

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNAM**

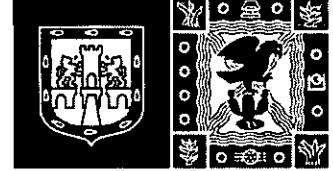
TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA.

Módulo II: Tendido de Carpeta Asfáltica

20 Hrs.

Duración total de los Módulos: 20 Horas.

**Periodo total de impartición de los Módulos:
Del 06 al 14 de Julio de 2006.**



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNAM**

TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA.

Módulo II: Tendido de Carpeta Asfáltica.

Duración del Módulo: 20 Horas.

1. QUE ES EL ASFALTO.
2. PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO DEL ASFALTO.
3. TIPOS Y APLICACIONES DE LOS ASFALTOS.
4. CONVENIENCIA DE LOS DIVERSOS TIPOS DE ASFALTOS.
5. CARPETAS ASFÁLTICAS.
6. TIPOS DE DETERIORO Y SUS CAUSAS.
7. TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE CARPETAS ASFÁLTICAS.
8. REQUISITOS DE CALIDAD Y PRUEBAS DE LABORATORIO.

**Periodo total de impartición del Módulo:
Del 06 al 14 de Julio de 2006.**

**Nombre de los Capacitadores:
Ing. Gabriel Gutiérrez Rocha
Ing. Julián Bravo Martínez**

ÍNDICE

OBJETIVO GENERAL	2
INTRODUCCIÓN	2
1. QUÉ ES EL ASFALTO	3
1.1 CARACTERÍSTICAS Y PROCESO DE DESTILACIÓN DE ASFALTOS.	4
2. PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO DEL ASFALTO	10
2.1 COMPONENTES DEL ASFALTO	10
2.2 REACCIÓN QUÍMICA.....	14
2.3 CONCEPTO MECÁNICO.....	14
2.4 ENERGÍA DE SUPERFICIE.....	14
2.5 PROPIEDADES DE INTERÉS.....	16
3. TIPOS Y APLICACIONES DE LOS ASFALTOS.....	19
3.1 CEMENTOS ASFÁLTICOS.	22
3.2 ASFALTOS REBAJADOS.....	23
3.3 EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	26
4. CONVENIENCIA DE LOS DIVERSOS TIPOS DE ASFALTOS.	47
4.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CEMENTOS ASFÁLTICOS	47
4.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ASFALTOS REBAJADOS	47
4.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE EMULSIONES ASFÁLTICAS	48
5. CARPETAS ASFÁLTICAS.....	49
6. TIPOS DE DETERIORO Y SUS CAUSAS.....	65
DESPRENDIMIENTOS	65
DEFORMACIONES	69
ROTURAS.....	72
VARIOS.....	75
7. TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE CARPETAS ASFÁLTICAS.	80
7.1 ELABORACIÓN DE MEZCLAS EN FRÍO.....	114
7.2 ELABORACIÓN DE MEZCLAS EN CALIENTE	117
7.3 TENDIDO Y COMPACTACIÓN	144
7.4 CONTROL DE CALIDAD EN LA APLICACIÓN.	193
8. REQUISITOS DE CALIDAD Y PRUEBAS DE LABORATORIO.....	198
BIBLIOGRAFÍA	220



O.P.A.: DELEGACIÓN IZTAPALAPA

PRESTADOR DE SERVICIOS DE CAPACITACIÓN:

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA – FACULTAD DE INGENIERÍA - UNAM

NOMBRE DEL CURSO: CARPETAS ASFÁLTICAS

NO. MÓDULO: 1 NO. HORAS: 20 HRS.

NOMBRE DEL CAPACITADOR: ING. GABRIEL GUTIERREZ ROCHA ; ING. JULIÁN L. BRAVO MARTÍNEZ

PERIODO DEL: 06 AL: 14 DE JULIO DEL 2006. HORARIO: 09:00 A 12:00 DÍA (S): 7

OBJETIVO ESPECÍFICO DEL MÓDULO: AL TÉRMINO DEL CURSO, EL PARTICIPANTE RECONOCERÁ PARA SU APLICACIÓN LAS CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE ASFALTOS MÁS COMUNES EN LA FAVIMENTACIÓN; COMPROBARÁ LA IMPORTANCIA DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS EN EL ASFALTADO DE CALLES Y AVENIDAS; LAS TÉCNICAS MÁS ADECUADAS PARA LA APLICACIÓN DEL ASFALTO EN EL MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS; LOS TIPOS Y CAUSAS MÁS COMUNES DE LOS DETERIOROS QUE SE PRESENTAN EN LAS CARPETAS ASFÁLTICAS Y LOS REQUISITOS DE CALIDAD Y PRUEBAS DE LABORATORIO PARA SU CONTROL Y ACEPTACIÓN.

CONTENIDO PROGRAMÁTICO	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	TÉCNICA	TIEMPO	PRODUCTOS PARA EVALUACIÓN FORMATIVA
Módulo II. 1) <i>¿Qué es el asfalto?</i> Características y proceso de destilación de asfaltos...	Definir el asfalto, sus antecedentes, los conceptos básicos del tema y analizar el proceso de su obtención.	Exposición del tema con el apoyo de láminas con equipo audiovisual. Aclaración de dudas.	1 hora	Participación en el aula
2) <i>Propiedades y comportamiento del asfalto</i> Componentes del asfalto.... Reacción química..... Concepto mecánico..... Energía de superficie..... Propiedades de interés.....	Importancia de los componentes de los asfaltos, destacando sus propiedades y su relación con el comportamiento y la durabilidad del pavimento.	Exposición del subtema con el apoyo de láminas con equipo audiovisual. Aclaración de dudas.	2 horas	Participación en el aula
3) <i>Tipos y aplicaciones de los asfaltos</i> Cementos Asfálticos..... Tipos..... Aplicaciones..... Rebajados..... Con keroseno..... Con aceites..... Aplicaciones.....	Comentar las particularidades de cada uno de los tipos de los materiales asfálticos, así como las aplicaciones en las diversas técnicas de construcción y mantenimiento de los pavimentos.	Exposición del tema con el apoyo de láminas con equipo audiovisual. Aclaración de dudas.	3 horas	Participación en el aula



CONTENIDO PROGRAMÁTICO	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	TÉCNICA	TIEMPO	PRODUCTOS PARA EVALUACIÓN FORMATIVA
7) <i>Técnicas de aplicación de carpetas asfálticas.</i> Elaboración de mezclas en frío..... Elaboración de mezclas en caliente..... Tendido y compactación Control de calidad en la aplicación.....	Importancia de los procedimientos de construcción que se aplican en cada una de las técnicas de pavimentación, destacando el equipo de trabajo y las condiciones de su desarrollo, así como los cuidados para que los trabajos ejecutados tengan el comportamiento y la duración previstos.	Exposición del tema con el apoyo de láminas con equipo audiovisual. Aclaración de dudas.	4 horas	Participación en el aula
8) <i>Requisitos de calidad y pruebas de laboratorio.</i> Tablas de especificaciones..... Ensayos de calidad.....	Presentar los ensayos de laboratorio que se utilizan para determinar la calidad de los materiales de pavimentación, comentando la interpretación de sus resultados y los requisitos de calidad aplicables para obtener carpetas asfálticas de buen desempeño.	Exposición del tema con el apoyo de láminas con equipo audiovisual. Aclaración de dudas.	3 horas	Participación en el aula
9) <i>Conclusiones</i>	Al final del curso, se abrirá una mesa final de discusión para resumir los conceptos comentados en su desarrollo y aclarar las dudas que planteen los asistentes.	Discusión abierta	1 hora	Participación en el aula

