaria para que tome el aspecto de material saturado y se deja en reposo durante 24 horas en un lugar fresco y cubriendo el recipiente con un paño que se mantendrá húmedo a fin de reducir al mínimo la pérdida de agua por evaporación.

Se toma una porción de 150 gramos (aproximadamente) de la muestra preparada, se coloca en la cápsula de porcelana y se procede a homogeneizarla con la espátula.

Logrando lo anterior se coloca en la copa de Casagrande, previamente calibrada, una cantidad suficiente de material para que una vez extendido por medio de la espátula se tenga un espesor de 8 o 10 milímetros en la parte central de la muestra colocada, para extender el material se procede del centro hacia los lados, sin aplicarle una presión excesiva y con el mínimo de pasadas de la espátula.

Se efectúa una ranura en la parte central del material que contiene la copa con una pasada firme del ranurador, manteniéndolo siempre normal a la superficie interior de la copa, en el caso de materiales arenosos en que es probable que se deslicen sobre la copa cuando se use el ranurador curvo, podrán darse hasta 6 pasadas profundizando paulatinamente la ranura, de manera que solamente en la última pasada el ranurador toque el fondo de la copa.

Se acciona la manivela del aparato para hacer que la copa caiga a razón de 2 golpes por segundo y se registren el aumento de golpes necesarios para lograr que los bordes inferiores de la ranura se pongan en contacto en una longitud de 13 milímetros.

Una vez logrado lo anterior se toma con la espátula 10 gramos de material de la porción cerrada de la ranura y se coloca en un vidrio de reloj, para proceder de inmediato a determinar su contenido de agua. Después de tener la muestra para la humedad se lava en seco la copa y el ranurador.

En seguida se agrega agua con el cuentagotas al material contenido en la cápsula se homogeneiza con la espátula y se realizan las etapas descritas anteriormente para obtener 4 grupos de valores, incrementando siempre el contenido de agua para cada proceso.

La cantidad de agua que se adicione al material deberá ser en tal forma que las 4 determinaciones efectuadas queden comprendidas entre 10 y 35 golpes siendo necesario obtener 2 valores arriba y 2 abajo de 25 golpes.

Se dibujan los puntos correspondientes a cada determinación de un papel semilogarítmico cuyos abscisas representan la escala logarítmica el número de golpes y las ordenadas en escala aritmética los respectivos contenidos de agua. A continuación se traza una línea recta que pasa lo mas cerca posible de cuando menos 3 de los puntos obtenidos la línea así trazada se denomina curva de fluidez, cuya ordenada correspondiente a veinticinco golpes se reporta como límite líquido, expresado como contenido de agua en por ciento y redondeando al número entero mas cercano.

## **LIMITE PLASTICO:**

### **INTRODUCCION:**

El límite plástico de un suelo se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa la malla # 40 para que se pueda formar con ella cilindros de 3 milímetros sin que se rompan o desmoronen.

### **DESARROLLO:**

Se toma una muestra del material preparado a la cual se le da una forma de esfera de 3 milímetros de diámetro que se deberá moldear con los dedos para que pierda humedad y se formen cilindros.

En seguida se rola el cilindro con los dedos de la mano sobre la placa de vidrio dándole la presión requerida para reducir su diámetro hasta que esta sea uniforme en toda su longitud y ligeramente mayor de 3 milímetros.

Si se rola el cilindro y no se rompe es que la humedad es superior a la del límite plástico, en ese caso se repite la misma operación hasta que el cilindro se rompa en varios segmentos; precisamente en el momento de alcanzar el diámetro de 3 milímetros.

En seguida se colocan en un vidrio de reloj, todos los fragmentos en que se haya dividido el cilindro y se efectúa la determinación de humedad correspondiente.

Los suelos con los que no es posible formar cilindros del diámetro especificado con ningún contenido de agua, se consideran como no plásticos.

El índice plástico es definido como la diferencia aritmética entre los límites líquido y plástico; se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$IP = LL - LP$$

Donde IP = Índice plástico del suelo en %.

LL = Límite líquido del suelo en %.

LP = Límite plástico del suelo en %.

## CONTRACCION LINEAL:

### **INTRODUCCION:**

La contracción lineal de un suelo se define como la reducción en la mayor dimensión de un espécimen de forma prismática rectangular. Elaborado con la fracción del suelo que pasa la malla # 40, cuando su humedad disminuye desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción, expresando dicha relación como un porcentaje de la longitud inicial del espécimen.

### **DESARROLLO:**

Se utiliza la muestra preparada, se le agrega a la muestra material menos húmedo tomando de la porción preparada, hasta lograr que la humedad sea la correspondiente a la del límite líquido, la cual se verifica empleando la copa de Casagrande y cumpliendo con la condición de que la ranura se cierre en una longitud de 13 milímetros precisamente a los 25 golpes.

Con el material preparado en las condiciones indicadas se procede a llenar el molde de prueba el cual se tendrá engrasado previamente, el llenado del molde se efectúa en 3 capas en cada caso las operaciones de golpeo se prolongan para lograr la expulsión del aire contenido en la muestra.

A continuación se enrasa el material en el molde utilizando la espátula se deja orear a la sombra hasta que cambie ligeramente de color después se pone a secar en el horno por un período de 18 horas a una temperatura de 105°C.

Se extrae del horno el espécimen, se deja enfriar y se saca la barra del molde; finalmente se mide con el calibrador la longitud de la barra de material seco y la anterior del molde.

La contracción lineal se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$CL = \frac{Li - Lf}{Li} * 100$$

Dónde:

CL = Contracción lineal en por ciento.

Li = Longitud inicial de la barra de suelo húmedo, que corresponde a la longitud interior del molde, en centímetros.

Lf = Longitud media de la barra de suelo seco, en centímetros.

## **PORTER ESTANDAR Y VRS** **(Valor Relativo de Soporte).**

### **INTRODUCCION:**

En esta práctica se describe la compactación por carga estática que sirve para determinar el peso específico seco máximo y la humedad óptima en suelos con partículas gruesas, que se emplean en la construcción de terracerías, pudiendo efectuarse también en arenas y materiales finos cuyo índice plástico sea mayor de seis.

El método consiste en preparar especímenes con material que pasa la malla de 1" agregándoles diferentes cantidades de agua y compactándolas con carga estática.

La principal aplicación de este procedimiento es la elaboración de especímenes de suelo para determinar el valor relativo de soporte, también se utiliza en la determinación del grado de compactación.

### **DESARROLLO:**

De una muestra se toma y se criba una cantidad suficiente para obtener una porción de 16 kilogramos de material que pase la malla de 1". Se divide por cuarteo.

Se toma una de las cuatro partes del material y se le agrega la cantidad de agua necesaria, para que una vez repartido uniformemente, presente una consistencia tal que, al ser comprimido en la palma de la mano, la humedad sea muy ligeramente.

Se coloca el material dentro del molde de 3 capas del mismo espesor y se le da 25 golpes con la varilla metálica distribuyéndolos uniformemente.

Al terminar la última capa se toma el molde y se coloca en la máquina de compresión y se le aplica una carga uniforme, hasta alcanzar una presión de 140.6 kg./cm.<sup>2</sup> (equivalente a una carga de 26.5 ton.), en un tiempo de 5 minutos, se mantiene esta carga durante un minuto y se hace la descarga en un minuto.

