

24/158

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE INGENIERIA

DIFERENTES TIPOS DE CARPETAS ASFALTICAS EN PAVIMENTOS DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

ROQUE SANTIAGO MARQUEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## INDICE

| CAPITULO                         | PAGINA |
|----------------------------------|--------|
| I GENERALIDADES                  | 1      |
| II MATERIALES                    | 3      |
| III ESPECIFICACIONES             | 10     |
| IV EQUIPOS                       | 19     |
| V PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION | 26     |
| VI CONTROL DE CALIDAD            | 40     |
| VII COSTOS                       | 49     |
| VIII CONCLUSIONES                | 55     |

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

La carpeta asfáltica es la capa superior de la estructura que forma el pavimento flexible de una carretera o aeropista, cuya función es servir de superficie de rodamiento a los vehículos y transmitir a las capas inferiores las presiones que, sobre de ella; éstos ejercen.

Para que cumpla en forma satisfactoria su función, dicha carpeta deberá poseer la resistencia necesaria, para que las cargas que deba soportar, no provoquen en ella deformaciones perjudiciales. No deberá desintegrarse por los efectos del tránsito, así como del intemperismo. Tendrá que ser prácticamente impermeable y presentar una superficie uniforme de textura ligeramente áspera, que la haga antiderrapante.

Para satisfacer estos requisitos, es indispensable seleccionar correctamente los materiales pétricos y asfálticos que constituyen la carpeta, contar con un diseño apropiado de la misma, y emplear el procedimiento constructivo más adecuado. Todo ello en función del tipo y frecuencia del tránsito que deba soportar, de las condiciones climatológicas, y del presupuesto disponible para la obra.

Las carpetas asfálticas, de acuerdo con los materiales empleados y los procedimientos de construcción, se clasifican en:

- 1.- Carpetas asfálticas por el sistema de riegos:
  - a) Carpetas de un riego.
  - b) Carpetas de dos riegos.
  - c) Carpetas de tres riegos.
- 2.- Carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar.
- 3.- Carpetas de concreto asfáltico.

## CAPITULO II

### MATERIALES

Los materiales empleados en la construcción de carpetas asfálticas son principalmente: pétreos y asfálticos.

#### 1.- MATERIALES PETREOS.

Podemos clasificar a los materiales pétreos en los -- grupos siguientes:

- a) Materiales granulares naturales que no requieren - ninguna preparación previa de trituración o cribado, tales como las arenas.
- b) Materiales granulares naturales que requieren una trituración parcial o cribado, para eliminar las- partículas de tamaño mayor que el especificado, - tales como las gravas y arenas de río.
- c) Materiales naturales procedentes de la explota- ción de bancos de roca, que deberán triturarse y- clasificarse por medio de una operación de criba- do.
- d) Los materiales de los grupos anteriores, contami- nados con arcilla, requieren un tratamiento de la vado.

## BANCOS DE MATERIALES

En Ingeniería Civil se llama banco de material, a todo depósito natural de suelo, roca o agua que puede ser -- utilizado en la construcción de una estructura. La localización adecuada de estos depósitos, influye determinante-- mente en el costo y calidad de una obra. No todos los lugares son privilegiados en contar con buenos bancos, y algu-- nos ya se agotaron. Un aspecto económico muy importante, - es que el material no se tenga que acarrear de grandes distancias. Aquí es cuando conviene estudiar la posibilidad - de mejorar o estabilizar un material fuera de especifica-- ciones, pero cercano a la obra.

En las obras de pavimentación, importantes, la depen-- dencia que realiza el diseño, localiza y estudia los ban-- cos de materiales para la obra y anexa una lista completa-- de ellos.

En las grandes ciudades, los bancos de materiales se-- encuentran bien definidos.

## CLASIFICACION DE ROCAS.

Atendiendo a su origen geológico, las rocas se clasi-- fican en:

- 1) ROCAS IGNEAS. Son aquellas que han sido formadas-

por la solidificación del magma sobre (Extrusivas) o debajo (Intrusivas) de la superficie terrestre.

- 2) ROCAS SEDIMENTARIAS. Son rocas que han sido formadas por la consolidación de sedimentos. Pueden ser de tres distintos orígenes: mecánico, químico y orgánico.
- 3) ROCAS METAMORFICAS. Se han formado a expensas de las ígneas y sedimentarias, por transformaciones en su composición mineralógica y estructura, a causa de las grandes presiones, temperaturas elevadas de las capas profundas de la corteza terrestre y de las emanaciones volcánicas gaseosas.

### GRAVAS Y ARENAS

Podemos definir como grava, todo material granular de origen natural, mayor de 5 mm en su máxima dimensión y generalmente de aristas redondeadas. En la actualidad es muy usada la grava que se obtiene mediante la trituración de rocas, pudiendo obtener productos de un tamaño y características previamente establecidas. Por su parte las arenas se diferencian de las gravas por su tamaño menor, por lo general menor de 6 mm.

Generalmente las gravas se encuentran almacenadas en las curvas de los ríos, por lo que su explotación puede -

hacerse por medio de dragas o palas. Las gravas producto de rocas se obtienen mediante la explotación de bancos, de los cuales se extraen grandes porciones de rocas que posteriormente son reducidas de tamaño mediante una planta de trituración.

### PRODUCCION DE AGREGADOS.

La producción de agregados consiste en transformar el material en greña proveniente de la pedrera o de un banco de agregados naturales de tamaños diferentes, desde bloques grandes, hasta elementos finos e impurezas de arcilla y limo, en materiales limpios, clasificados en las categorías granulométricas requeridas. (Fig. 2.1).

Los materiales pétreos triturados, aunque lo hayan sido parcialmente, proporcionan carpetas con mayor estabilidad que las que se obtienen con materiales redondeados, debido a que la angulosidad de sus partículas proporcionan un mejor acunamiento entre ellas.

### 2.- MATERIALES ASFALTICOS.

#### ASFALTO

El asfalto se define como un material ligante sólido o semisólido, rápidamente adhesivo, muy permeable y dura-



FIG. 2.1 PRODUCCION DE AGREGADOS

ble, de color entre negro y marrón oscuro, que gradualmente se funde al calentarlo. Es además una substancia plástica e imparte flexibilidad controlable a las mezclas de agregados pétreos con las que se combina invariablemente.

El asfalto se obtiene por destilación natural o artificial. La destilación artificial se efectúa cuando el petróleo crudo es conducido a la refinería por un sistema de bombeo, para ser sometido a un proceso de destilación.

El asfalto refinado se produce en una variedad de tipos y calidades, que varían desde los sólidos duros y quebradizos, hasta líquidos casi tan fluidos como el agua.

La forma semisólida conocida como cemento asfáltico es el material básico, pues de él se parte para la obtención de los asfaltos rebajados y las emulsiones.

Los productos asfálticos empleados en la construcción de carpetas asfálticas son:

- 1.- CEMENTOS ASFALTICOS. Son los productos obtenidos por medio de la destilación del petróleo, al que se han eliminado sus solventes volátiles y parte de los aceites, cuya penetración normal varía entre 40 y 300 grados.
- 2.- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO. Son los productos asfálticos que se obtienen mediante la adición de gasolina o nafta a un cemento asfáltico.