OBJETIVO GENERAL

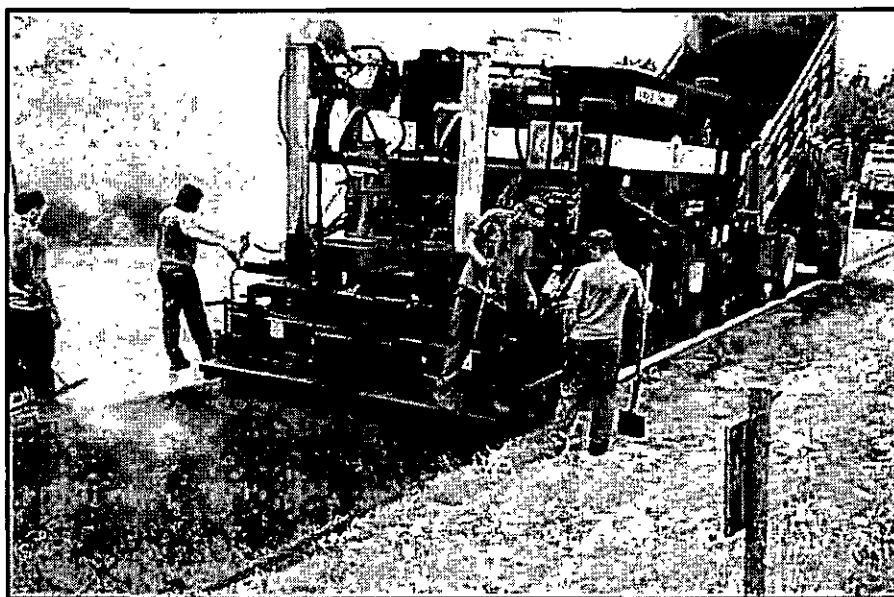
Al término del curso, el participante reconocerá para su aplicación las características y tipos de asfaltos más comunes en la pavimentación; comprobará la importancia de las emulsiones asfálticas en el asfaltado de calles y avenidas; las técnicas más adecuadas para la aplicación del asfalto en el mantenimiento de pavimentos; los tipos y causas más comunes de los deterioros que se presentan en las carpetas asfálticas y los requisitos de calidad y pruebas de laboratorio para su control y aceptación.

INTRODUCCIÓN

El uso moderno del asfalto para carreteras y construcción de calles comenzó a finales del siglo pasado, y creció rápidamente con el surgimiento de la industria automotriz. Desde entonces, la tecnología del asfalto ha dado grandes pasos. Hoy día, los equipos y los procedimientos usados para construir estructuras de pavimentos asfálticos son bastante sofisticados.

Una regla que no ha cambiado a través de la larga historia del asfalto en la construcción, es la siguiente: Un pavimento es tan bueno como los materiales y calidad del proceso constructivo. Ningún equipo sofisticado puede compensar el uso de materiales y técnicas constructivas deficientes.

Este manual trata sobre los materiales de buena calidad usados en pavimentos y de mezclas asfálticas en caliente y en frío. Se describe cuales son los materiales, como se comportan, y como saber si un material dado sirve, o no, para la obra de pavimentación. El inspector debe poseer esta información básica para poder tomar decisiones sabias.



1. QUÉ ES EL ASFALTO

ASFALTO

El asfalto es un material negro, cementante, que varía ampliamente en consistencia, entre sólido y semisólido (sólido blando), a temperaturas ambientales normales. Cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se ablanda y se vuelve líquido, lo cual le permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de mezcla en caliente.

Casi todo el asfalto usado en los Estados Unidos es producido por refinerías modernas de petróleo y es llamado asfalto de petróleo. El grado de control permitido por los equipos modernos de refinería permite la producción de asfaltos con características distintas, que se prestan para usos específicos. Como resultado, se producen asfaltos para pavimentación, techado y otros usos especiales.

El asfalto usado en pavimentación, generalmente llamado cemento asfáltico, es un material viscoso (espeso) y pegajoso. Se adhiere fácilmente a las partículas de agregado y, por lo tanto, es un excelente cemento para unir partículas de agregado en un pavimento de mezcla en caliente.

El cemento asfáltico es un excelente material impermeabilizante y no es afectado por los ácidos, los álcalis (bases) o las sales. Esto significa que un pavimento de concreto asfáltico construido adecuadamente es impermeable y resistente a muchos tipos de daño químico.

El asfalto cambia cuando es calentado y/o envejecido. Tiende a volverse duro y frágil y también a perder parte de su capacidad de adherirse a las partículas de agregado.

Estos cambios pueden ser minimizados si se comprenden las propiedades del asfalto, y si se toman medidas, durante la construcción, para garantizar que el pavimento terminado sea construido de tal manera que pueda retardarse el proceso de envejecimiento.

BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El asfalto es un material de los más antiguos que se conocen, se han encontrado esqueletos prácticamente intactos de animales prehistóricos en depósitos superficiales de asfalto, como el que existe en La Brea, cerca de Los Ángeles, California.

Recientes excavaciones arqueológicas muestran el extenso uso del asfalto en los valles de la Mesopotamia y del Indo, entre los años 3200 a 540 A.C., como un material cementante para la construcción de mamposterías y de caminos, y como impermeabilizante para baños en los templos y otros depósitos de agua. Se dice que Noé lo usó para calafatear su Arca y que también se empleó para sellar la canasta en que Moisés, siendo niño, fue depositado en las aguas del Nilo.

Por el año 300 A.C., los egipcios utilizaban ampliamente el asfalto para la preservación y momificación de sus muertos. Los Indios de América lo empleaban para impermeabilizar sus canoas, antes de que el hombre blanco llegara al Nuevo Continente; en México, los totonacas de la región de Papantla lo recogían de la superficie de las aguas para utilizarlo como medicina y como incienso para sus ritos; algunas tribus que habitaron las costas mexicanas lo masticaban para limpiar y blanquear su dentadura.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

- A. Bajo la superficie terrestre existen carburos metálicos que en contacto con el agua se descomponen produciendo hidrocarburos, los que al condensarse en estratos superiores mas fríos, dieron lugar al petróleo.
- B. Los metales alcalinos que se encuentran en estado libre en el interior de la tierra reaccionan con el bióxido de carbono a altas temperaturas y estas reacciones, en contacto con el agua, producen los hidrocarburos que constituyen el petróleo.

Otros investigadores se inclinan por el origen orgánico del petróleo, sosteniendo que proviene de la descomposición de residuos de animales y vegetales que se han transformado en aceite. Este origen se estima más razonable al comprobarse que los estratos en que se ha formado el petróleo no han estado nunca a temperaturas superiores a los 38° C, lo que descarta la teoría del origen inorgánico, ya que la obtención a partir de carburos metálicos requiere temperaturas mucho mas elevadas.

Estudios mas recientes hechos en laboratorio analizando rocas petrolíferas de campos productores, parecen confirmar un origen orgánico, ya que se han encontrado en ellas ciertas propiedades ópticas que sólo se localizan en sustancias orgánicas; por otro lado, el contenido de nitrógeno y otras sustancias en el petróleo, solamente puede proceder de materiales orgánicos.

También puede confirmar el origen orgánico, el hecho de que la mayor parte de los yacimientos de petróleo en el mundo se localizan en lugares que fueron ocupados por lagos y mares hace millones de años.

ASFALTOS NATURALES

Los asfaltos naturales se manifiestan de diversas formas, entre las que destacan las siguientes:

MANANTIALES. Se presentan en algunos lugares fuentes de las que fluye petróleo o asfalto líquido, generalmente en pequeña cantidad. Proviene por lo común de depósitos de cierta importancia de materiales de este tipo con salida al exterior por alguna grieta de la roca.

LAGOS. A veces, manantiales como los descritos, pero de gran caudal, situados en el fondo de depresiones profundas, pueden dar lugar a la formación de lagos de asfalto, como el muy conocido de Trinidad, cerca de las costas de Venezuela, que es uno de los mayores yacimientos de asfalto nativo en el mundo. Su superficie total es de unas 46 hectáreas. La masa de asfalto en este lago está continuamente en movimiento desde el centro hacia los bordes, lo que se atribuye a la entrada continua en el lago, por la parte central, de la corriente de asfalto que lo forma. El material, en su estado natural, es una emulsión de asfalto, gases, agua, arena y arcilla; para su mejor aprovechamiento, se somete a sencillos procesos de refinación que le eliminan las sustancias perjudiciales. Se dice que Colón usó asfalto de este Lago Trinidad para calafatear sus barcos en su viaje de regreso a España. El lago proporcionó también la mayor parte del asfalto que se usó en Estados Unidos en los trabajos de pavimentación, antes de la producción en gran escala del asfalto derivado del petróleo.