Se observa la base del molde y si está ligeramente humedecida, el material tiene la humedad óptima de compactación y a alcanzado su volumen máximo.

Se retira el molde de la máquina de compresión y se determina la altura del espécimen, restando de la altura el molde, la altura superior del espécimen y el borde superior del molde, se registra este valor en (centímetros).

Se pesa el molde de compactación y se anota dicho peso como  $W_i$  en (kilogramos).

Se saca el espécimen del cilindro, se corta longitudinalmente y de la parte central se obtiene una muestra representativa, se determina su contenido de agua  $W_o$ . y se registra.

Los cálculos y reportes son los siguientes:

El volumen del espécimen se calcula.

$$V = \frac{A_m \cdot h_e}{1000}$$

Dónde:

$V$  = Volumen del espécimen  $dm^3$ .

$A_m$  = Área de la sección transversal del cilindro de compactación  $cm$ .

$h_e$  = Altura del espécimen  $cm$ .

El peso específico húmedo se calcula:

$$m = \frac{W_i - W_c}{100 + W_o} \cdot 100$$

Dónde:

$m$  = Peso específico húmedo  $kg$ .

$W_i$  = Peso del espécimen húmedo mas peso molde de compactación  $kg$ .

$W_c$  = Peso del molde de compactación  $kg$ .

$V$  = Volumen del espécimen  $dm^3$

El peso específico seco máximo se calcula:

$$\text{máx} = \frac{m}{100 + W_o} \cdot 100$$

Dónde:

máx = Peso específico máximo en estado seco kg/m<sup>3</sup>.

m = Peso específico en estado húmedo kg/m<sup>3</sup>.

W<sub>o</sub> = Humedad óptima en por ciento.

## **VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)**

### **DESARROLLO:**

Se toma material aproximado de 16 kilogramos que pase la malla de 1", se criba y se pesa el retenido; determinando en por ciento con respecto al total.

Si dicho por ciento excede de 15, se incorpora a la porción que pasa la malla mencionada.

Utilizando material que pasa la malla de 1",retenida en la de 3/4", se elimina el retenido de la malla de 1" y se forman las muestras de prueba dividiendo la porción obtenida en partes de 4 kilogramos.

Se elabora un espécimen con la humedad óptima del material y se determina su altura en milímetros.

Se colocan en la parte superior del espécimen, en el orden que se indica una o dos hojas de papel filtro, la placa perforada y las dos placas de carga, en seguida se introducen al tanque de saturación procurando que esto quede completamente sumergido, se monta el tripode sobre los bordes del molde y se le instala el extensómetro apoyándolo sobre el vástago de la placa perforada, se toma la lectura inicial del extensómetro como  $L_i$  en milímetros, se verifica cada 24 horas la lectura y cuando se observe que en dos lecturas sucesivas no hay diferencia se anota su valor como lectura final  $L_f$  en mm. y se retira del tanque el espécimen con todos los aditamentos, el período de saturación varía de 3 a 5 días.

Se coloca el espécimen en posición horizontal para que escurra el agua se retiran las placas y el papel filtro y se vuelve a colocar las dos placas de carga.

Se instala en la prensa el extensómetro y el molde con el espécimen y las placas de carga, introduciendo el cilindro de penetración hasta tocar la superficie de la muestra.

Se aplica una carga inicial no mayor a 10 kilogramos sin retirar la carga se ajusta el extensómetro para registrar el desplazamiento vertical del cilindro de penetración.

Se aplica carga para que el pistón penetre a una velocidad de 1.27 milímetros por minuto , anotando las cargas necesarias para obtener cada una de las penetraciones necesarias con aproximaciones de 10 kilogramos.

Inmediatamente se obtiene una muestra de la parte superior de hasta 2.5 centímetros de profundidad se determina el contenido de agua y se representa gráficamente.

En un sistema de ejes coordenados se marcan los puntos correspondientes a las penetraciones y cargas anotadas, las primeras en el eje de abscisas y las segundas en el eje de las ordenadas y uniendo dichos puntos se dibuja la curva correspondiente.

En los casos en que la curva dibujada presente en su iniciación concavidad hacia arriba, se efectúa la corrección correspondiente trazando una tangente en un punto de máxima pendiente, se registra la carga correspondiente a la penetración de 2.54 milímetros. se calcula y reporta como:

Valor relativo de soporte.

$$\text{VRS} = \frac{\text{C 2.54}}{1360} \cdot 100$$

Donde:

VRS = Valor relativo de soporte referido a la carga estándar de penetración de 1360 kg. en por ciento.

C 2.54 = Es la carga correspondiente a la penetración de 2.54 milímetros en kilogramos.

La expansión de la Muestra:

$$E = \frac{L_f - L_i}{h_e} \cdot 100$$

**Donde:**

**E** = Expansión de la muestra en por ciento.

**L<sub>f</sub>** = Lectura del extensómetro al finalizar la saturación en milímetros.

**L<sub>i</sub>** = Lectura del extensómetro al iniciar la saturación en milímetros.

**h<sub>e</sub>** = Altura inicial del espécimen en milímetros.

## **VALOR CEMENTANTE.**

### **INTRODUCCION:**

La determinación del valor cementante de un suelo tiene por objeto conocer sus características de acuñamiento y cementación, propiedades que incluyen en la facilidad de compactación y que le permiten conservar su estabilidad en estado seco. Esta prueba se efectúa sobre la fracción del suelo que pasa la malla n-4 y su valor es una función de la forma y acomodo de las partículas, de la plasticidad de los finos y de otros fenómenos fisicoquímicos, es conveniente que todos los suelos que forman la estructura de un pavimento tengan un cierto valor cementante sin embargo cuando se trate de mejorar un material en cuanto a su valor cementante no se le debe adicionar finos plásticos que afectan su buen comportamiento.

### **DESARROLLO:**

Se cuece el material que pase la malla # 40 se le agrega agua en cantidad suficiente para alcanzar su humedad óptima se pasan tres porciones iguales para los moldes en tres capas y se compacta cada una de ellas mediante 15 golpes del pisón con una altura de caída libre de 45 centímetros se hace lo mismo en cada molde.

En seguida se colocan dentro del horno a una temperatura de 40°C se sacan los especímenes de los moldes y se mantienen en el horno a una temperatura de 15 °C el período de secado puede variar de 16 a 24 horas, se extraen los especímenes del horno y se dejan enfriar a temperatura ambiente.

Se coloca uno de los cubos en la máquina de compresión y conservando la posición original con la que fue compactado se colocan las placas de cartón en las caras superior e inferior, se procede a aplicarle carga en forma lenta y uniforme hasta que el espécimen se rompa y se registra en kilogramos.

Se repite el procedimiento en cada una de los especímenes y se calcula la resistencia a la compresión sin confinar en cada uno de los especímenes, dividiendo su carga máxima de ruptura entre el área de su sección promedio se reporta como valor cementante el promedio de las resistencias expresado en Kg/cm<sup>2</sup>.

## **PROCTOR (SOP)**

### **INTRODUCCION:**

La Proctor es una modificación de la AASSHO estándar cuya única variable notable consiste en aplicar 30 golpes en vez de 25 en cada capa esta norma se introdujo hace más de 35 años (1950) debido a una serie de pruebas en los que se demostró que con más golpes la variabilidad al reproducir las pruebas es menor.