- 3.- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO. Son los productos que se obtienen mediante la adición de kerosina a un cemento asfáltico.
- 4.- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO. Son los productos asfálticos compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente de baja volatilidad o aceite ligero.
- 5.- EMULSIONES ASFALTICAS. Son dispersiones estables de un cemento asfáltico en agua.

| CLASIFICACION DE ASFALTOS |                    |                   |                   |                          |
|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| CEMENTOS<br>ASFALTICOS    | ASFALTOS REBAJADOS |                   |                   | EMULSIONES<br>ASFALTICAS |
|                           | FRAGUADO<br>RAPIDO | FRAGUADO<br>MEDIO | FRAGUADO<br>LENTO |                          |
| No. 3                     | FR-0               | FM-0              | FL-0              | FRAGUADO<br>RAPIDO       |
| No. 6                     | FR-1               | FM-1              | FL-1              |                          |
| No. 7                     | FR-2               | FM-2              | FL-2              |                          |
| No. 8                     | FR-3               | FM-3              | FL-3              | FRAGUADO<br>LENTO        |
|                           | FR-4               | FM-4              | FL-4              |                          |

CAPITULO III

ESPECIFICACIONES

1.- ESPECIFICACIONES PARA LOS MATERIALES PETREOS.

ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES PETREOS-  
EMPLEADOS EN CARPETAS DE RIEGOS O PARA RIEGOS DE SELLO.

| DENOMINACION<br>DEL MATERIAL<br>PETREO | QUE PASE POR<br>MALLA DE | Y SE RETENGA<br>EN 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")             | No. 8                       |
| 3-B                                    | 6.3 mm(1/4")             | No. 8                       |
| 3-E                                    | 9.5 mm(3/8")             | No. 4                       |

Desgaste Los Angeles: 30% máximo.

Intemperismo acelerado: 12% máximo.

Partículas alargadas: 35% máximo.

**ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS  
PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN  
EN MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR**

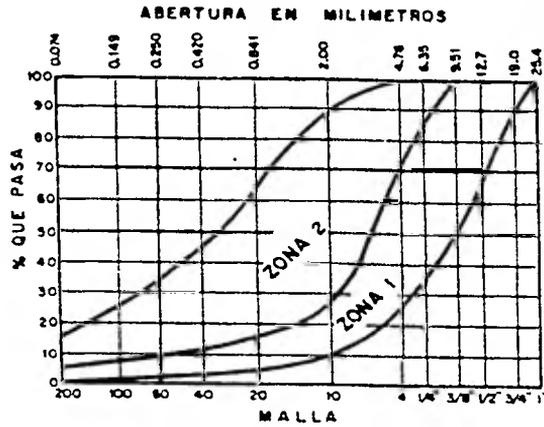


FIGURA NOM. 1

Desgaste Los Angeles: 40 % máximo

Partículas alargadas: 35 % máximo

% de compactación: 95 % mínimo

Permeabilidad: Menor de 10 %

ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA  
PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN  
EN CONCRETOS ASFALTICOS

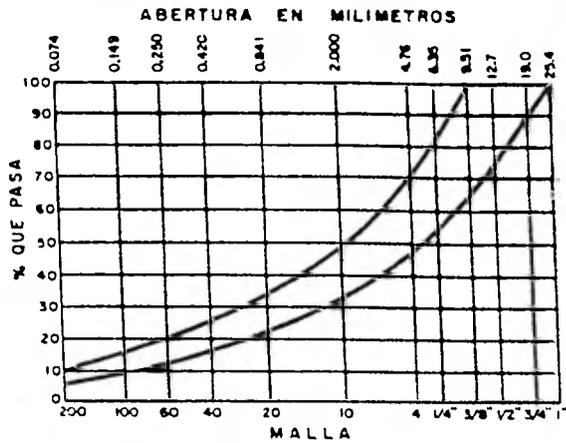


FIGURA NÓM. 2

**ESPECIFICACIONES PARA MEZCLA DE CONCRETO ASFALTICO**

| Valor de   | Hasta 2 000<br>vehículos pesados | Más de 2 000<br>vehículos pesados |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|
| Estabilidad Marshall   | 450 kg mín                       | 700 kg mín                        |
| Flujo en mm  | 2.0 a 4.5                        | 2 a 4                             |
| *Vacíos en la mezcla<br>respecto al volumen<br>del espécimen %                   | 3 a 5                            | 3 a 5                             |
| Vacíos en el agregado<br>(VAM) respecto al<br>volumen del espécimen<br>de mezcla | Tamaño máx %                     | Tamaño %                          |
|  | Núm. 4 18                        | Núm. 4 18                         |
|  | 1/4" 17                          | 1/4" 17                           |
|  | 3/8" 16                          | 3/8" 16                           |
|  | 1/2" 15                          | 1/2" 15                           |
|  | 3/4" 14                          | 3/4" 14                           |
| 1" 13  | 1" 13                            |                                   |
| % de compactación  | 95 mínimo                        |                                   |
| Permeabilidad  | Menor de 10%                     |                                   |

## 2.- ESPECIFICACIONES PARA LOS PRODUCTOS ASFALTICOS

| CONCEPTO  | GRADO DEL CEMENTO ASFALTICO |                    |                    |                    |
|---|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|   | Núm. 3                      | Núm. 6             | Núm. 7             | Núm. 8             |
| Punto de ignición<br>(copa abierta de<br>Cleveland) | 220°C<br>Mínimo             | 230°C<br>Mínimo    | 240°C<br>Mínimo    | 260°C<br>Mínimo    |
| Penetración,<br>grados.                             | 180-200                     | 80-100             | 60-70              | 40-50              |
| Punto de Fusión.                                    | 37-43°C                     | 45-52°C            | 48-56°C            | 52-60°C            |
| Ductilidad  | 100 cms.<br>Mínimo          | 100 cms.<br>Mínimo | 100 cms.<br>Mínimo | 100 cms.<br>Mínimo |
| Solubilidad en te-<br>tracloruro de Car-<br>bono.   | 99.5%<br>Mínimo             | 99.5%<br>Mínimo    | 99.5%<br>Mínimo    | 99.5%<br>Mínimo    |
| Pérdida por calen-<br>tamiento.                     | 1%<br>Máximo                | 1%<br>Máximo       | 0.5%<br>Máximo     | 0.5%<br>Máximo     |

| PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL.  | GRADO DEL PRODUCTO         |                            |                            |                            |                           |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|   | FR-0                       | FR-1                       | FR-2                       | FR-3                       | FR-4                      |
| Punto de ignición (copa abierta de Cleveland).  |                            |                            | 35°C                       | 35°C                       | 35°C                      |
| Viscosidad Saybolt Furol:<br>a 25°C seg.<br>a 50°C seg.<br>a 60°C seg.<br>a 82°C seg.   | 75-150<br>--<br>--<br>--   | --<br>75-150<br>--<br>--   | --<br>--<br>100-200<br>--  | --<br>--<br>250-500<br>--  | --<br>--<br>--<br>125-250 |
| Penetración del asfalto básico (grados).  | 80-100                     | 80-100                     | 80-100                     | 80-100                     | 80-100                    |
| Destilación: % del total destilado a 360°C.<br>Hasta 190°C más de<br>Hasta 225°C más de<br>Hasta 260°C más de<br>Hasta 315°C más de<br>Residuo de la destilación a 360°C (% del volumen por diferencia, mínima. | 15<br>55<br>75<br>90<br>50 | 10<br>50<br>70<br>88<br>60 | --<br>40<br>65<br>87<br>67 | --<br>25<br>55<br>83<br>73 | --<br>8<br>40<br>80<br>78 |
| PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION   |                            |                            |                            |                            |                           |
| Penetración, grados   | 80-120                     | 80-120                     | 80-120                     | 80-120                     | 80-120                    |
| Ductilidad en cms. (mínimo)   | 100                        | 100                        | 100                        | 100                        | 100                       |
| Solubilidad en tetracloruro de Carbono, % mínimo.   | 99.5                       | 99.5                       | 99.5                       | 99.5                       | 99.5                      |