EXUDACIONES. Se presentan en rocas muy porosas saturadas de asfalto, de las que éste fluye bajo los efectos del calor o de alguna presión interior.

IMPREGNANDO ROCAS. Son bastante frecuentes los yacimientos de rocas más o menos porosas en las que el asfalto se encuentra llenando parcial o totalmente los poros, pero sin llegar a exudar. La proporción de asfalto contenido en estas rocas puede variar dentro de límites muy amplios, siendo de más utilidad aquéllas cuya proporción de asfalto es mayor del 7%.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

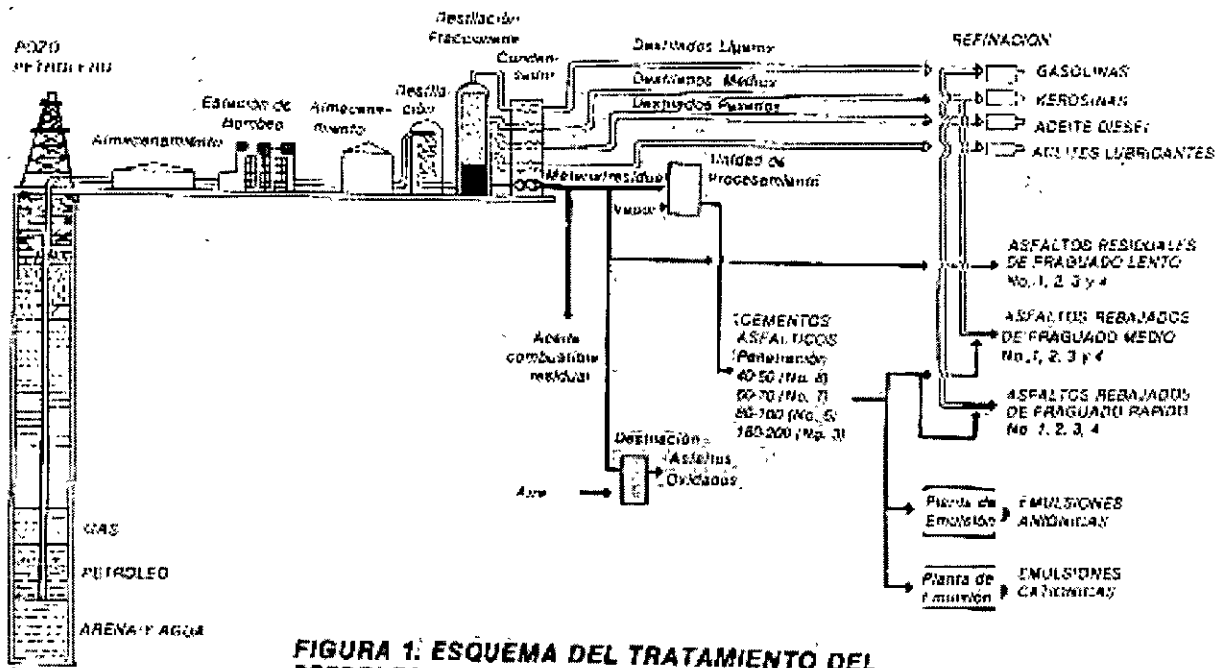
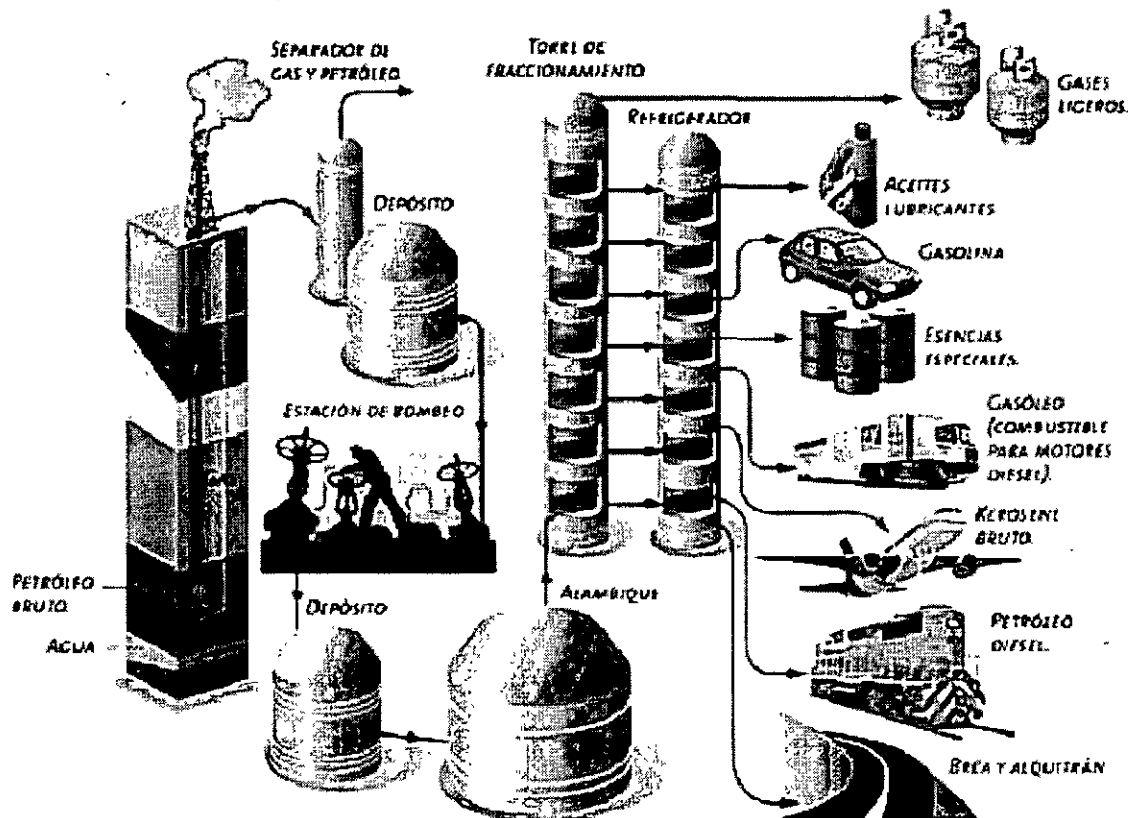


FIGURA 1: ESQUEMA DEL TRATAMIENTO DEL PETRÓLEO PARA OBTENER LOS DIVERSOS PRODUCTOS ASFÁLTICOS

REFINACIÓN DEL PETRÓLEO

El crudo de petróleo es refinado por destilación. Este es un proceso en el cual las diferentes fracciones (productos) son separadas fuera del crudo por medio de un aumento, en etapas, de la temperatura. Como puede verse en la Figura 2.1, las diferentes fracciones se separan a diferentes temperaturas.