La forma de reproducir en el laboratorio con la Proctor es el tipo de compactación que se obtiene con los rodillos pata de cabra, es decir, una compactación uniforme de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada el método consiste en preparar 4 o 5 muestras utilizando el mismo material con diferentes contenidos de humedad compactando en 3 capas mediante 30 golpes con un pisón de 2.5 kg. y una altura de caída de 30.5 centímetros.

A cada espécimen se le determina su humedad y su peso volumétrico seco con el fin de trazar la curva peso volumétrico-humedad marcando en el eje de las coordenadas a escala logarítmica peso volumétrico y en el eje de las abscisas a escala aritmética los contenidos de humedad.

El punto superior de la curva resultante representa el peso volumétrico seco máximo, para el material con estudio y la humedad correspondiente a este peso volumétrico seco máximo representa la humedad óptima con la cual se obtiene dicho peso volumétrico.

### **DESARROLLO:**

Se criba 12.5 kilogramos de material que pase por la malla # 4 se colocan 2.5 kilogramos de material en cada charola, se le agrega agua hasta formar un gramo que al apretarse con la mano no se rompa se engrósa la cejilla del molde se coloca una capa de material en el molde y se golpea 30 veces con el pisón, se repite la misma operación con las otras dos capas observando que la última capa no se exceda 6 o 13 milímetros, se afloja el collarín con cuidado y se enrasa el molde se pesa el molde con el material.

Se toma una muestra del material para conocer su humedad se repite los mismos pasos aumentando 35% de agua en cada muestra.

## **PORTER MODIFICADA**

### **INTRODUCCION:**

La prueba tiene como fin determinar el valor relativo de soporte de los suelos que se puedan emplear en terracerías, principalmente en la capa sub-razante, y se lleva a cabo en especímenes con diferentes grados de compactación y en condiciones de humedad estimadas como los mas desfavorables.

Generalmente se utiliza este valor relativo de soporte en el proyecto o revisión de espesores de pavimentos, teniendo tres variantes según los especímenes contengan la humedad óptima, con humedad igual o superior a la óptima, o bien con la humedad natural.

### **DESARROLLO:**

De una muestra obtenida teniendo cuidado de secar el material únicamente lo necesario para facilitar su disgregación, se toma por cuartos 16 kilogramos de material que pase la malla núm. 25.

Se criba y se pasa el retenido con aproximación de 10 gramos y se determina el por ciento de este con respecto al total de la porción.

Se divide la muestra en partes de 5 kilogramos, se le agrega agua para ser repartido uniformemente para obtener una humedad inferior en 4 y 6 % a la óptima estimada.

Se divide en tres fracciones aproximadamente iguales, se coloca una porción en el cilindro de prueba se apoya sobre el bloque, se compacta con 30 golpes de pisón, manteniendo la altura de caída de 30.5 centímetros y repartiendo los golpes en la superficie de la capa se escarifica ligeramente la superficie de la capa y se repite la operación en las dos fracciones restantes.

Se enrasa con la regla metálica y se deposita en una charola el material excedente, se pasa el cilindro con su contenido y se anota.

Se saca el espécimen del cilindro, se corta longitudinalmente y de su parte central se obtiene una porción representativa y otra en la que determina su humedad.

Se incorporan las fracciones del material que sobre del enrasado. Se disgregan los gramos se agrega 2% de agua aproximadamente con respecto al peso inicial de la muestra y se repiten los pasos.

Con la misma muestra de prueba se repite, incrementando sucesivamente su contenido de agua, hasta que la muestra este muy húmeda y el último espécimen elaborado presente una disminución apreciable en su peso específico de los especímenes elaborados.

Se coloca el peso específico del material húmedo por medio de la siguiente fórmula:

$$m = \frac{W_i - W_c}{V} \cdot 100$$

Donde:

m = Peso específico del material húmedo en kg. m<sup>3</sup>.

W<sub>i</sub> = Peso del material húmedo + Peso del cilindro en gr.

W<sub>c</sub> = Pasa del cilindro en grs.

V = Volumen del cilindro cm<sup>3</sup>.

Se calcula peso específico de cada espécimen en estado seco.

$$d = \frac{m}{100 + W} \cdot 100$$

Donde:

d = Peso específico del espécimen en estado seco kg./m<sup>3</sup>.

m = Peso específico del espécimen húmedo kg./m<sup>3</sup>.

W = Contenido de agua en (%).

## **CUERPO DE INGENIEROS.**

### **INTRODUCCION:**

Esta prueba consiste en elaborar especímenes utilizando la fracción del suelo que pasa la malla núm. 19.0 compactándolos mediante impactos, con diferentes contenidos de agua y varían de la energía de compactación, con objeto de cubrir los valores de peso específico y humedad que puedan presentarse en la obra, dichos especímenes se someten sin período de saturación antes de efectuarlos la determinación de su VRS obteniéndose como dato adicional su expansión producida durante su saturación.

### **DESARROLLO:**

De una muestra obtenida se toma por cuarteo una porción de 100 kilogramos se divide en 12 o 15 partes la muestra se forman en 3 grupos.

Se toma un primer grupo, se ajusta la humedad con las diferentes muestras de prueba de tal forma que sus contenidos de agua se incrementen de una a otra muestra en 2% aproximadamente con respecto al peso del material húmedo, para obtener esta relación de incrementos se adicionará agua o disminuirá mediante secado, de este grupo deberán elegirse, en tal forma que cuando menos con 2 tengan humedad inferior a la óptima y 2 superior a esta, la humedad óptima será la humedad mínima para que al ser comprimido el material no humedezca la cantidad de agua requerida se mezcla completamente y se cubre con una lona humedecida para evitar pérdidas por evaporaciones.

Se coloca el disco espaciador, sobre la placa base y se arma el molde, poniendo además una hoja de papel filtro en la parte superior del disco, que dando este con perforaciones hacia abajo.

Se toma una muestra se obtiene su humedad, se divide la muestra en 5 partes iguales se coloca una de ellas en el cilindro de prueba y parado sobre la base de concreto y se compacta con el pisón dándole 56 golpes manteniendo constante la altura de caída se repite la operación con cada una de las muestras restantes del espécimen de prueba.

Se engrasa el molde y se retira de la placa base se extrae el disco espaciador y se pesa el molde con el material compactado, se coloca el papel filtro en la placa base se invierte el cilindro de tal manera que el fondo sea ahora la parte superior y se fija de nuevo en la placa base se coloca un papel filtro, la placa perforada y las placas de carga necesarias para producir sobre el espécimen una sobre carga igual a la del pavimento de 2.25 kilogramos de peso, en seguida se introduce el tanque de saturación durante 96 horas, se determina su expansión.

En seguida se efectúa la penetración y se determina su humedad en los 2.5 centímetros de la parte superior.

Se efectúa a los dos grupos de muestras excepto que a los especímenes del segundo grupo se compactarán con 26 golpes por capa y a los terceros con 12 golpes por capa.

En esta prueba se calcula y se reporta.

Peso específico del material seco de cada espécimen antes de saturación y se construye la gráfica peso específico seco-humedad, se dibujará una curva para cada energía de compactación.

Se calcula el valor relativo de soporte y su expansión.