| CONCEPTO   | GRADO DEL PRODUCTO |         |         |         |         |
|--|--------------------|---------|---------|---------|---------|
|  | FM-0               | FM-1    | FM-2    | FM-3    | FM-4    |
| PRUEBAS EN EL PROD. ORIGINAL   |                    |         |         |         |         |
| Punto de ignición mínima. (Copa abierta Cleveland)                   | 38°C               | 38°C    | 66°C    | 66°C    | 66°C    |
| Viscosidad Saybolt Furol:  |                    |         |         |         |         |
| a 25°C   | 75-150             | --      | --      | --      | --      |
| a 50°C   | --                 | 75-150  | --      | --      | --      |
| a 60°C   | --                 | --      | 100-200 | 250-500 | --      |
| a 87°C   | --                 | --      | --      | --      | 125-250 |
| Penetración del asfalto básico (grados).                             | 80-100             | 80-100  | 80-100  | 80-100  | 80-100  |
| Destilación: % del total destilado a 360°C                           |                    |         |         |         |         |
| Hasta 225°C  | 25 máx.            | 20 máx. | 10 máx. | 5 máx.  | 0       |
| Hasta 260°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 (% del volumen por diferencia mín. | 50                 | 60      | 67      | 73      | 78      |
| Penetración (grados).  | 120-300            | 120-300 | 120-300 | 120-300 | 120-300 |
| Ductilidad en cm mín.  | 100                | 100     | 100     | 100     | 100     |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono % mín.                        | 99.5               | 99.5    | 99.5    | 99.5    | 99.5    |

| CONCEPTO   | GRADO DEL PRODUCTO |         |         |         |         |
|--|--------------------|---------|---------|---------|---------|
|  | FLO                | FL-1    | FL-2    | FL-3    | FL-4    |
| PRUEBAS EN EL RESIDUO ORIGINAL                             |                    |         |         |         |         |
| Punto de ignición min. (copa abierta de Cleveland).        | 66°C               | 66°C    | 80°C    | 90°C    | 107°C   |
| Viscosidad Saybolt Furol                                   |                    |         |         |         |         |
| a 25°C seg.  | 75-150             | ---     | ---     | ---     | ---     |
| a 50°C seg.  | ---                | 75-150  | ---     | ---     | ---     |
| a 60°C seg.  | ---                | ---     | 100-120 | 250-500 | ---     |
| a 82°C seg.  | ---                | ---     | ---     | ---     | 125-250 |
| Penetración del asfalto básico (grados).                   | 80-100             | 80-100  | 80-100  | 60-100  | 80-100  |
| Destilación: Destilado total a 360°C, % volumen            | 15-40              | 10-30   | 5-25    | 2-15    | 10 máx. |
| Flotación a 50°C seg.                                      | 15-100             | 20-100  | 25-100  | 50-125  | 60-150  |
| Contenido de asfalto de 100 grados de penetración (aprox.) | 40 mín.            | 50 mín. | 60 mín. | 70 mín. | 75 mín. |
| Ductilidad en cm (mínimo).                                 | 1 100              | 100     | 100     | 100     | 100     |
| Solubilidad en Tetracloruro de carbono, % mínimo           | 99.5               | 99.5    | 99.5    | 99.5    | 99.5    |

| PRUEBAS EN LA EMULSION  | TIPO DE EMULSION       |                        |
|---|------------------------|------------------------|
|   | Fraguado rápido        | Fraguado lento         |
| Viscosidad  | 100 máximo             | 100 máximo             |
| Residuo por destilación   | 57-58%                 | 58-60%                 |
| Aumentamiento en 5 días   | 3%                     | 3%                     |
| Demulsibilidad:<br>con 35 cc N/50 CaCl <sub>2</sub><br>con 50 cc N/10 CaCl <sub>2</sub> | 30% mínimo<br>- - -    | 1% mínimo              |
| Retenido en la malla 20   | 0.1% máximo            | 0.1% máximo            |
| Miscibilidad con cemento  | - - -                  | - - -                  |
| PRUEBAS EN EL RESIDUO DE DESTILACION  |                        |                        |
| Penetración del residuo Cenizas   | 100-200<br>0.5% máximo | 100-200<br>0.5% máximo |

GRADOS DE PENETRACION SUGERIDOS PARA EL CEMENTO ASFALTICO A USAR SEGUN DETERMINADOS USOS Y CLIMAS

| USOS  | CLIMA CALIENTE O CLIMA Templado | CLIMA FRIO                   |
|---|---------------------------------|------------------------------|
| <b>Aeropuertos:</b><br>Aeropistas<br>Calles de Rodaje                       | 60- 70<br>60- 70                | 120-150<br>85-100            |
| <b>Carreteras:</b><br>Tránsito pesado<br>Tránsito medio<br>Tránsito liviano | 60- 70<br>85-100<br>85-100      | 85-100<br>120-150<br>120-150 |
| <b>Calles:</b><br>Tránsito pesado<br>Tránsito medio<br>Tránsito liviano     | 60- 70<br>85-100<br>85-100      | 85-100<br>85-100<br>85-100   |
| <b>Estacionamientos:</b><br>Industriales<br>Comerciales                     | 60- 70<br>60- 70                | 60- 70<br>85-100             |
| <b>Recreativos:</b><br>Canchas de tenis<br>Campos de juego                  | 85-100<br>85-100                | 85-100<br>85-100             |

## CAPITULO IV EQUIPOS

### PLANTAS DE ASFALTO.

El funcionamiento de una planta de asfalto puede ser de tipo continuo o discontinuo. La diferencia, como su nombre lo indica, es que mientras en una la alimentación de la mezcladora es en forma continua, en la última la alimentación se hace por pesadas ("bachas").

Las plantas de tipo discontinuo son las más comunes en nuestro país. Pueden ser de diferentes capacidades, pero las más usuales son las de 2000 y 4000 libras por "bacha". (Fig. 4.1).

Las plantas de asfalto están compuestas de cinco partes fundamentales:

- 1.- Un calentador o secador del agregado pétreo.
- 2.- Cribas y tolvas para separar y almacenar los diversos tamaños del agregado caliente.
- 3.- Tanque para almacenar y calentar el asfalto.
- 4.- Dispositivos proporcionadores para pesar los componentes de la mezcla.
- 5.- Una mezcladora mecánica.