"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

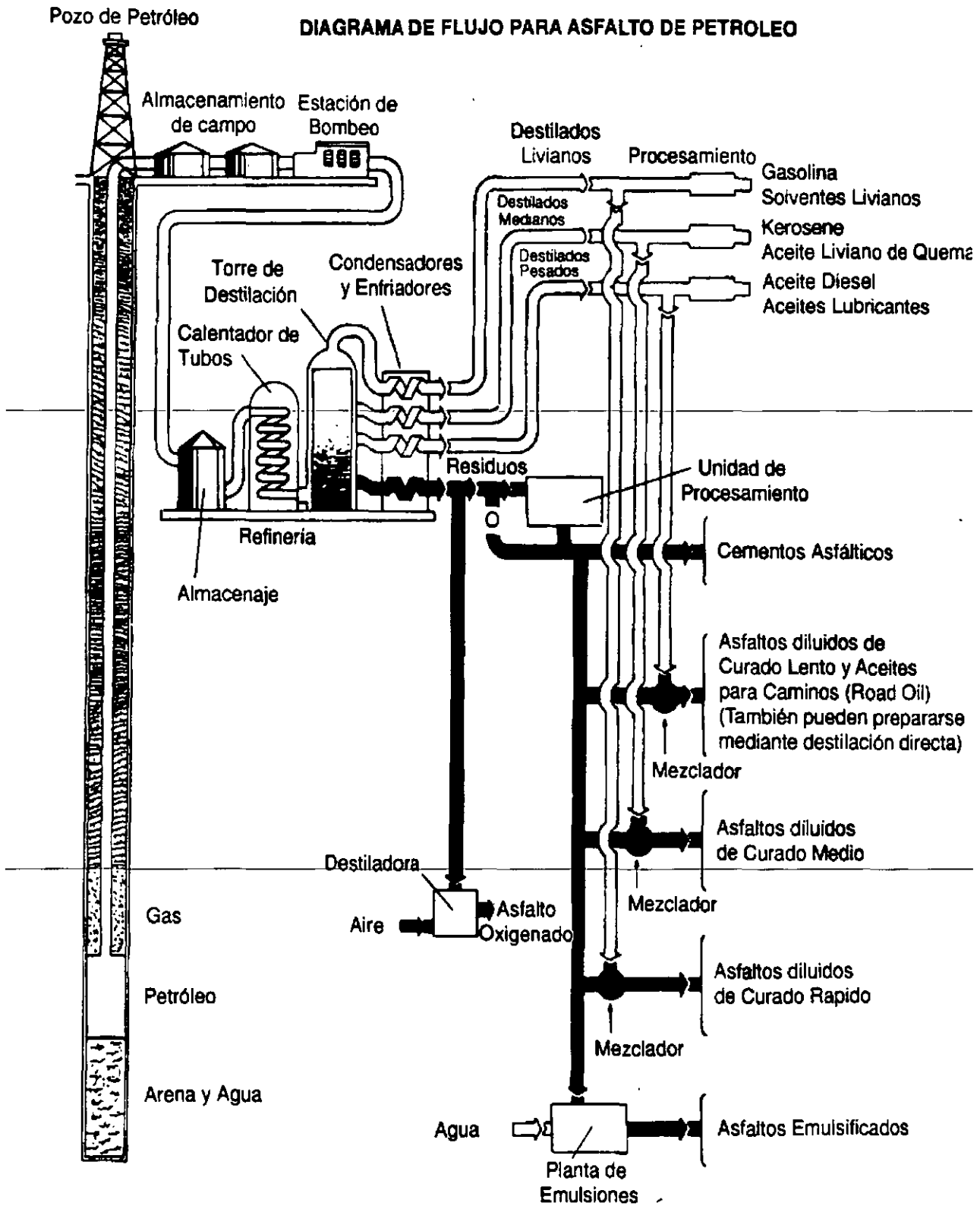


FIGURA 2.2 - Proceso Típico de Refinación.

2. PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO DEL ASFALTO

2.1 COMPONENTES DEL ASFALTO

Componentes fundamentales

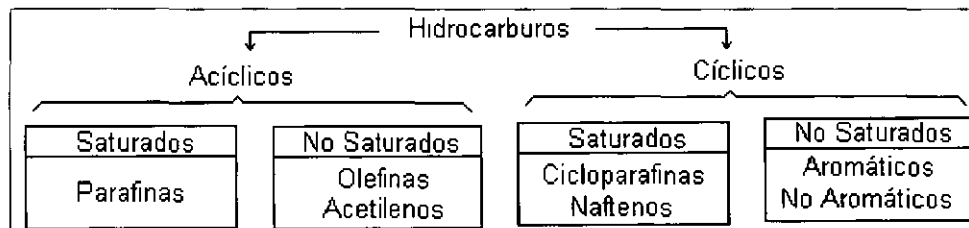
El asfalto es un compuesto constituido fundamentalmente por la mezcla de un gran número de hidrocarburos de diversos tipos, asociados en proporciones también muy variables.

La mayoría de estos hidrocarburos están presentes en el petróleo crudo, pero el proceso de destilación origina ciertas transformaciones químicas y hace que se eliminen los hidrocarburos ligeros, quedando en el asfalto sólo hidrocarburos pesados.

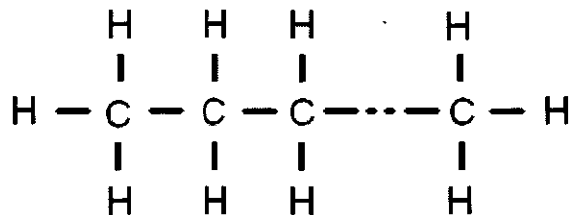
En los hidrocarburos constituyentes del asfalto los átomos de carbono se unen entre sí mediante cadenas o enlaces sencillos, dobles o triples y cuyas valencias libres se saturan con átomos de hidrógeno.

Clasificación general de los hidrocarburos

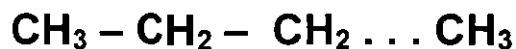
Los hidrocarburos pueden clasificarse en general, de la siguiente manera:



Los hidrocarburos acíclicos son aquéllos en los que la cadena de átomos de carbono no se cierra. Son saturados, si todos los enlaces entre los átomos de carbono son simples, y no saturados, en caso contrario. Unos y otros pueden ser ramificados si un átomo de hidrógeno es sustituido por una nueva cadena de carbonos. Los hidrocarburos acíclicos saturados se llaman parafinas y su fórmula es del tipo siguiente:



Que se puede escribir más simplemente:



El número de átomos de carbono puede variar desde uno (CH_4), hasta valores teóricamente tan grandes como se quiera. Los cuatro primeros términos de la serie son gaseosos, del 5 al 16 son líquidos y los demás sólidos. Las parafinas se caracterizan químicamente por su gran estabilidad. Los hidrocarburos acíclicos en que existen enlaces dobles se llaman olefinas.

Estructura físico-química del asfalto

El estudio de la composición química del asfalto en su conjunto resulta complicado, por lo que es frecuente recurrir al procedimiento de analizar primeramente su estructura física, que permite clasificar sus componentes en varias fracciones, y luego estudiar la composición química de cada una de estas fracciones en forma separada.

Los hidrocarburos que constituyen el asfalto forman una solución coloidal en la que un grupo de moléculas de los hidrocarburos más pesados están rodeadas por moléculas de hidrocarburos más ligeros, sin que exista una separación franca entre ellas, sino por el contrario, una transición gradual.

Los núcleos de hidrocarburos más pesados forman los asfaltenos. Rodeando a los asfaltenos existen las resinas, que constituyen la fase intermedia y, finalmente, ocupando el espacio restante, se encuentran los aceites.

Podemos representar esquemáticamente la estructura física del asfalto como se muestra en la Figura 2.

La separación del asfalto en sus 3 fracciones o componentes principales, puede lograrse si se le disuelve en un hidrocarburo saturado de bajo punto de ebullición, con el que se logra romper la estructura coloidal, disolviéndose parte del material, mientras que el resto precipita en forma de partículas terrosas de color muy oscuro. Los cuerpos que precipitan son los asfaltenos y a los que se disuelven se les llama maltenos, estando integrados por las resinas y los aceites.

Las resinas y los aceites que constituyen los maltenos se separan a su vez haciendo pasar la solución anterior a través de un filtro de arcilla activada, que retiene las resinas y conserva en disolución los aceites. Los aceites pueden separarse de la solución destilando ésta y las resinas lavando el filtro con un disolvente más activo y destilando también posteriormente.