## METODO COMPRESION SIN CONFINAR

Con esta prueba se obtiene la cantidad óptima de asfalto como ligante del agregado pétreo, se fija una granulometría tipo y se calcula el porcentaje en peso de los diferentes tamaños en que se va a separar el material; se requiere de 4 kilogramos, cuando el agregado máximo sea igual o menor de 3/8" y de 2 kilogramos, cuando el agregado máximo sea igual o menor de 3/8" para elaborar cada uno de los 6 especímenes de pruebas.

Se toma de cada tamaño la cantidad que resulta de multiplicar el porcentaje en peso calentado por 4 kg. o 2 kg. según el tamaño máximo del agregado y se mezclan previamente a la adición del asfalto, para cada una de las muestras.

El asfalto que se agrega, se calcula en base al contenido mínimo de asfalto (expresado como cemento asfáltico) variando el producto asfáltico de 0.5% en 0.5% para cada una de las muestras, teniendo una por debajo del mínimo de asfalto y cuatro por encima adicionando a los contenidos anteriores un pequeño exceso por lo que se adhiera a la charola.

Se coloca la charola en una parrilla eléctrica cuidando de no pasar la temperatura de aplicación del producto asfáltico, ni tener temperaturas inferiores a 40°C, en asfaltos rebajados deberá mezclarse el tiempo necesario para volatizar los solventes, calculándola en base a la siguiente fórmula:

$$P = Pt + Pm + Pa - (Ps - KPC)$$

Donde:

P = Peso final de la mezcla con el peso incluido de la tara.

Pt = Peso de la charola.

Pm = Peso del material pétreo seco.

Pa = Peso del producto asfáltico incorporado a la mezcla.

(Ps - KPC) = Pérdida en peso de solventes para obtener la consistencia requerida.

Ps = Peso del solvente original correspondiente al producto utilizado.

Pc = Peso del cemento asfáltico que corresponde al producto incorporado de los solventes que debe de quedar en la mezcla.

Producto Asfáltico

FR

FM

Valor de K                      0.08 a 0.10    0.14 a 0.16

Los valores máximos de K son para agregados angulosos, rugosos o de alta absorción y los valores mínimos para gravas y arenas de río con baja absorción.

Para la compactación de los especímenes, existen dos métodos; por carga estática y por impactos, para determinar que método se utiliza se recomienda compactar por ambos métodos a dos muestras elaboradas, con el contenido mínimo de asfalto y elegir igual espécimen que tenga el mayor peso volumétrico y menor número de partículas fracturadas.

***Compactación por carga estática:***

Inmediatamente después de terminada la mezcla, se coloca el material en 3 capas, en el molde de 5" de diámetro por 8.5" de altura si el agregado es mayor de 3/8" o de 4" diámetro por 7" de altura, si el agregado es menor o igual a 3/8", previamente calentado; dándole a cada capa 25 golpes con una varilla de 3/4" de diámetro y 30 cm. de longitud con punta de bala; con la máquina de compresión se le aplica carga lentamente golpes y en forma continua y al llegar a los 5000 kgs. ( para el molde de 5" diámetro) o a los 32000 kgs. (para el molde de 4" diámetro igual se mantiene la carga por 2 minutos, la relación altura-diámetro del espécimen deberá ser 1.25 +/- 5 milímetros en la altura del espécimen compactado, se deja enfriar en el molde y después se extrae para que adquiera la temperatura ambiente.

***Compactación por impactos:***

Inmediatamente después de terminada la mezcla se coloca el material en el molde correspondiente en 3 capas dándole 25 golpes en cada capa para el acomodo del material y 40 golpes al molde de 5" diámetro, o 25 golpes al molde de 4" diámetro con un apisonador que tiene 2" de diámetro y peso de 2.5 kilogramos con una altura de caída de 30 centímetros (el pisón no debe de golpear directamente el material, por lo que se deben revestir); después del apisonado se escarifica la superficie para que tenga un buen ligado con las capas adyacentes. Terminado de apisonar la tercer capa se aplica una carga de 40 a 60 kg./cm<sup>2</sup> para uniformizar la superficie manteniéndola durante 2 minutos, se deja enfriar en el molde los especímenes, después se extraen para

que adquieran la temperatura ambiente la relación altura-diámetro del espécimen debe ser 1.25 +, - 5 milímetros de la altura del espécimen compactado.

Los especímenes a la temperatura de 20°C se prueban a la compresión sin confinar aplicando la carga uniforme y lentamente hasta la ruptura, con la carga máxima de cada uno de los especímenes se forma una gráfica de  $\text{kg./cm}^2$  contra contenidos de asfalto.

El contenido óptimo de asfalto se localiza en la rama ascendente del segundo máximo de la gráfica, la resistencia cuando menos debe ser de 1  $\text{kg./cm}^2$  para caminos de 2do. orden y de 2  $\text{kg./cm}^2$  para caminos mas importantes.

## **DESTILACION DE ASFALTOS:**

Esta prueba consiste en determinar la cantidad de solventes y conocer sus características en lo referente a la volatilización.

Se coloca el matraz de destilación, sobre las mallas metálicas, los que a su vez estarán apoyados sobre un anillo metálico sujeto a un soporte se instala un condensador y se acopla al matraz utilizado una junta de corcho que ajuste perfectamente, se conectan las mangueras de agua se conectan todos los aditamentos necesarios.

Primeramente se determinan las temperaturas, en seguida de una muestra de asfalto rebajado se toma una porción de  $500 \text{ cm}^3$ , por lo cual primeramente se homogeniza dicha muestra, calentándola ligeramente en caso necesario.

De la porción mencionada se pesa  $200 \text{ cm}^3$ , calculado a partir de la densidad que tenga el material asfáltico a una temperatura de  $155 \text{ }^\circ\text{C}$  se hace circular agua fría en el condensador y se le aplica calor al matraz, de manera que la primera gota de destilado caiga del extremo del tubo del condensador en un lapso de 5 a 15 minutos después de iniciada la aplicación del calor, la temperatura a que esto ocurra se registrará.

Se continúa la destilación de tal forma que escurran por el extremo de la extensión de vidrio de 50 a 70 gotas por minuto contra  $360$  y  $315^\circ\text{C}$  el periodo de destilación entre la temperatura  $315^\circ\text{C}$  a  $360^\circ\text{C}$  no excederá de 10 minutos.

Para efectuar la lectura correspondiente a la temperatura normal de  $360^\circ\text{C}$  se deja que escurra a la probeta todo el destilado que se encuentra en el condensador, se anota dicha lectura y la cantidad de agua que se haya destilado la cual se separa de los disolventes depositándose en la parte inferior de la probeta por su mayor densidad.

## VISCOSIDAD DE ASFALTOS.

Esta prueba consiste en determinar el grado de fluidez de un asfalto líquido a una temperatura e indirectamente el grado de manejabilidad del producto.

Se prepara la muestra colocando en un recipiente 150 gramos de asfalto rebajado y calentarlo a una temperatura superior en 2 °C agitándolo continuamente para uniformizar la temperatura y evitar sobre calentamiento local.

Se llena el baño del viscosímetro con el aceite adecuado para la temperatura a la cual se efectúa la prueba, se limpia el tubo del viscosímetro con xilol o petróleo diáfano y se seca perfectamente antes de utilizarlo se inserta el tapón de corcho en la parte inferior del tubo del viscosímetro, de manera que penetre de 6 a 9 milímetros, se coloca el tubo de desplazamiento en el tubo de derrame, se calienta el baño del viscosímetro a una temperatura ligeramente inferior a la seleccionada para efectuar la prueba.