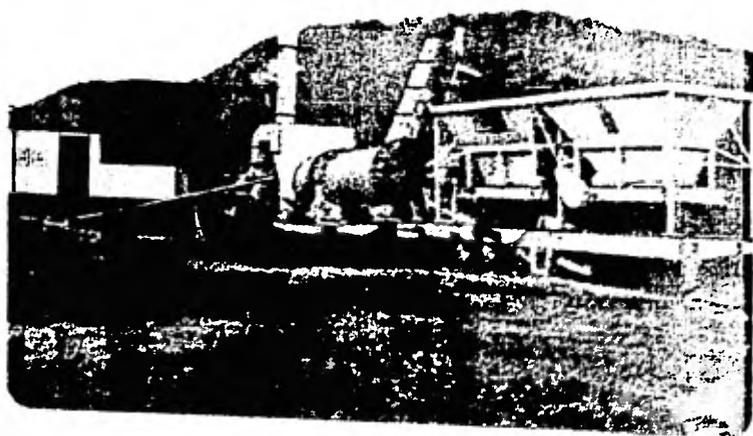


FIG. 1.1. PLANTA DE ASFALTO

## PETROLIZADORA.

La petrolizadora consiste básicamente de un camión, sobre el cual va montado un tanque de almacenamiento para el asfalto, y está provisto de un sistema de calentamiento, generalmente quemadores de aceite, que calienta directamente la tubería que pasa por todo el tanque. En la parte trasera del tanque, cuenta con una barra con un sistema de espréas de riego, a través de las cuales se aplica el asfalto a presión sobre la superficie del camino. Esta barra debe regar por lo menos tres metros de ancho. Se debe tener en el tanque un termómetro apropiado para comprobar en cualquier momento la temperatura del producto asfáltico que se está regando.

Se calcula la velocidad de la máquina en función del número de litros por segundo de asfalto que tiran las barras y de la dosificación para el riego. Esta velocidad se controla con el tacómetro, que es una pequeña rueda adicional que mide velocidades pequeñas con una gran precisión. La carátula del tacómetro se encuentra cerca del volante - visible al operador.

La petrolizadora debe ser capaz de regar el asfalto de una manera uniforme y dosificada. Para ello, el asfalto deberá regarse a una temperatura adecuada y la presión en las espréas debe ser uniforme. (Fig. 4.2).



FIG. 4.2. PETROLIZADORA

## PAVIMENTADORA

La pavimentadora consta de dos unidades principales: la unidad tractiva y la unidad extendedora.

La unidad tractiva va montada sobre orugas o sobre neumáticos. Esta unidad incluye: la tolva receptora de la mezcla asfáltica, el motor, dos centros de control, los tornillos esparcidores y el asiento del operador.

La unidad extendedora es remolcada por la unidad tractiva y consiste de: la placa maestra, barra compactadora, controles para varias el espesor de tendido y los calentadores de la placa maestra.

La función de la pavimentadora es tender uniformemente la mezcla asfáltica, dejando una superficie terminada, lista para ser sometida a la compactación final.

## EQUIPO DE COMPACTACION

### APLANADORAS DE RODILLOS METALICOS LISOS.

Las aplanadoras de este tipo se dividen en dos tipos: aplanadoras de tres ruedas y aplanadoras tándem. Los dos tipos se fabrican en pesos variados. Las aplanadoras o planchas de tres ruedas se fabrican con rodillos huecos que pueden ser lastrados.

Normalmente la plancha de tres ruedas es usada en la compactación de sub-bases y bases de pavimentos debido a -

la mayor presión que ejercen las ruedas traseras. Estas --ruedas están colocadas con su borde interno alineado con -- el borde externo del rodillo delantero, de manera que pa--san por las orillas de las huellas dejadas por el rodillo--delantero. Las ruedas traseras son las motrices y el rodi--llo delantero es direccional.

El rodillo de tres ruedas tiene la ventaja de que cu--bre por completo el área por donde pasen los rodillos mo--trices. Estas aplanadoras se fabrican comúnmente en tama--ños de 5 a 12 toneladas.

Las aplanadoras tandem deben su nombre a la disposi--ción de los rodillos en línea o en tándem. Pueden tener --dos o tres rodillos, y se fabrican en diversos tamaños, an--chos y diámetros de rodillos con pesos que varían de 3 a --14 toneladas. Las aplanadoras tandem se emplean generalmen--te para compactar mezclas asfálticas.

#### RODILLOS VIBRATORIOS

Entre los rodillos vibratorios se tienen varias cla--ses de ellos. Los hay con ruedas metálicas o con llantas --neumáticas y, además, los hay con autopropulsión o de re--molque. El rodillo vibra a frecuencia relativamente baja --mediante la acción de un motor independiente. Este tipo de equipo produce una compactación muy buena en materiales --arenosos. (Fig. 4.3).

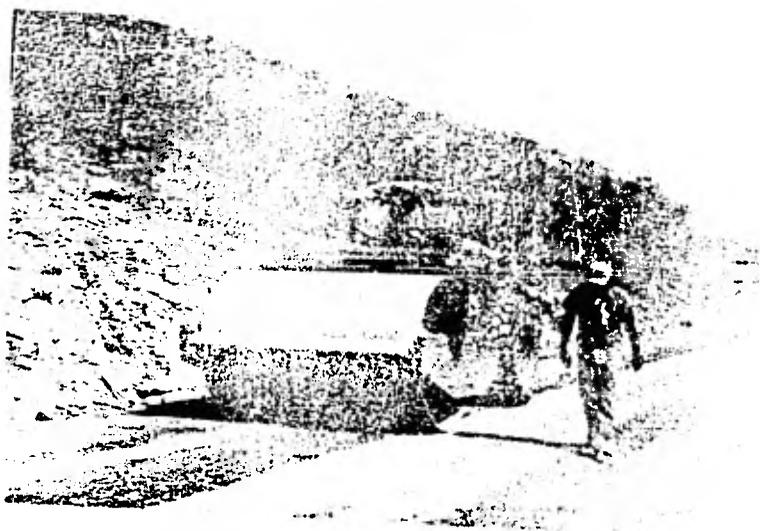


FIG. 4.5. RODILLO VIBRATORIO MULTICAPAS

## CAPITULO V

### PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

#### RIEGO DE IMPREGNACION.

Antes de proceder a la construcción de una carpeta - asfáltica, sobre la base debidamente compactada y seca, se aplica un riego de impregnación, por medio de una petroli-zadora, de un asfalto rebajado de fraguado medio (general-mente se utiliza asfalto FM-1), con el objeto de impermea-bilizarla y/o estabilizarla, para permitir la adherencia - entre ella y la carpeta asfáltica.

El riego de impregnación deberá aplicarse, de prefe-rencia, en las horas más calurosas del día, para facilitar la penetración inicial. Por ningún motivo deberá impregnar se a una base cuando se encuentre mojada.

La superficie impregnada deberá cerrarse al tránsito cuando menos 24 horas después de aplicado el riego. Cuando por causas de fuerza mayor esto no pueda lograrse, ésta se cubrirá con arena.

## 1.- CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS.

Son las carpetas que se construyen mediante la aplicación de riegos de productos asfálticos (generalmente se usa asfalto FR-3), cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos de diferentes tamaños, triturados y/o cribados.

Inmediatamente después de la aplicación del material asfáltico, se extiende el material pétreo por medio de un esparcidor mecánico que se adapta en la parte trasera de un camión de volteo, con el fin de aprovechar la fluidez del asfalto y obtener la adherencia de la máxima cantidad de agregados.

Tan pronto como se han extendido los agregados sobre el material asfáltico, para tener una mejor distribución del mismo, se le pasará una rastra ligera con cepillos de fibra o de raíz, dejando así la superficie exenta de ondulaciones, bordos y depresiones. Seguidamente se apisona toda la superficie con un rodillo liso ligero.