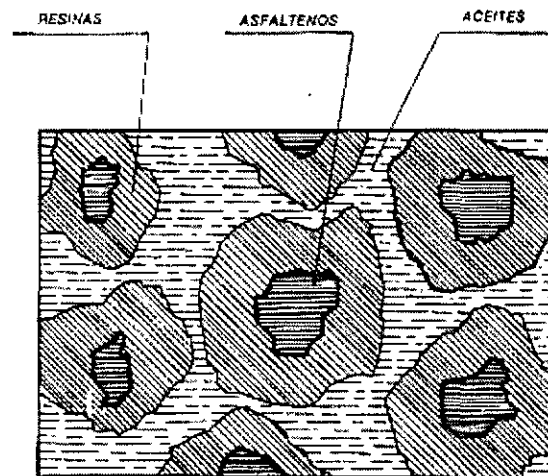


FIGURA 2. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS COMPONENTES DEL ASFALTO

La distinción que hemos hecho entre asfaltenos, resinas y aceites, no es absoluta, ya que las proporciones varían con el tipo de disolvente empleado en la precipitación de los asfaltenos y con el tipo de filtro empleado para la separación de las resinas, de tal manera que si se da como característica de un asfalto su contenido de asfaltenos, debe indicarse simultáneamente el tipo de disolvente empleado para la separación.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Este efecto del intemperismo es menos perjudicial cuando el asfalto se aplica en películas que no son muy delgadas, por lo que en el caso de mezclas para capas de rodamiento, conviene que la película de asfalto sea lo más gruesa posible, compatible, desde luego, con la estabilidad de la capa; cuando la película es muy delgada, se aceleran los cambios en la estructura del asfalto, se origina una rigidez inconveniente en la mezcla y se propicia su agrietamiento.

Propiedades superficiales e interfaciales que influyen en la adhesividad o adherencia del asfalto con los materiales pétreos.

La adhesividad entre agregado y asfalto puede definirse como la propiedad de éste de adherirse a la superficie del agregado y de mantener esta condición en presencia del agua. El fenómeno por el que se efectúa la adhesividad o adherencia del asfalto al material pétreo es un fenómeno complejo y existen varias teorías que pretenden explicarla. Entre ellas, son dignas de mencionarse las siguientes:

2.2 REACCIÓN QUÍMICA

EL CONCEPTO DE REACCIÓN QUÍMICA. Cuando los agregados son "mojados" por el asfalto ocurre una adsorción selectiva en la frontera, seguida de una reacción química entre el material adsorbido y los constituyentes de la fase sólida. Bajo estas condiciones, los componentes ácidos del material bituminoso reaccionan con el material básico del agregado para formar compuestos insolubles en el agua. De acuerdo con esto, los agregados que contienen un exceso de constituyentes básicos son hidrófobos, como las calizas y las dolomitas, y los que contienen un exceso de constituyentes ácidos son hidrófilos, como la cuarcita y el granito.

2.3 CONCEPTO MECÁNICO

EL CONCEPTO MECÁNICO. Según este concepto, la textura superficial agregado es el factor principal que afecta la adhesividad mecánica. Factores tales como el tamaño de las caras de los cristales individuales, porosidad agregado, adsorción, cubrimiento de la superficie y angulosidad de partículas, influyen mecánicamente en la adhesividad en presencia del agua.

2.4 ENERGÍA DE SUPERFICIE.

EL CONCEPTO DE ENERGÍA EN LA SUPERFICIE. Se considera que la adhesividad es el resultado de las relaciones de energía interfacial en la frontera agregado-asfalto-agua-aire, que permiten explicar los mecanismos de cubrimiento, mojado y desprendimiento de la superficie del agregado. Generalmente cuando un líquido y un sólido se ponen en contacto, el líquido: puede no cubrir ni mojar la superficie sólida; b) puede cubrir la superficie mojarla; o c), puede cubrir y mojar la superficie. El grado de cubrimiento, mojado y desprendimiento es una función de la tensión superficial, la tensión interfacial y la tensión de adhesión de las fases involucradas. Generalmente tensión de adhesión agua-agregado es mayor que la de asfalto-agregado; por tanto, el agua tenderá a desalojar o desprender la cubierta asfáltica en la frontera. La cantidad de desprendimiento dependerá de la magnitud de las energías libres que están en juego.

Dentro de estas 3 teorías, la que corresponde al concepto de energía en la superficie es la más ampliamente aceptada. Proporciona una base física para establecer una expresión cuantitativa y una evaluación de las condiciones de adhesividad y el efecto del agua. Esta expresión puede obtenerse del estado de equilibrio de las fuerzas interfaciales en el punto de contacto de agregado, agua y asfalto.

2.5 PROPIEDADES DE INTERÉS

Propiedades reológicas

La reología es la rama de la Mecánica que estudia el comportamiento de la materia a través del tiempo de aplicación de una carga, e incluye propiedades de flujo y deformación, como la viscosidad, ductilidad, fragilidad, etc.

La estructura coloidal de los ligantes asfálticos hace bastante complicado el estudio de sus propiedades reológicas, que se dificulta aún más por el acentuado carácter termoplástico de estos materiales. Este carácter, o sea la propiedad que tienen de ablandarse y hacerse deformables por efecto del calor, recuperando al enfriarse sus propiedades originales, es el que ha hecho posible el empleo del asfalto como ligante desde la más remota antigüedad, pero es también el que más complica sus propiedades reológicas, pues todas deben estudiarse en general como funciones de la temperatura representadas por curvas o menos complicadas.

Propiedades físicas del asfalto

Las propiedades físicas del asfalto, de mayor importancia para el diseño, construcción, y mantenimiento de carreteras son: durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, envejecimiento y endurecimiento.

■ Durabilidad

Durabilidad es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento, y por consiguiente es difícil de definir solamente en términos de las propiedades del asfalto. Esto se debe a que el comportamiento del pavimento está afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción, y otras variables, que incluyen la misma durabilidad del asfalto.

Sin embargo, existen pruebas rutinarias usadas para evaluar la durabilidad del asfalto. Estas son la Prueba de Película Delgada en Horno (TFO) y la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO). Ambas incluyen el calentamiento de películas delgadas de asfalto, y serán discutidas más adelante en esta sección.

■ Adhesión y Cohesión

Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo de ductilidad no mide directamente la adhesión o la cohesión; más bien, examina una propiedad del asfalto considerada por alguna como relacionada con la adhesión y la cohesión. En consecuencia, el ensayo es del tipo "califica-no califica", y solo puede indicar si la muestra es, o no, lo suficiente dúctil para cumplir con los requisitos mínimos.

■ Susceptibilidad a la Temperatura

Todos los asfaltos son termoplásticos; esto es, se vuelven más duros (más viscosos) a medida que su temperatura disminuye, y más blandos (menos viscosos) a medida que su temperatura aumenta. Esta característica se conoce como susceptibilidad a la temperatura, y es una de las propiedades más valiosas en un asfalto. La susceptibilidad a la temperatura varía entre asfaltos de petróleos de diferente origen, aún si los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia.

■ Endurecimiento y Envejecimiento

Los asfaltos tienden a endurecerse en la mezcla asfáltica durante la construcción, y también en el pavimento terminado. Este endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación (el asfalto combinándose con el oxígeno), el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas de agregado).

El asfalto se encuentra a altas temperaturas y en películas delgadas mientras esta revistiendo las partículas de agregado durante el mezclado. Esto hace que la oxidación y el endurecimiento más severo ocurran en esta etapa de mezclado. La Figura 2.9 muestra el aumento en viscosidad debido al calentamiento de una película delgada de asfalto. El margen de viscosidad del material original (antes de la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio - RTFO) es mucho menor que el margen obtenido después del calentamiento.

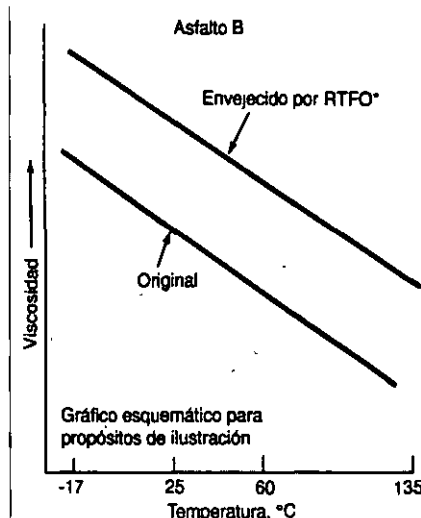


FIGURA 2.9 - Endurecimiento de Asfalto después de haber sido Expuesto a Temperaturas Altas. ($^{\circ}\text{F} = 9/5[^{\circ}\text{C}] + 32$)

*RTFO-Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio; utilizada para simular la exposición de asfalto en el amasadero.