A continuación se vierte el tubo del viscosímetro la muestra preparada a la cazoleta se coloca la tapa y se coloca el termómetro a través del orificio central de la misma, se agita la muestra continuamente con el termómetro dándole a este un movimiento circular y evitando movimientos verticales que podrían provocar burbujas.

Cuando la temperatura de la muestra permanezca constante durante un minuto de agitada continua, con una discrepancia de 0.3°C, se retira la tapa y el anillo de desplazamiento para verificar que la muestra dentro de la cazoleta no llegue al nivel de derrame y se vuelve a colocar la tapa.

Inmediatamente después se coloca el matraz debajo del tubo del viscosímetro se retira el tapón de corcho y simultáneamente se pone en marcha el cronómetro el cual deberá de tenerse en el momento que la muestra alcance la marca de aforo de 60cm<sup>3</sup> de matraz y se registra el tiempo medido con el cronómetro el tiempo transcurrido desde que se inicia el llenado del tubo del viscosímetro hasta que empieza el llenado del matraz no será mayor de 15 minutos.

En esta prueba el procedimiento para efectuar el reporte de los resultados y las precauciones que deben tenerse son los que se describen excepto las temperaturas de prueba de acuerdo con el tipo de producto.

Tipo de Asfalto	Rebajado	Temperatura de Prueba
FR - 0	FM - 0	25°C
FR - 1	FM - 1	50°C
FR - 2	FM - 2	60°C
FR - 3	FM - 3	60°C
FR - 4	FM - 4	82°C

## **PENETRACION DE ASFALTO:**

Esta prueba consiste en determinar el grado de dureza de un cemento asfáltico o residuo obtenido de la destilación de asfaltos rebajados.

Se coloca el penetrómetro sobre una superficie plana, firme y sensiblemente horizontal, se le monta la aguja, se lastra para que el elemento que se desliza tenga un peso 100 gramos o el peso especificado para la prueba y se nivela perfectamente.

Se saca del baño el recipiente conteniendo la muestra en su molde cuidando que lleve agua suficiente para cubrir completamente el molde se coloca el conjunto sobre la base del penetrómetro, de tal manera que la muestra quede abajo de la aguja y se ajusta la altura hasta que la aguja haga contacto con la superficie de la muestra.

A continuación se hace coincidir la manecilla del penetrómetro con el cero de su carátula y en seguida se oprime el sujetador para liberar la aguja únicamente durante cinco segundos tiempo especificado para la prueba, después se registra en décimas de milímetro o grados de penetración, se harán por lo menos 3 penetraciones sobre puntos de la superficie de las muestras separadas ente sí, debiéndose limpiar la aguja después de cada penetración, sin desmontarla y de ser necesario se regresará la muestra con el recipiente de manejo al baño de agua para la limpieza de la agua se utiliza un paño humedecido con tetracloruro de carbono y después un paño seco y limpio.

## **PUNTO DE ENCENDIDO:**

Esta prueba consiste en conocer la temperatura a la cual el asfalto puede ser manejado con seguridad sin que se presente ninguna flama instantánea bajo la presencia de una llama de fuego abierto. Esta es la temperatura crítica arriba de la cual deberán tomarse precauciones para eliminar los peligros de incendio durante el calentamiento y manipulación del producto asfáltico.

Se usa una copa abierta de Cleveland, la cual tiene en su interior una marca circular que indica el nivel hasta donde debe llenarse, se llena la copa con el producto asfáltico previamente calentado hasta hacerlo fluido, para poderlo vaciar con una lámpara se calienta la parte inferior de la copa en tal forma que tenga una velocidad de calentamiento de 1.5°C/min. se agitará el producto con un termómetro a intervalos durante la prueba para uniformizar la temperatura, este termómetro deberá quedar suspendido y con bulbo sumergido en el producto asfáltico a intervalos de cada grado Celcius se pasará una pequeña flama horizontalmente por los bordes de la copa hasta que han sido liberados los solventes necesarios para producir unas pequeñas chispas, entonces se anota la temperatura registrada por el termómetro que será la correspondiente al punto de ignición, continuado con la prueba llegará un momento en que se enciende el producto en ese momento se toma la temperatura que corresponde a la del punto de inflamación.

Para los asfaltos de fraguado lento (FL) el procedimiento de pruebas es el mismo que para los cementos asfálticos, en el caso de los asfaltos rebajados FM y FR la prueba difiere solamente de que la capa recibe fuego directo para evitar que dada la alta volatilidad de los solventes, la llama de la lámpara o mechero provoque el flamazo instantáneo lo cual debe mas bien ser ocasionado por la pequeña llama que se hace pasar sobre la capa.

Los asfaltos rebajados comúnmente se utilizan a temperaturas inferiores a su punto de inflamación un FR puede presentar un punto de inflamación a 30°C de ahí que mientras mas volátil es el solvente mayor es el peligro que involucra su uso y deberán ser manipulados con precaución.

### **ASENTAMIENTO EN 3 DIAS:**

La prueba consiste en conocer el grado de homogeneidad que conserven las emulsiones asfálticas durante periodos de almacenamiento prolongado y consiste en dejar en reposo muestras de emulsión para después de un tiempo especificado de terminar la diferencia de concentración de asfalto.

De una muestra de emulsión debidamente homogenizada se vierten 500cm<sup>3</sup> en un tubo de una de las probetas, después de la cual se tapan y en un lugar libre de vibraciones, se dejan en reposo durante 3 días a la temperatura ambiente.

Se calcula y reporta el asentamiento de la emulsión, utilizando la siguiente fórmula:

$$S = R - Ri$$

Donde:

S = Es el asentamiento de la emulsión en por ciento.

R = Es el contenido promedio de residuo por evaporación en las porciones superiores de las muestras contenidos en las probetas en por ciento.

Ri = Es el contenido promedio de residuo por evaporación en las porciones inferiores de las muestras contenidas en las probetas en por ciento.

### **CARGA DE LA PARTICULA:**

Esta prueba consiste en determinar la polaridad eléctrica de las partículas de una emulsión para identificar su carga eléctrica (positiva o negativa).

Cuando los glóbulos tienen carga eléctrica negativa las emulsiones se clasifican como aniónicas y cuando tiene carga eléctrica positiva se identifican como emulsiones catiónicas.

De una muestra de emulsión asfáltica obtenida se vierte en el vaso una cantidad de emulsión suficiente para que los electrodos puedan sumergirse 25 milímetros dentro de la emulsión sin tocar el fondo del vaso se conectan al dispositivo de corriente los electrodos limpios y secos, se conecta la corriente, se mueve el botón de ajuste para tener una intensidad de 8 mil amperios y en este momento se acciona el cronómetro.

Cuando haya transcurrido un tiempo de 30 minutos de aplicación de cemento o bien si antes de este tiempo se reduce la intensidad de la misma a dos mil amperios se acciona el interruptor, se desconectan los electrodos, se retiran de la emulsión y se lavan con agua de la llave.

Normalmente después de este proceso se habrá adherido una capa de asfalto a los electrodos, de no ser así, se repetirá en la muestra los mismos pasos indicados, aplicando una mayor carga de corriente para lograr que se adhiera asfalto en uno de los electrodos.