Transcurrido un tiempo no menor de tres días, se recolectará mediante barrido y se removerá el material pétreo excedente que no se adhiere al material asfáltico.

### CARPETAS DE UN RIEGO.

Para la construcción de carpetas de un riego, en tér

minos generales se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

- 1) Se barrerá la base impregnada.
- 2) Sobre la base superficialmente seca, se dará un riego de material asfáltico.
- 3) Se cubrirá el riego de material asfáltico con una capa de material pétreo 3-A o 3-E.
- 4) Se rastreará y planchará el material pétreo.
- 5) Transcurrido un tiempo no menor de tres días, se recolectará mediante barrido y se moverá el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico.

#### CARPETAS DE DOS RIEGOS

En este tipo de carpetas, se procederá con las etapas siguientes:

- 1) Barrer la base impregnada.
- 2) Riego de material asfáltico.
- 3) Tendido de material pétreo No. 2
- 4) Rastreo y planchado.
- 5) Riego de material asfáltico
- 6) Tendido de material pétreo 3-B.
- 7) Rastreo y planchado.
- 8) Remoción de material excedente.

## CARPETAS DE TRES RIEGOS

Las operaciones a ejecutar son las siguientes:

- 1) Barrer la base impregnada.
- 2) Riego de material asfáltico.
- 3) Tendido de material pétreo No. 1
- 4) Rastreo y planchado.
- 5) Riego de material asfáltico.
- 6) Material pétreo No. 2.
- 7) Rastreo y planchado.
- 8) Riego de material asfáltico.
- 9) Tendido de material pétreo 3-B.
- 10) Rastreo y planchado.
- 11) Remoción de material excedente.

## CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR.

La mezcla asfáltica en el lugar o en el camino se lleva a cabo revolviendo los agregados pétreos con el producto asfáltico mediante el uso de motoconformadoras o empleando mezcladoras ambulantes.

El mezclado con motoconformadora constituye uno de los métodos más antiguos de construcción de carpetas asfálticas. El procedimiento a seguir es el siguiente:

Los agregados se colocan sobre el camino en un came

llón aplanado, de espesor y anchura uniformes, y se riegan con material esfáltico por medio de una petrolizadora.

La cantidad necesaria de asfalto se reparte en varias aplicaciones iguales. Después de cada aplicación de asfalto, los materiales pétreos y éste se mezclan, removiendo los materiales con la motoconformadora sobre el camino o sobre la zona de mezclado, hasta que el asfalto se ha dispersado uniformemente. Se continúa aplicando asfalto y removiendo la mezcla hasta conseguir el contenido total de asfalto necesario en buen estado de dispersión. (Fig. 5.1)

Los materiales esfálticos más adecuados para el mezclado con motoconformadora son los asfaltos rebajados de fraguado rápido tipo FR-2 y FR-3, y la emulsión esfáltica tipo RM-2. Cuando se emplea emulsión esfáltica es necesario añadir agua a la mezcla para obtener la dispersión y envoltura adecuadas.

El tendido de la mezcla en el lugar generalmente se realiza con la misma motoconformadora. Como este tendido es muy preciso, la máquina debe estar en buenas condiciones y el operador debe ser altamente calificado.

La compactación de estas mezclas se realiza inmediatamente después del tendido y se pueden usar planchas tandem o rodillos vibratorios autopropulsados. Pos:



FIG. 5.1 MEZCLA EN EL LUGAR CON MOTOCONFORMADORA

teriormente se dan unas pasadas con rodillo neumático con el objeto de "cerrar" la carpeta, es decir, darle una textura fina y disminuir la permeabilidad de la carpeta.

Para mezclar los materiales pétreos y el material -- asfáltico se suelen emplear también plantas móviles de diversos tipos. El más común es la mezcladora mecánica, que recoge los agregados de un camellón y los hace pasar a través de un mezclador de tipo continuo. El material asfáltico se mezcla con los agregados en proporciones determinadas cuando éstos entran en la cámara de mezcla.

### 3.- CARPETAS DE CONCETO ASFALTICO.

Estas carpetas se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una -- planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos (Concreto asfáltico).

El agregado pétreo para la elaboración de la mezcla es secado y calentado en la planta antes de entrar en la mezcladora. Después de calentado, el agregado se cribará en los tamaños especificados, que se depositarán en compartimientos, listos para ser mezclados con el cemento asfáltico.

Una vez calentados y separados los diversos tamaños de agregados, se procederá a pesarlos exactamente, proporcionando sus cantidades de manera que la mezcla resultante

se ajuste a la granulometría especificada. El material pétreo dosificado se introduce en la mezcladora y a continuación se añade el cemento asfáltico para proceder al mezclado. El cemento asfáltico se calienta en tanques apropiados que produzcan un calentamiento uniforme. La cantidad de cemento asfáltico la fija el laboratorio. La temperatura de material pétreo deberá estar comprendida entre 120 y 160 grados en el momento de agregarle el cemento asfáltico. Este no deberá calentarse a más de 177 grados. La temperatura de la mezcla deberá estar comprendida entre 120 y 150 grados, al salir de la planta de elaboración.

El transporte de la mezcla se hará en camiones de volteo que deberán ser limpiados cuidadosamente para evitar que la mezcla se adhiera, y se cubrirá con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto. (Fig. 5.2).

El concreto asfáltico es volcado en la tolva receptora de la extendedora desde el camión, la cual lo distribuye uniformemente y le da el espesor especificado, el cual se controla por medio de los tornillos niveladores. Esta operación se efectúa manualmente, para lo cual se requiere personal con cierta habilidad para este tipo de trabajo. Algunas extendedoras tienen como equipo complementario un controlador de niveles que es accionado por medio de impulsos

..../

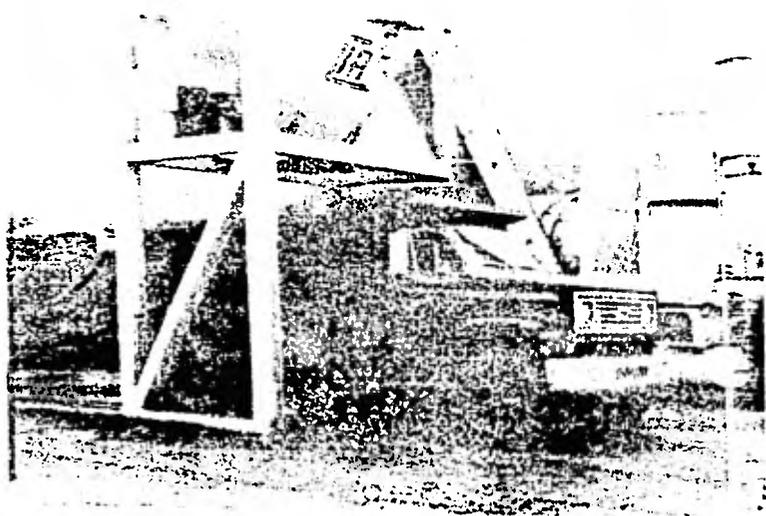


FIG. 5.2. TRANSPORTE DE LA MEZCLA

Eléctricos. Con este procedimiento se evita la necesidad de los "tornilleros", los que si no tienen la habilidad necesaria, es difícil que dejen un tendido satisfactorio. (Fig. 5.3)



FIG. 5.3. TENDIDO DE LA MEZCLA

La compactación de la mezcla asfáltica puede dividirse en dos etapas: Compactación primaria y acabado final.