No todos los asfaltos se endurecen a la misma velocidad cuando son calentados en películas delgadas. Por lo tanto, cada asfalto debe ser ensayado por separado para poder determinar sus características de envejecimiento, y así poder ajustar las técnicas constructivas para minimizar el endurecimiento. Estos ajustes incluyen mezclar el asfalto con el agregado a la temperatura más baja posible, y durante el tiempo mas corto que pueda obtenerse en la práctica.

Consistencia y susceptibilidad

La consistencia de un asfalto, como de cualquier otro material, es el estado físico que presenta en un momento dado, con relación a los estados sólido, sólido y gaseoso de la materia. Como lo hemos mencionado anteriormente, el asfalto, a las temperaturas ambientes normales, es un material sólido o semisólido que mediante calentamiento pasa gradualmente al estado líquido. Es decir, la consistencia del asfalto depende principalmente de su temperatura, propiedad que se menciona usualmente como susceptibilidad.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

3. TIPOS Y APLICACIONES DE LOS ASFALTOS.**CLASIFICACIÓN**

Los asfaltos de pavimentación pueden clasificarse bajo tres tipos generales:

- Cemento asfáltico
- Asfalto rebajado
- Asfalto emulsificado o emulsión asfáltica

Los cementos asfálticos se clasifican bajo tres sistemas diferentes. Ellos son: viscosidad, viscosidad después de envejecimiento, y penetración. Cada sistema abarca diferentes grados, cada uno con diferentes rangos de consistencia.

El sistema más usado en los Estados Unidos está basado en la viscosidad del asfalto. La Figura 2.3 muestra el sistema en forma de tablas. Algunas de las agencias, hoy día, han modificado los parámetros del sistema para poder cumplir con necesidades específicas.

En el sistema de viscosidad, el poise (ver definición en Apéndice B) es la unidad normal de medida para viscosidad absoluta. Refiriéndose a la Figura 2.3, observe que cuanto más alto es el número de poises, más viscoso es el asfalto. El AC-2.5 (cemento asfáltico con una viscosidad de 250 poises a 60°C o 140°F) es conocido como un asfalto "blando". El AC-40 (cemento asfáltico con una viscosidad de 4000 poises a 60°C o 140°F) es conocido como un asfalto "duro".

**REQUISITOS PARA CEMENTO ASFÁLTICO CLASIFICADO POR VISCOSIDAD A 60° C
(Clasificación basada en asfalto original)**

PRUEBA	GRADO DE VISCOSIDAD					
	AC-2.5	AC-6	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosidad, 60° C, poises	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viscosidad, 135° C; G _s -mínimo	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25° C, 100 g., 5 segundos-mínimo	220	140	80	60	50	40
Punto Inflamador, Cleveland, ° C(°F)-mínimo	163(325)	177(350)	219(425)	232(450)	232(450)	232(450)
Solubilidad en tricloroetileno, por ciento-mínimo	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Pruebas sobre el residuo del ensayo TFO:						
Pérdida por calentamiento, porcentaje-máximo (opcional) ³		1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60° C, poises-máximo	1000	2000	4000	8000	12000	16000
Ductilidad, 25° C, 5 cm por minuto, cm-mínimo	100 ¹	100	75	50	40	25
Prueba de mancha (cuando y como se especifique) ² con:						
Solvente normal de nafta	Negativo para todos los grados					
Solvente de nafta-xileno, % xileno	Negativo para todos los grados					
Solvente de heptano-xileno, % xileno	Negativo para todos los grados					

¹ Si la ductilidad es menor que 100, el material será aceptado si la ductilidad a 15.6° C tiene un valor/mínimo de 100.

² El uso de la prueba de mancha es opcional. El ingeniero deberá especificar el tipo de solvente usado cuando se va a usar la prueba. En el caso de los solventes de xileno, deberá especificar el porcentaje de xileno a ser usado.

³ El uso del requisito de pérdida por calentamiento es opcional.

FIGURA 2.3 - Requisitos para Cemento Asfáltico Graduado por Viscosidad (AASHTO M 226).

Varios estados del Oeste, en Estados Unidos, clasifican el asfalto de acuerdo a su viscosidad después de envejecido. La idea es identificar cuales serán las características de viscosidad después de que se ha colocado el asfalto en el pavimento.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

**REQUISITOS PARA UNA ESPECIFICACION PARA CEMENTO ASFALTICO
AASHTO M 20**

	Grado de Penetración									
	40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
	Mín.	Max.	Mín.	Max.	Mín.	Max.	Mín.	Max.	Mín.	Max.
Penetración a 25° C, 100 g., 5 segundos.....	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto Inflamador, Ensayo Cleveland, ° C.....	450	.....	450	.....	450	.....	425	.....	350	.....
Ductilidad a 25° C, 5 cm. por min, cm.	100	.....	100	.....	100	.....	100	.....	.....	.....
Solubilidad en tricloroetileno, por ciento	99	.....	99	.....	99	.....	99	.....	99	.....
TFO, 3.2 mm, 163° C, 5 horas .....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Pérdida por calentamiento, por ciento .....	.....	0.8	.....	0.8	.....	1.0	.....	1.3	.....	1.5
Penetración del residuo, por ciento del original	58	.....	54	.....	50	.....	46	.....	40	.....
Ductilidad del residuo a 25° C, 5 cm, por min, cm.....	.....	.....	50	.....	75	.....	100	.....	100	.....
Prueba del Mancha (cuando y como se especifique) (ver nota) con: Solvente normal de nafta Solvente de nafta-xileno, % xileno Solvente de heptano-xileno, % xileno	Negativo para todos los grados Negativo para todos los grados Negativo para todos los grados									

NOTA: El uso de la prueba de mancha es opcional. El ingeniero deberá especificar el tipo de solvente cuando se va a usar la prueba, y en el caso de los solventes de xileno, deberá especificar el porcentaje de xileno a ser usado.

FIGURA 2.6 - Sistema de Clasificación por Penetración (AASHTO M 20).

Las tablas muestran, en los tres sistemas, propiedades que van más allá de viscosidad y penetración - propiedades como ductilidad, punto de inflamación, etcétera. Estas propiedades, y los ensayos correspondientes, serán discutidos mas adelante en esta sección.

OTROS MATERIALES ASFÁLTICOS

Para utilizar el cemento asfáltico en las obras citadas, es necesario fluidificarlo mediante calentamiento a elevadas temperaturas. Si se requiere hacer mezclas o aplicaciones de asfalto en frío, habrá que licuar el cemento asfáltico por otros procedimientos, que consisten fundamentalmente en mezclarle solventes ligeros del petróleo, con lo que se obtienen los asfaltos rebajados, o emulsionarlo en agua, dando lugar a las emulsiones asfálticas, productos ambos que se describen a continuación.

Es común designar a los cementos asfálticos, asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas como materiales asfálticos.

Asfaltos rebajados

Los asfaltos rebajados son mezclas de cemento asfáltico con fracciones ligeras del petróleo. Estas fracciones se denominan generalmente solventes o diluentes. Cuando el solvente es del tipo de la nafta o gasolina se obtienen los asfaltos rebajados de fraguado rápido (FR). Si el solvente es semejante a la kerosina, se obtienen los asfaltos rebajados de fraguado medio (FM). La consistencia de estos productos está regida por las cantidades relativas y por las propiedades del solvente y del cemento asfáltico presentes. El otro tipo de asfalto rebajado está constituido por los de fraguado lento (FL), los cuales contienen cemento asfáltico y aceites ligeros; generalmente

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

La fabricación, colocación y compactación del concreto asfáltico implica un trabajo cuidadoso, que requiere un control preciso, sobre todo de temperaturas, que son las que rigen la viscosidad adecuada del cemento asfáltico en cada etapa del proceso. La temperatura de aplicación del cemento asfáltico al hacer la mezcla debe ser del orden de 120 a 160°C, misma a la que debe someterse también el material pétreo. Se considera que a temperaturas menores de 120°C, el cemento asfáltico no tiene adecuadas propiedades para mojar y aglutinar debidamente las partículas del material pétreo, y temperaturas mayores de 160°C, pueden afectar seriamente sus características, al eliminarse los aceites ligeros que contiene y provocarse por ese motivo un envejecimiento prematuro.