Se observa en cual de los electrodos se encuentra adherido el asfalto, las emulsiones aniónicas depositan una capa apreciable de asfalto sobre el electrodo positivo, mientras que el electrodo negativo se conservará relativamente limpio, lo contrario ocurre con las emulsiones catiónicas.

Se reportan los resultados de la prueba en términos de la polaridad determinada a los glóbulos de asfalto de la emulsión. Cuando para realizar la prueba se utiliza una intensidad de corriente mayor de 8 mil amperios, también se reporta esa otra intensidad de corriente.

## **METODO MARSHALL:**

Este método es aplicable únicamente a las mezclas en caliente en las que se emplean como ligante el cemento asfáltico y con un tamaño máximo del material pétreo de 1" o menos.

Se determinan los valores de estabilidad y de flujo en especímenes cilíndricos compactados axialmente a 60°C el valor de estabilidad se determina mediante la carga necesaria para producir la falla del espécimen.

Fijada una granulometría de la mezcla asfáltica se determina el porcentaje en peso de los siguientes tamaños, material retenido en la malla (1/2") (1/4") y que pasa la malla (1/2") y núm. 40.

Para cada contenido de asfalto se fabrican 3 especímenes cada uno requiere 1200 gramos de material pétreo, se toma de cada uno de los tamaños mencionados la cantidad de muestra que resulte de multiplicar el porcentaje de peso de cada fracción por el peso total de la muestra, las fracciones ya pesadas se mezclarán previamente a la adición del cemento asfáltico, la cantidad de cemento asfáltico que deberá agregarse a cada muestra se calculará en base al contenido mínimo de asfalto que se determine por el método.

Se mezclarán los agregados y el cemento asfáltico calentados previamente a las temperaturas de 175°C y 120°C hasta obtener una distribución uniforme del asfalto. La temperatura de la mezcla no deberá ser menor de 100 °C en ningún momento la mezcla deberá ser recalentada.

Para compactar la mezcla asfáltica se procederá de la forma siguiente: El pisón de compactación y el molde se compactarán en un baño de agua hirviendo una vez caliente el equipo se seca y se coloca un papel filtro en el fondo del molde se llenará con la mezcla caliente, se apoya el pisón sobre la mezcla y se aplica 50 golpes con la pesa deslizante, la cara del pisón será mantenida paralela a la base del molde durante el proceso de compactación, se invierte la posición del molde, se le aplican otros 50 golpes, el procedimiento de compactación se aplicará al estudio de mezclas asfálticas proyectadas para recibir presiones de contacto que no exceden  $7 \text{ kg./cm}^2$  (100 lbs/pg"), el número de golpes de cada cara deberá aumentarse a 75 cuando la mezcla se proyecta para recibir presiones de contacto comprendidas entre 7 y  $14 \text{ kg./cm}^2$  (100 a 200 lbs/pg<sup>2</sup>), en seguida el molde y su contenido se sumergen en agua fría por 2 minutos se extrae el espécimen del molde, se identifica y se deja enfriar a temperatura ambiente durante 12 a 24 horas, los especímenes compactados deberán tener una altura de 63.5 mm. ( 2 1/2") con una tolerancia de 3.2 mm. (1/8") y en otro caso deberá repetirse el proceso.

A continuación se somete cada espécimen a la siguiente prueba:

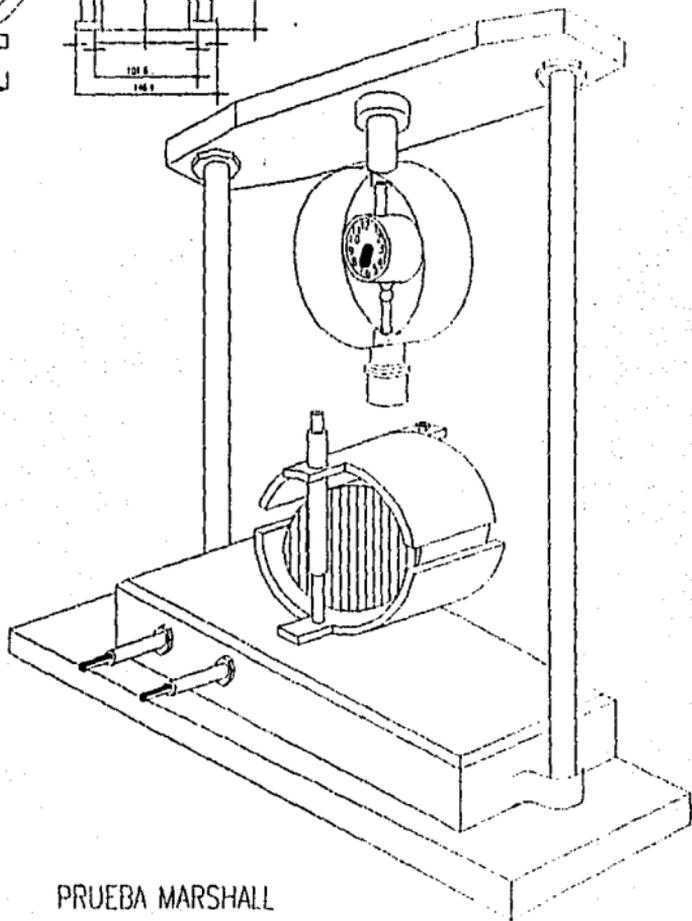
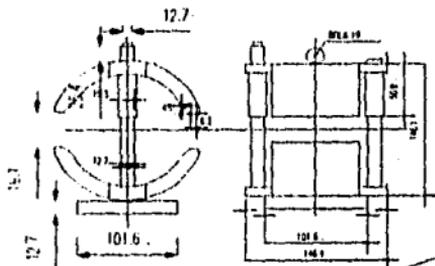
**a) Determinación del peso volumétrico:**

Este valor se obtiene como cociente del peso por el volumen del espécimen, normalmente el volumen se determina por diferencia entre el peso del espécimen en el aire y sumergida en agua, si la superficie del espécimen es poroso se recubre de parafina para evitar la absorción del agua introduciendo las correcciones necesarias para tener en cuenta el peso de la parafina.

**b) Estabilidad y flujo:**

Se mantiene la probeta en un baño de agua a 60°C entre 20 y 30 minutos, se seca la superficie y se coloca en la prensa entre dos mordazas metálicas, la probeta se sitúa con las generatrices en sentido horizontal de manera que la dirección de la presión es perpendicular a las generatrices.

El conjunto se dispone de tal manera que son posible medir la fuerza aplicada al funcionamiento la prensa de manera que la deformación o razón de 50.8 mm. por minuto hasta que se produzca la ruptura del espécimen, la máxima carga marcada por el indicador de fuerza aplicada se define como estabilidad Marshall de la muestra, la deformación que se lee en el momento de la rotura expresada en centésimas de pulgadas se define como fluencia de la muestra.



PRUEBA MARSHALL

FALLA DE ORIGEN

## "REVENIMIENTO"

Esta prueba consiste en ver la manejabilidad del concreto y al cual varia en función del agua.