La compactación primaria se ejecutará con aplanadoras tandem de 10 a 12 toneladas. Se recomienda que la compactación se inicia a una temperatura alrededor de  $100^{\circ}\text{C}$  con el objeto de no provocar corrimiento de la mezcla. Generalmente -- son suficientes dos o tres pasadas de la aplanadora, siendo muy importante que ésta no haga cambios de dirección ni se estacione sobre la mezcla.

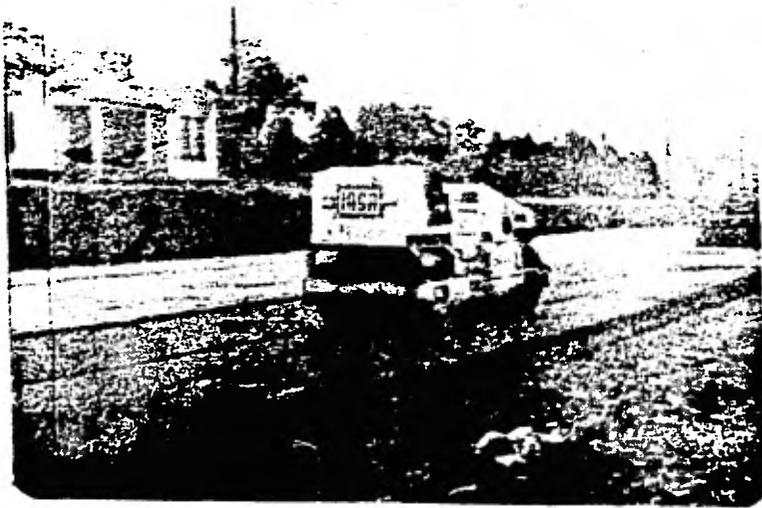


FIG. 5.4. COMPACTACION INICIAL

*Inmediatamente después de terminar su labor la aplastadora, se continúa la compactación con un compactador neumático autopropulsado, que proporciona una compactación -- uniforme, ya que tiene la tendencia de "cerrar" la superficie y, por lo tanto, contribuye a la impermeabilidad de la carpeta. Se recomienda que esta compactación se termine -- cuando la mezcla tenga una temperatura mínima de 70°C (Fig. 5.5).*



FIG. 5.5. COMPACTACION FINAL

Es conveniente que cuando la temperatura de la mezcla se encuentre aproximadamente a 50°C se le dé un acabado final con una aplanadora tipo tándem, con el objeto de borrar las huellas que hubieran quedado de la compactación anterior.

La temperatura a la cual se efectúa la compactación es básica para obtener una buena carpeta, ya que una compactación efectuada cuando la mezcla ha perdido su temperatura, no logra darle el acomodo y la densidad necesaria, lo que sería desperdiciar cualidades del concreto asfáltico.

El elaborar concreto asfáltico en planta, sea éste de tipo continuo o discontinuo, permite lograr una mezcla con características casi exactas a las previstas en el proyecto, por lo que es absolutamente necesario que las personas que intervienen tanto en el proyecto como en la elaboración, tendido y supervisión conozcan perfectamente el funcionamiento, posibilidades y limitaciones de la planta que se use.

La carpeta asfáltica elaborada en planta y con cemento asfáltico es la de mejor calidad y la más costosa por lo tanto, es indispensable que la elaboración, tendido y compactación se efectúa con el cuidado necesario, con el objeto de obtener la calidad de acuerdo a la inversión que se hace.

## RIEGO DE SELLO

Las carpetas asfálticas de mezcla en el lugar y de concreto asfáltico, deben recibir un riego de sello, que consiste en la aplicación de un material asfáltico que se cubre con una capa de material pétreo, con el objeto de impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Los riegos de sello pueden ser de dos clases: De tratamiento superficial y de mortero asfáltico (Slurry Seal).

Los riegos de sello por tratamiento superficial consisten en aplicar asfalto FR-2 ó FR-3 ó una emulsión asfáltica y cubrirlo con material pétreo No. 3-A ó 3-E.

Los riegos de sello con mortero asfáltico consisten en mezclar un agregado (arena), emulsión asfáltica, cemento Portlando cal y agua, haciendo un lodo asfáltico, el cual se coloca en frío sobre las carpetas.

## CAPITULO VI

### CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad de una carpeta asfáltica es básicamente un problema de muestreo y ensayo. Para ello, se deben obtener muestras representativas de los materiales empleados y ensayarlas en el laboratorio.

#### 1.- ENSAYOS EN LOS MATERIALES PETREOS.

##### GRANULOMETRIA.

Se define como la adecuada proporción de los tamaños de las partículas que forman el material con el fin de tener el mínimo de vacíos para lograr una mayor estabilidad, resistencia e impermeabilidad.

Para que esto pueda lograrse, se requiere una sucesión adecuada de tamaños que permite que los huecos dejados por las partículas mayores sean ocupados por partículas de menor tamaño y que a la vez, en los huecos que dejen éstas últimas se acomoden partículas más finas, y así sucesivamente.

La composición granulométrica es la determinación, por el procedimiento de cribado, de las partículas que --

forman el material. Consiste en separar las partículas -- del material tamizándolo a través de una sucesión de ma-- llas de abertura cuadrada y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, relacionándolas como por-- centaje del peso total de la muestra. Se acostumbra repre-- sentarla por medio de una gráfica que tenga por abscisa, -- a escala logarítmica, las aberturas de las mallas, y por ordenada, los porcentajes de material que pasa por dichas mallas, a escala aritmética.

Es pertinente dejar claro que la determinación de -- los tamaños de las partículas por el procedimiento de cri-- bado, nos dá una idea de éstos solamente en dos dimensio-- nes, por lo que un material cuyas partículas afectan la -- forma de lascas o de agujas, puede presentar una gran can-- tidad de vacíos, aún cuando su curva granulométrica indi-- que una sucesión adecuada de tamaños. En este caso, es in-- dispensable hacer las correcciones necesarias.

#### DESGASTE.

Esta prueba tiene por objeto conocer la calidad del-- material pétreo en cuanto a su resistencia al tráfico. Pa-- ra ello se emplea la máquina Los Angeles. La prueba se -- efectúa de la manera siguiente: La muestra a ensayar se la va para eliminar el polvo que tenga adherido y luego se -- seca. Después se criba a través de una serie de mallas pa--

ra conocer su graduación. Luego se emplea una cantidad de terminada de cada tamaño que juntamente con unas pequeñas esferas abrasivas de acero se colocan en la máquina y se hace girar a una velocidad constante un número determinado de revoluciones. A continuación se saca la muestra de la máquina y se criba a través de la malla No. 12, pesándose el material que pasa. Este peso expresado como porcentaje del peso original de la muestra, es el porcentaje de desgaste.

#### CONTRACCION LINEAL

La contracción lineal de los finos del material pétreo nos indica la presencia de mucha o poca actividad de la arcilla que contenga. Si la arcilla se presenta en forma de película delgada adherida al material pétreo, provoca una baja adherencia del asfalto con el agregado pétreo. Si la arcilla se encuentra en grumos o terrones serán puntos débiles y de falla de la carpeta en presencia del agua. La contracción lineal es la disminución en una dimensión de la mesa del suelo expresada como un porcentaje de la dimensión original cuando su contenido de humedad se reduce desde una cantidad igual a la humedad del límite líquido del material hasta el límite de contracción del mismo.