El concreto asfáltico debe compactarse a temperaturas mayores de 70°C. Abajo de esta temperatura, el acomodo del material es deficiente.

En México casi se emplea en forma única el cemento asfáltico Núm. 6, que se ha encontrado que es adecuado para las condiciones climáticas generales del País y para las características de resistencia de la mezcla.

Las carpetas de concreto asfáltico son las de mayor calidad y resistencia que se construyen y se utilizan en carreteras de alto tránsito, como las que convergen a la Ciudad de México y en aeropuertos importantes para tráfico de aeronaves pesadas.

b) Normas de calidad

En la Tabla Núm. 1 aparecen los requisitos de calidad que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes fija para los 4 tipos de cementos asfálticos disponibles en el País y que están contenidos en las Normas de la referida Secretaría.

3.2 ASFALTOS REBAJADOS.**a) Obtención, clasificación y tipos**

Los asfaltos rebajados se preparan agregando al cemento asfáltico solventes ligeros del petróleo y se clasifican en 3 grupos:

ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RÁPIDO	(FR)
ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO	(FM)
ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO	(FL)

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido son aquéllos en que se emplea como solvente del cemento asfáltico un material del tipo de la gasolina. Existen varios tipos o grados de estos asfaltos, dependiendo de la proporción de cemento asfáltico y de solvente presente en el producto. Se designan con los símbolos FR-0, FR-1, FR-2, FR-3 y FR-4, en que el índice creciente indica una proporción cada vez mayor de cemento asfáltico.

“TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA”

Las propiedades reológicas de los asfaltos rebajados están determinadas por sus características de viscosidad a diferentes temperaturas y por los resultados de penetración, flotación y ductilidad en pruebas practicadas al residuo de la destilación. Dichas propiedades influyen de manera importante en las características de estos asfaltos al momento de su aplicación y posteriormente en su comportamiento durante su servicio en las obras. Debe dárseles por lo tanto especial atención, ya que son la base del éxito o el fracaso de los trabajos que se efectúen con estos materiales.

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido se emplean en nuestro medio para la construcción de carpetas, sub-bases y bases estabilizadas, riegos de liga, carpetas de riegos y riegos de sello. Se utilizan casi exclusivamente de tipo FR-2, FR-3 Y FR-4, Y en forma preferente el FR-3.

Los rebajados de fraguado medio se emplean en riegos de impregnación de bases de pavimentos flexibles y de sub-bases de pavimentos rígidos. Excepcionalmente se usan para la construcción de mezclas asfálticas. Los de tipo FM-O y FM-1, con preferencia del último, son los que principalmente se utilizan en México para los riegos de impregnación señalados.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento ya prácticamente no se usan en nuestro País. Se usaron mucho en épocas pasadas, como paliativos del polvo en los caminos revestidos.

En cualquiera de los trabajos en que se utilizan los asfaltos rebajados, es condición necesaria para lograr una adherencia adecuada que los materiales pétreos o superficies a los que se aplican estén secos, lo que puede ser una desventaja en los lugares de clima lluvioso, no obstante que mediante el uso de ciertos aditivos es factible lograr buenos resultados aun cuando los materiales pétreos o superficies de aplicación estén húmedos.

Dado que la función de los solventes en los asfaltos rebajados es simplemente fluidificar el cemento asfáltico y poder incorporarlo o aplicarlo a los materiales pétreos prácticamente en frío, una vez logrado este objetivo, dichos solventes deben eliminarse en su mayor parte para permitir el trabajo del cemento asfáltico, que es realmente el material que quedará en definitiva como ligante en la obra.

c) Temperaturas recomendables de aplicación

Las temperaturas a las que se recomienda calentar los asfaltos rebajados al momento de su aplicación tienen la doble finalidad de impartirles, la adecuada viscosidad para que cubran y mojen convenientemente a los agregados y otras superficies en que se riegan, y para evitar los peligros de incendio a que están muy expuestos dada la volatilidad de los solventes que contienen, sobre todo los rebajados de los tipos FR Y FM

Estas temperaturas son las que aparecen en la Tabla Núm. 2

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

TABLA No. 4 NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO

CARACTERISTICAS	GRADO				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de inflamación (copa abierta de Tag), °C mínimo	38	38	66	66	66
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 25°C, seg.	75-150	—	—	—	—
A 50°C, seg.	—	75-150	—	—	—
A 60°C, seg.	—	—	100-200	250-500	—
A 82°C, seg.	—	—	—	—	125-250
Destilación: Por ciento del total destilado a 360°C.					
Hasta 225°C, máximo	25	20	10	5	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, por ciento del volumen total por diferencia, mínimo	50	60	67	73	78
Agua por destilación, %, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA No. 5 NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO

CARACTERISTICAS	GRADO				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	66	66	80	93	107
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 25°C, seg.	75-150	—	—	—	—
A 50°C, seg.	—	75-150	—	—	—
A 60°C, seg.	—	—	100-200	250-500	—
A 82°C, seg.	—	—	—	—	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, %, máximo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Residuo asfáltico de 100 grados de penetración, %, mínimo	40	50	60	70	75
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Flotación en el residuo de la destilación, a 25°C, seg.	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, %, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

En la actualidad es factible emulsionar cementos asfálticos de muy diversos grados de penetración, desde los más duros, con penetraciones de 10 a 20 grados, hasta los más suaves, con penetraciones hasta de 400 grados; incluso se pueden emulsionar asfaltos rebajados, que son mucho más suaves. Los asfaltos más duros son más difíciles de emulsionar y las emulsiones que se fabrican con ellos se emplean generalmente para fines industriales. Las emulsiones fabricadas con cementos asfálticos con penetraciones desde 40 hasta 250, son las más empleadas en los trabajos de construcción y reconstrucción de pavimentos, los cuales incluyen capas de mezclas asfálticas para estabilizaciones y carpetas de caminos de bajo tránsito, tratamientos superficiales y trabajos de sellado. En el caso de mezclas asfálticas almacenables se usan emulsiones elaboradas con asfaltos rebajados.

b) Emulsiones aniónicas y catiónicas

Las emulsiones asfálticas se clasifican principalmente en aniónicas y catiónicas, dependiendo de la naturaleza del emulsificante.

Las EMULSIONES ANIÓNICAS derivan su nombre del hecho de que cuando se sumergen dos electrodos en ellas y se hace pasar una corriente eléctrica, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el ánodo, lo que significa que poseen cargas eléctricas negativas, por este hecho, afinidad por los materiales pétreos electropositivos como las calizas y basaltos.

El emulsificante de estas emulsiones aniónicas es un electrolito, es decir, un cuerpo ionizable que se disocia en el agua en 2 fracciones eléctricas: el anión (carga negativa) y el catión (carga positiva). Generalmente este emulsificante es un jabón alcalino de ácido graso, como una sal de sodio o de potasio de un ácido orgánico. La fórmula general de estos jabones, en el caso de sal de sodio, es:



en que R, representa la cadena del ácido graso y constituye la parte no polar de la molécula, que tiene afinidad por la fase asfáltica. La otra parte de la molécula, COONa, es la parte polar.

Cuando dicho jabón se pone en solución en el agua se ioniza; el sodio (Na) constituye los iones positivos o cationes y el resto de la molécula (RCOO) constituye los iones negativos o aniones.

Cuando se dispersa el asfalto en esta solución jabonosa, los aniones (RCOO) son adsorbidos por los glóbulos de asfalto y vienen a constituir una envoltura alrededor de ellos, en tanto que los cationes (Na) adsorbidos por el agua, constituyen una segunda envoltura alrededor de la primera.

Los iones que envuelven los glóbulos de asfalto se repelen, puesto que llevan cargas del mismo signo (negativas), impidiendo la coagulación y asegurando la estabilidad de la emulsión.

Las EMULSIONES CATIÓNICAS se denominan así porque, a la inversa de lo que sucede con las emulsiones aniónicas, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el cátodo cuando se sumergen 2 electrodos en ellas y se hace pasar una corriente eléctrica. Presentan, por tanto, cargas eléctricas positivas y tienen buena afinidad con los materiales pétreos electronegativos, como los de naturaleza silicosa (cuarzo).