Se mezcla la muestra que servirá para la prueba con el cucharón se coloca el molde sobre una superficie plana rígida y no absorbente sujetándola con los pies, mediante el cucharón se vierte, concreto fresco en el interior del molde hasta ocupar una tercera parte de su volumen, en seguida se pica 25 veces en toda la superficie. el cono deberá llenarse en 3 capas las cuales se pican 25 veces cada una solo que al golpear la muestra con la varilla solamente debe penetrar la capa que se coloca con anterioridad, terminado el llenado se enrasa con la misma varilla y se retira toda la muestra que haya caído al exterior, a continuación se retira el molde en posición vertical y continua, en seguida se procede a colocar el molde a un lado de la muestra y mediante la varilla y la regla graduada se toma la diferencia de altura si la superficie del concreto es muy irregular deberán tomarse tres lecturas sobre su diámetro y promediar.

## "FLUIDEZ"

Esta prueba consiste en conocer la dificultad o facilidad que presenta una mezcla de concreto al deslizamiento sobre una superficie, originada por movimientos iguales y consecutivos, los cuales obligan al concreto a extenderse. El aumento de la superficie final de la mezcla y expresado como % con relación a la superficie de la base inferior del molde que ocupa se le llama fluidez.

Se uniformiza la muestra que servirá para la prueba, se centra cuidadosamente el molde cónico sobre el plato de la mesa de fluidez, se llena la primera mitad del molde, haciendo girar suavemente la mesa mientras se vierte el concreto para evitar segregación y que se deposite uniformemente, se golpea con la varilla 25 veces el concreto depositado en el molde, se llena la segunda mitad y se repite los mismos pasos que la anterior, se limpia la superficie del disco alrededor del molde, se quita el molde, con altura de caída de 1/2" (12.7 mm.), se golpea uniformemente el disco en 15 segundos. En

seguida se miden seis diámetros sobre la superficie del concreto después del trabajado.

Se calcula el porcentaje de fluidez:

$$\text{Porcentaje de fluidez} = ( d / D * 100 ) - 100$$

Donde:

d = Promedio en mm. de 6 diámetros sobre la superficie del concreto después de la prueba.

D = Diámetro original en milímetros de la base inferior del molde cónico.

## **RESISTENCIA A LA COMPRESION**

La resistencia a la compresión directa de un concreto es un índice de su calidad generalmente cuando se parte de concretos frescos el molde es cilíndrico, el efecto de la edad sobre la resistencia de un concreto aproximadamente la relación entre la resistencia de proyecto y la edad de 7 días es de 55% a los 14 días de 75% y a los 28 días del 100% de su resistencia.

Se coloca en una charola la muestra representativa del concreto recién mezclado, se uniformiza mediante el cucharón. Se coloca el molde sobre su base previamente engrasado y en sitio donde no se produzcan vibraciones y pueda permanecer sin ser movido durante 24 horas, se vierte el concreto en el molde el cual se llenará en tres capas, cada capa se golpeará con una varilla 25 veces en toda la superficie cuidando que al golpear la segunda o tercer capa, no penetre la capa inferior al terminar se enrasa al borde del molde aislando la superficie, el molde debe permanecer 24 horas inmóvil.

A continuación se les quita el molde después de 24 horas, teniendo cuidado de no dañar el espécimen evitando golpearlo, una vez quitado el molde se marca en una de sus bases y en la superficie con la identificación correspondiente, el espécimen se protegerá de la pérdida de humedad colocándola en el cuarto de curado a una temperatura comprendida entre 21 y 25°C humedad relativa del 100%, inmersión de agua o enterrándolo en arena la cual estará perfectamente húmeda.

Al ser tomados los cilindros del sitio de curado se secan y se limpian, se coloca una capa de azufre en la parte inferior y superior del cilindro y quedará listo para ser colocado en la mesa de la máquina, la cual presenta una serie de círculos concéntricos para que el espécimen quede bien centrado.

En la máquina de compresión hay que cerciorarse de que la aguja marque cero sobre la carátula, se hace funcionar la máquina de modo que el cilindro de prueba se aproxime lentamente a la cabeza de carga hasta que encuentre apoyo completo, sin ocasionar choque.

Se va aplicando la carga uniformemente a razón de  $141 \text{ kg./cm}^2/\text{min}$ . hasta la falla del espécimen.

La carga total necesaria para ocasionar la falla del cilindro de prueba debe ser registrada y expresarse como resistencia unitaria en  $\text{kg./cm}^2$ .

Al cálculo de la resistencia es como se indica.

Resistencia unitaria  $f'c \text{ ( kg. / cm}^2 \text{ )} = P / S$

Donde:

P = Carga total registrada en kg.

S = Sección promedio del espécimen en prueba en  $\text{cm}^2$ .

## **DETERMINACION DE LA RESISTENCIA MEDIANTE EL ESCLEROMETRO.**

Uno de los aparatos que ha tenido mayor aceptación práctica es el llamado esclerómetro o martillo de rebote, esta prueba solo debe usarse como un método comparativo y como apoyo a pruebas como extracción de corazones, este no se debe emplear como una alternativa para la determinación de la resistencia del concreto dentro de sus limitaciones es confiable para la evaluación comparativa de las resistencias.

Se debe evitar muestrear zonas que presentan huecos o áreas porosas para el desarrollo de ésta prueba, se tiene que cerciorar que la superficie esté limpia y sea uniforme, si el concreto que se va a probar no forma parte de la masa firme, tiene que sostenerse de modo que no ceda al impacto pues si se mueve durante la prueba el número de rebote registrado será menor de lo debido.

Se coloca el esclerómetro en forma perpendicular a la superficie que se va a probar y se ejerce una ligera presión sobre este, quedando libre el émbolo se deja que este alcance su máxima extensión eliminando la presión sobre el martillo una vez hecho esto se vuelve a aplicar presión sobre el martillo, cuidando siempre que se conserve la perpendicularidad y que la presión sea uniforme hasta que la masa interna del martillo golpee la superficie del concreto.

El botón disparador no debe ser oprimido en ninguna circunstancia mientras se hace lo anterior sino hasta que la masa haya golpeado la superficie este botón, fija al indicador en la escala integrada al esclerómetro facilitando así la toma de lecturas.

Se deben de tomar 16 lecturas por cada superficie de prueba.

Se deben de eliminar las lecturas que difieran del promedio de 16 lecturas en mas de 5 unidades y se determina el promedio final de las lecturas restantes, si mas de cuatro lecturas difieren en seis unidades del promedio se deben descartar todas las lecturas y habrá que repetir el ensayo.

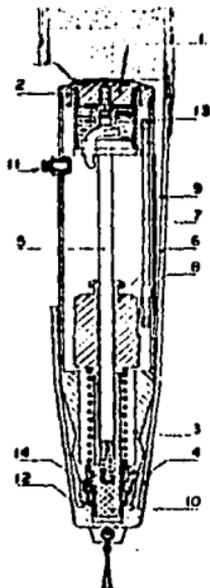
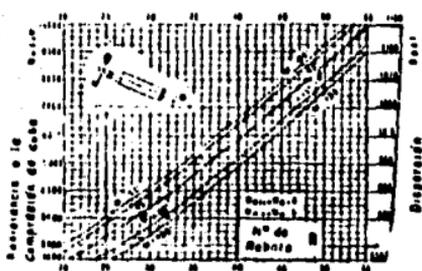


Gráfico r'c vs. Número de rebote

Esclerómetro.