## INTEMPERISMO ACELERADO.

La prueba de intemperismo acelerado, al determinar la resistencia a la desintegración de los agregados pétreos causada por los esfuerzos desarrollados al formarse cristales de sulfato de sodio o de magnesio en los huecos o fisuras del agregado, es un índice del grado de alteración que puede alcanzar éste por la acción de los agentes atmosféricos. Deberá hacerse únicamente cuando se tenga duda acerca de la calidad del material.

## 2.- ENSAYOS EN LOS MATERIALES ASFALTICOS

### PUNTO DE IGNICION

El punto de ignición mínimo de un asfalto representa la temperatura crítica arriba de la cual deberán tomarse precauciones para evitar los peligros de incendio durante el calentamiento y manipulación del mismo. Para la ejecución de la prueba se emplea la copa abierta de Cleveland.

Se llena la copa hasta la marca interior con el producto asfáltico, previamente calentado hasta hacerlo fluído, para poderlo vaciar.

Con una llama se calienta la parte inferior de la copa de tal forma que la temperatura del asfalto suba en una

relación aproximada de  $1.5^{\circ}\text{C}$  por minuto. Se agita el asfalto con el termómetro a intervalos durante la prueba para uniformizar la temperatura. A intervalos de cada grado centígrado se pasa una pequeña flama horizontalmente por los bordes de la copa y se observa si se producen unas pequeñas chispas. Cuando esto suceda, se anota la temperatura que marca el termómetro que será la de ignición del producto.

### VISCOCIDAD

El objeto de la prueba de viscosidad es el de determinar el grado de fluidez de un asfalto líquido a determinada temperatura. La prueba se ejecuta mediante un viscosímetro Saybolt con orificio Furol.

Se coloca en un vaso 150 gramos aproximadamente del producto asfáltico y se calienta hasta una temperatura establecida, agitando durante el calentamiento hasta que la temperatura sea uniforme. Se vacía el producto en el tubo del viscosímetro hasta el nivel de derrame, se tapa y se mantiene durante 15 minutos hasta alcanzar la temperatura de prueba. Se abre el obturador y se empieza a contar el tiempo en segundos que tarda el producto en llenar el matraz de 60 cc pasando a través del tubo Furol. Este tiempo expresará la viscosidad del producto a la temperatura de prueba.

## PENETRACION

La prueba de penetración tiene por objeto el determinar el grado de dureza del residuo de la destilación de los asfaltos rebajados o la dureza del cemento asfáltico original. La prueba consiste en dejar caer una aguja de 100 gramos de peso durante 5 segundos sobre la muestra y a una temperatura de 25°C, midiendo en la carátula la distancia penetrada. Se hacen unas cuatro penetraciones, teniendo cuidado de limpiar bien la aguja después de cada penetración, y se toma el promedio de dichas penetraciones como el valor correcto. La penetración se expresa en décimas de milímetros que se denominan grados de penetración. (Fig. 6.1)

## DESTILACION

El objeto de la prueba de destilación es determinar la cantidad de disolvente que contiene el producto asfáltico y conocer sus características en lo referente a volatilización.

Se coloca en un matríz de destilación una cantidad determinada del producto asfáltico. Se calienta gradualmente para que los disolventes volátiles se desprendan, condensen y caigan en una probeta graduada. Se anotan los volúmenes destilados a temperaturas de 190, 225, 260, 315 y 360 grados centígrados. Al alcanzar la temperatura de

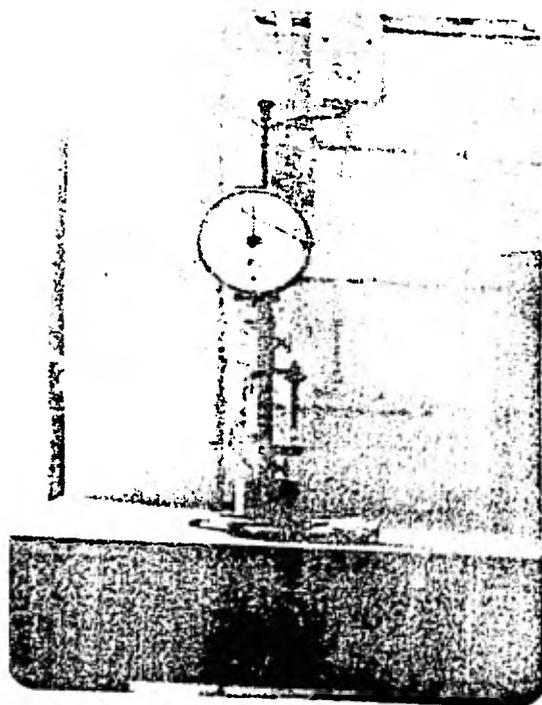


FIG. 6.1. EQUIPO PARA LA PRUEBA DE  
PENETRACION

360°C, se retira la fuente de calor, se desconecta el matríz de destilación del condensador e inmediatamente se vacía el residuo asfáltico en una cápsula metálica para efectuarle posteriormente la prueba de penetración.

Se calculan los porcentajes de destilado, dividiendo los volúmenes destilados a cada una de las temperaturas entre el volumen total destilado a 360°C y multiplicando por cien el resultado.

## ENSAYOS EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

### METODO DE MARSHALL

Este método está limitado al proyecto y control de mezclas asfálticas elaboradas en planta estacionaria, en caliente, empleando cemento asfáltico. Con la prueba de Marshall se determinan los valores de estabilidad y de flujo en especímenes cilíndricos, compactados axialmente con un sistema determinado y probados a 60°C. El valor de estabilidad se determina midiendo la carga necesaria para producir la falla del espécimen, aplicada en sentido normal a su eje. La deformación vertical producida en el espécimen por dicha carga será el valor de flujo. El valor de estabilidad expresa la resistencia estructural de la mezcla compactada y está afectado principalmente por el contenido de asfalto, la composición granulométrica y el

tipo de agregado. Principalmente el valor de estabilidad es un índice de la calidad del agregado. El valor de flujo representa la deformación requerida, en el sentido -- del diámetro del espécimen, para producir la fractura. - Este valor es una indicación de la tendencia de la mez-- cla para alcanzar una condición plástica, y consecuentemente de la resistencia que ofrecerá la carpeta asfáltica a deformarse bajo la acción de las cargas impuestas - por los vehículos.

## CAPITULO VII

### COSTOS

Existen varios factores que afectan el costo de una carpeta asfáltica. Estos factores incluyen el tamaño de la obra, las condiciones climatológicas, la habilidad para mantener los equipos en operación, la distancia de acarreo de los materiales empleados, etc. Cada uno de estos factores deberá analizarse para cada obrero en particular.

Para determinar el costo de los conceptos que intervienen en la construcción de la carpeta, se debe obtener el costo horario del equipo utilizado y el rendimiento del mismo.