- 1- Tapa posterior
- 2- Resorte
- 3- Resorte de percusión
- 4- Resorte de absorción del impacto
- 5- Barra guía
- 6- Martillo
- 7- Base del indicador
- 8- Indicador
- 9- Escala
- 10- Botón
- 11- Botón disparador
- 12- Tapa de embudo
- 13- Seguro
- 14- Engrase

FALLA DE ORIGEN

Las lecturas que van a ser comparadas deben corresponder a pruebas afectadas en la misma dirección de impacto: horizontal, vertical o inclinados con el mismo ángulo.

### **EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO**

Esta prueba consiste en obtener un cilindro con unas características como el espécimen debe tener un diámetro de preferencia tres veces el tamaño máximo del agregado y cuando menos dos veces el tamaño de 1 agregado debe obtenerse en superficies planas o con una tolerancia máxima de 5% de pendiente cuando se ha extraído el espécimen se debe cortar por lo menos en cada extremo 1 centímetro.

Se elige el lugar de la extracción del núcleo de concreto se coloca la base (5) en el piso y se atornilla el poste principal, se fija la mariposa (7) para ajustar el soporte del motor (2) con el riel de movimiento, se coloca la manivela de avance.

Se introduce el soporte del motor (2) en el riel del poste principal (6) y se fija con la mariposa de seguridad (7), se fijan los tornillos (15) de la base para evitar movimientos de la máquina al encender el motor, se nivela con los mismos tornillos (15), se atornilla el brocel con la llave de tuercas, se conectan las mangueras a una fuente de agua y se revisa que la presión sea la necesaria, se verifica que el interruptor este en apagado (OFF)..

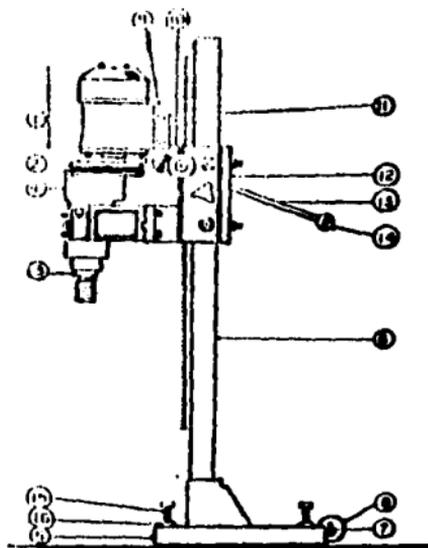
conecta el cable de corriente (13) a una fuente de energía, se mueve la manivela de avance hasta que la broca quede a un centímetro del sitio del corte, se enciende el motor y se verifica que no exista movimiento propio de la máquina.

Se debe de asegurar que al encender la máquina el agua fluya por la broca, se enciende el motor y se mueve despacio la manivela hasta tocar el plano del corte, se le imprime un poco mas de movimiento en la manivela para efectuar el corte del núcleo, considerando que debe efectuarse en forma lenta, para no dañar el núcleo que se va a extraer, se saca la broca sin apagar el motor, cuando se llega a una profundidad de 15 centímetros.

Se mueve el núcleo por varios lados de la ranura de corte, con la ménsula para extraer los cilindros, hasta que se rompe el extremo final del corte, se extrae el núcleo y se coloca en un lugar fresco hasta su transportación al laboratorio para cortes y ensayos ya en el laboratorio se verifican las siguientes propiedades:

Resistencia,

**Módulo de elasticidad,  
Peso volumétrico,  
Composición química.**



Extractora de núcleos de concreto

- 1- Motor
- 2- Soporte
- 3- Eje de taladro
- 4- Caja de engranaje
- 5- Base
- 6- Poste principal
- 7- Seguro de ruedas
- 8- Ruedas
- 9- Lapa del interruptor
- 10- Botón de seguridad
- 11- Manija
- 12- Pieza
- 13- Perno de arranque
- 14- Mango
- 15- Pernos fijos
- 16- Tornillos

# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

En México actualmente las carreteras en su forma, dimensiones y superficie son especialmente estudiadas para facilitar el desplazamiento de los vehículos y ser ; cómodas, seguras y económicas.

A lo largo de este trabajo se han tratado de describir las etapas y procedimientos que se deben seguir para la construcción de un pavimento.

Los principales factores que intervienen en el desarrollo de un pavimento son : el tránsito, el clima, y las características de los materiales. y del terreno donde se llevará acabo la construcción de una vía terrestre

Porque conociendo esas características se puede determinar el tipo de maquinaria y materiales más eficientes en las operaciones que se realizan en este tipo de obras, como lo son: el movimiento de tierras, los cortes y terraplenes, así como la selección de acuerdo a sus características y dimensiones de los materiales más adecuados para cada etapa que constituyen una vía terrestre, también se podría determinar el tratamiento a utilizar para el mejoramiento de la calidad de los materiales, en el supuesto caso de que no se encontrarán en esa zona los materiales con la calidad requerida.

Otro factor que se debe considerar es el estudio del drenaje de la obra, ya que como se sabe el agua es uno de los agentes que mayores problemas y consecuencias trae a las obras, la cual modifica e inclusive cambia el comportamiento de los materiales.

También se comentarán algunos tipos de fallas que se llegan a presentar en los pavimentos, y las diferentes alternativas para su posible solución, restauración o mantenimiento.

Como ya se mencionó en la construcción de una obra vial, se determinan las diversas características de los materiales a utilizar, bajo un estricto control de calidad, en el cual se observan los resultados de las pruebas, elaboradas rigurosamente utilizadas durante sus etapas de construcción,

Actualmente los ingenieros tienen un mejor conocimiento de la durabilidad del pavimento, y su comportamiento bajo las cargas del tráfico. Se hace un análisis respecto al tiempo y se dan varias alternativas de acuerdo al presupuesto destinado, las cuales son consideraciones necesarias y determinantes para la realización de la obra.

Ahora los pavimentos son construidos para el tipo de tránsito que va a circular y hasta para los requerimientos ambientales de cada sitio específico ya sea en valles, llanos, montañas o ciudades.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.- "Estructuración de vías terrestres"  
Fernando Olivera Bustamante.
- 2.- "Normas para construcción en carreteras"  
S. C. T. Libro 3.
- 3.- "Proyecto y construcción de carreteras"  
Georges Jeuffroy.
- 4.- "Firmes de carreteras y Autopistas"  
Erio Prandi.
- 5.- "Vías de comunicación"  
Carlos Crespo Villalaz.
- 6.- "Prácticas recomendables para la construcción de pavimentos"  
I. M. C. Y C.
- 7.- "Desmonte y movimiento de tierras"  
Manual para la educación agropecuaria.
- 8.- "Manual de pavimento"  
Jesús Moncayo V.
- 9.- "Mejoramiento y estabilización de suelos"  
Carlos Fernandel Loarza.
- 10.- "Firmes de carreteras y autopistas"  
Gonzalo Nava, Cerrado Farías
- 11.- "Caminos"  
Jesús Escario.  
Tomo 1..

- 12.- **"Materiales bituminosos en construcción de carreteras"**  
Manuel Velázquez Velázquez.  
Ministerio de obras públicas.
- 13.- **"Control de calidad del concreto"**  
I. M. C. Y C.
- 14.- **"Pruebas de campo y laboratorio"**  
Manual de diseño de obras civiles.  
C. F. E.
- 15.- **Tesis profesional :**  
**"Manual de pruebas de laboratorio de pavimentos"**  
Ing. Celia Martínez Rayón.  
ENEP Aragón. UNAM.