Para determinar el costo horario se deben obtener:

- 1.- CARGOS FIJOS
  - a) Depreciación
  - b) Intereses
  - c) Seguros
  - d) Almacenaje
- 2.- CONSUMOS
- 3.- OPERACION
- 4.- TRANSPORTE

Sumando:

- 1.- Cargos fijos
- 2.- Consumos
- 3.- Operación
- 4.- Transporte

Obtenemos: COSTO HORARIO

Conociendo el costo horario del equipo y su rendimiento, podemos obtener el costo por  $m^3$ :  $\text{Costo}/m^3 = \text{Costo horario equipo}/\text{Rendimiento equipo}$ .

Ejemplo 1) Obtención del costo/km para una carpeta de --  
dos riegos.

1.- Extracción y carga del material pétreo. Utilizando una draga de 1 1/2 y d<sup>3</sup> Link-Belt.

COSTO HORARIO: \$ 1327.14/hr

Rendimiento: 20 m<sup>3</sup>/hr

$$\frac{1327.14/\text{hr}}{20 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$66.36 \text{ m}^3$$

2.- Acarreos locales: \$16.15/m<sup>3</sup>

3.- Carga en el almacenamiento: \$8.56/m<sup>3</sup>.

4.- Trituración parcial y cribado. Utilizando una planta de trituración.

Costo horario: \$1949.39/hr

Rendimiento: 10 m<sup>3</sup>/hr

$$\frac{\$1949.39/\text{hr}}{10 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$194.94/\text{m}^3$$

5.- Acarreo al tramo:  $\$19.15/\text{m}^3$

6.- Tendido. Equipo:

Esparcidor      $\$ 46.25/\text{hr}$

Camión volteo:  $\$314.24/\text{hr}$

$\$360.49/\text{hr}$

Rendimiento:  $10 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$\frac{\$360.49/\text{hr}}{10 \text{ m}^3/\text{hr}} = 36.00/\text{m}^3$$

7.- Planchado. Utilizando rodillo liso de 8 Ton.

Costo horario  $\$ 405.38/\text{hr}$

Rendimiento:  $10 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$\frac{\$405.38/\text{hr}}{10 \text{ m}^3} = 40.54/\text{m}^3$$

8.- Mano de obra:

1 cabo

$\$390.84/\text{turno}$

6 peones X  $\$237.62:$

$\$1425.62/\text{turno}$

$\$1816.46/\text{turno}$

Rendimiento:

$$\frac{10 \text{ m}^3/\text{turno} \times \$1816.46/\text{turno}}{10 \text{ m}^3/\text{turno}} = \$ 181.65/\text{m}^3$$

9.- Herramientas: 10% costo mano de obra  
 $0.10 \times \$ 181.65/\text{m}^3 = \$ 18.16/\text{m}^3$

SUMA:  $\$581.51/\text{m}^3$

Consumo material pétreo No. 2 :  $10 \text{ lts}/\text{m}^2$

Consumo material pétreo No. 3-B:  $8 \text{ lts}/\text{m}^2$

Suponiendo un ancho de carpeta de 7.0 m:

Consumo:  $0.18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 7000 \text{ m}^2 = 126 \text{ m}^3$

COSTO MATERIAL PETREO:

$\$581.51/\text{m}^3 \times 126 \text{ m}^3 = \underline{\$ 73,270.26}$

10.- Asfalto FR-3 Costo:  $\$4.30/\text{lt}$

Consumo:  $1.0 \text{ lt}/\text{m}^2 \times 7000 \text{ m}^2 \times 2 = 14000 \text{ lts}$

COSTO ASFALTO FR-3:

$14000 \text{ lts} \times \$4.30/\text{lt} = \underline{\$60,200.00}$

COSTO CARPETA DE DOS RIEGOS:  $\$ 133,470.26/\text{km}$

Ejemplo 2) Costo/Km carpeta de concreto asfáltico. Haciendo las mismas consideraciones del ejemplo anterior.

- 1.- Extracción y carga:  $\$66.36/m^3$
- 2.- Acarreos locales:  $\$16.15/m^3$
- 3.- Carga en el almacenamiento:  $\$8.56/m^3$
- 4.- Trituración parcial y cribado:  $\$194.94/m^3$
- 5.- Elaboración de la mezcla asfáltica. Utilizando una planta de asfalto TM-20.

Rendimiento:  $20 m^3/hr$

$$\frac{\$2700.00/hr}{20 m^3/hr} = \$135.00/m^3$$

- 6.- Acarréo al tramo:  $\$19.15/m^3$
- 7.- Tendido. Utilizando una esparcidora SA-35

Costo horario:  $\$1476.29$

Rendimiento:  $20 m^3/hr$

$$\frac{\$1476.29/hr}{20 m^3/hr} = \$ 73.81/m^3$$

- 8.- Compactación:

Aplanadora tándem 8-10 Ton:  $\$ 599.92/hr$

Compactador neumático :  $\$ 396.00/hr$

---

$\$ 995.92/hr$

Rendimiento: 20 m<sup>3</sup>/hr

$$\frac{\$ 995.92/\text{hr}}{20 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 49.80/\text{m}^3$$

9.- Mano de obra: \$181.65/m<sup>3</sup>

10.- Herramientas: \$18.16/m<sup>3</sup>

11.- Cemento asfáltico No. 6: \$5.25/kg

Considerando un peso volumétrico de material pétreo-  
de 2200 kg/m<sup>3</sup> y un porcentaje de 5.2% de cemento - -  
asfáltico:

$$2200 \text{ kg/m}^3 \times \$5.25/\text{kg} \times 0.052 = \$600.60/\text{m}^3$$

$$\text{SUMA: } \underline{\$ 1,348.99/\text{m}^3}$$

Consumo. Considerando un espesor de 5.0 cm y 7.0 m de ancho:

$$0.05 \text{ m} \times 7.0 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 350 \text{ m}^3$$

COSTO CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO:

$$\$ 1,348.99/\text{m}^3 \times 350 \text{ m}^3 = \underline{\$ 472,146.50/\text{km}}$$

## CAPITULO VIII

## CONCLUSIONES

La calidad de una carpeta asfáltica depende de una selección correcta de los materiales empleados y de un proceso constructivo apropiado. Estos materiales deberán cumplir con las especificaciones correspondientes. Para ello se requiere de un buen control de calidad tanto en campo como en el laboratorio.

Las carpetas de riego son sencillas de construir y con poco equipo, pero de poca calidad. Se usan para tránsito ligero.

Las carpetas asfálticas de mezcla en el lugar son de mejor calidad que las anteriores y para su construcción no se requiere de equipo especial ni costoso. Se usan para tránsito pesado.

Las carpetas de concreto asfáltico son las de mejor calidad, por lo tanto las más costosas. La construcción de este tipo de carpetas solo se justifica cuando el tránsito sea muy pesado e intenso.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION  
S.A.H.O.P. Partes IV Y VIII.
- 2.- VIAS DE COMUNICACION. Ing. Carlos Crespo Villalaz.
- 3.- MANUAL DE PAVIMENTOS. Ing. Jesús Moncayo V.
- 4.- PROCEDIMIENTOS ACTUALES EN LA ELABORACION TENDIDO  
Y COMPACTACION DE MEZCLAS ASFALTICAS  
Tesis Profesional. José Faustino Mendoza Aguilar.
- 5.- MOVIMIENTO DE TIERRAS. Apuntes. Facultad de Ingenier-  
ría. U.N.A.M.
- 6.- MATERIALES. Apuntes. Facultad de Ingeniería.  
U.N.A.M.