El emulsificante en este caso es también un electrolito, constituido generalmente por una sal de amina o amonio cuaternario, que resulta de la acción de un ácido mineral (clorhídrico, nítrico, acético, etc.), sobre la amina grasa. La fórmula general de este tipo de jabones es, por ejemplo:

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

c) Fabricación de las emulsiones

Las emulsiones asfálticas, tanto las aniónicas como las catiónicas se elaboran haciendo pasar el asfalto, el agua y el agente o los agentes emulsificantes a través de un molino coloidal. El asfalto debe tener una temperatura adecuada, a efecto de que su viscosidad sea lo suficientemente baja para permitir su dispersión en gotas microscópicas.

El emulsificante generalmente se añade por el agua. A veces se agregan al asfalto pero se presenta el inconveniente de que al calentar dicho asfalto se produce espuma, que dificulta el trabajo.

Los molinos coloidales son dispositivos en los que se somete a un esfuerzo cortante enérgico la mezcla de asfalto, agua y emulsificante, la que es obligada a pasar por ranuras u orificios muy estrechos. Comúnmente los molinos tienen paredes dobles por cuyo interior circula vapor u otro fluido caliente para mantener el conjunto a temperatura adecuada. En ocasiones se utilizan para la fabricación de emulsiones agitadores enérgicos de paletas, en donde se mezclan los componentes de las mismas.

d) Propiedades de las emulsiones

Las propiedades de las emulsiones asfálticas se determinan mediante las siguientes pruebas:

VISCOSIDAD**RESIDUO DE LA DESTILACIÓN****ASENTAMIENTO****RETENIDO EN LA MALLA No. 20****MISCIBILIDAD CON CEMENTO PORTLAND****DEMULSIBILIDAD (sólo aniónicas)****CUBRIMIENTO DEL AGREGADO. RESISTENCIA AL AGUA (sólo catiónicas)****pH DE LA EMULSIÓN (sólo catiónicas)****CONTENIDO DE SOLVENTES (sólo catiónicas)****PENETRACIÓN****DUCTILIDAD****SOLUBILIDAD**

Las 3 últimas pruebas se efectúan en el residuo de la destilación y ya fueron descritas con anterioridad. Mencionaremos únicamente algunos datos en relación con las restantes pruebas que se practican a las emulsiones y con su interpretación respecto al comportamiento de las emulsiones. El detalle de todas estas pruebas puede consultarse también, como para el caso de los otros materiales asfálticos, en las Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

VISCOSIDAD. Se determina en forma similar que para el caso de cementos asfálticos y asfaltos rebajados, empleando el viscosímetro SAYBOLT-FUROL y calentando las emulsiones a las temperaturas de prueba especificadas.

La viscosidad de una emulsión a una determinada temperatura, depende principalmente de la proporción de cemento asfalto presente en la emulsión y de la distribución del tamaño de los glóbulos de asfalto. En la Figura 19 se aprecia la variación de la viscosidad de la emulsión con el contenido de asfalto.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

MISCIBILIDAD CON CEMENTO. Esta prueba se efectúa a las emulsiones de rompimiento lento, tanto aniónicas como catiónicas y tiene por objeto asegurar productos sustancialmente inmunes a una rápida coalescencia o floculación de las partículas de asfalto al entrar en contacto con materiales a suelos finos.

Para llevar a cabo la prueba se mezclan completamente cantidades especificadas de la emulsión asfáltica y cemento Portland. La mezcla se lava después sobre una malla Núm. 14 y se determina el peso del material retenido. Se reporta este peso como porcentaje del peso total de la mezcla. Generalmente se usan para la prueba 100 cm³ de emulsión y 50 gr de cemento Portland.

DEMULSIBILIDAD. La prueba se efectúa solamente a las emulsiones aniónicas de rompimiento medio y de rompimiento lento. Indica la mayor o menor rapidez con que los glóbulos coloidales de asfalto-tienden a agruparse entre sí o a flocular, cuando se extienden en películas delgadas sobre las partículas de suelo o de agregado.

Para hacer la prueba se mezcla cierta cantidad de una solución especificada de cloruro de calcio (CaCl²) a determinada cantidad de emulsión. La mezcla se vierte sobre una malla Núm. 14 y se lava. El grado de floculación se determina de acuerdo con el peso del asfalto que queda retenido en la malla. El cloruro de calcio hace flocular a las partículas de asfalto de las emulsiones aniónicas.

Se requiere un alto grado de demulsibilidad para el caso de las emulsiones asfálticas de rompimiento rápido, ya que se espera que rompan casi inmediatamente que entran en contacto con la superficie del agregado. Por tanto, se requiere una solución muy diluida de cloruro de calcio para la prueba de demulsibilidad de este tipo de emulsión aniónica. Una solución relativamente más concentrada se usa cuando se prueba una emulsión aniónica de rompimiento medio, ya que debe romper más lentamente.

CUBRIMIENTO DEL AGREGADO. RESISTENCIA AL AGUA. La prueba tiene un triple objeto, ya que intenta determinar la capacidad de una emulsión a: 10), cubrir completamente al agregado; 20), soportar la acción de mezclado mientras permanece como película sobre el agregado y 30), resistir la acción de lavado con agua después determinado el mezclado. Su principal finalidad es la identificación de emulsiones adecuadas para mezclarse con agregados gruesos de origen calizo.

Para efectuar la prueba se cubre con polvo de carbonato de calcio el agregado seco que se va a utilizar en la obra y luego se mezcla con la emulsión asfáltica. Aproximadamente la mitad de la mezcla se coloca sobre un papel absorbente para una apreciación visual del área de la superficie del agregado cubierta con la emulsión. El resto de la mezcla se rocía con agua y se lava hasta que el agua salga clara. El material se coloca luego sobre el papel absorbente y se aprecia también el área cubierta del agregado.

Otra muestra del mismo agregado de la obra se cubre igualmente con polvo de carbonato de calcio y se le agrega una cierta cantidad de agua para humedecerlo. Se adiciona la emulsión asfáltica y se mezcla completamente. Después se prosigue en la misma forma que para el agregado seco, apreciando el área de la superficie cubierta del agregado, en las 2 porciones en que se divide la muestra después de mezclarse la emulsión. En todos los casos se reporta el cubrimiento de la emulsión, como un porcentaje del área total del agregado. La prueba se efectúa a las emulsiones de rompimiento medio de tipo catiónico.

CARGA DE LA PARTÍCULA. Esta prueba sirve para una identificación de las emulsiones catiónicas de rompimiento rápido y de rompimiento lento. Consiste en sumergir 2 electrodos en una muestra de emulsión, conectados a una fuente de corriente directa. Después de un tiempo especificado en que se hace pasar la corriente eléctrica, se examinan los electrodos para

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

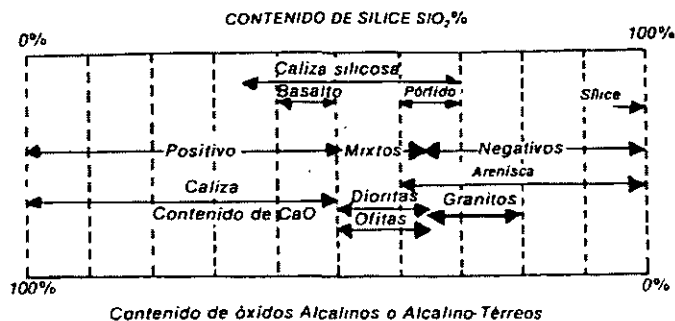


FIGURA 20. CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS PETREOS

Es muy difícil encontrar en la naturaleza, materiales que sean completamente electropositivos o electronegativos, pues la mayor parte de las rocas tienen elementos que hacen que existan en su superficie las 2 clases de materiales, presentando características intermedias, que conducen a clasificarlas en la forma que se muestra en la Figura 20. Esto explica el hecho de que las emulsiones aniónicas y las catiónicas en muchos casos resultan efectivas para usarse con los mismos materiales.

Aunque el rango exacto sobre el cual pueden emplearse ambos tipos de emulsiones no ha sido determinado en forma precisa.

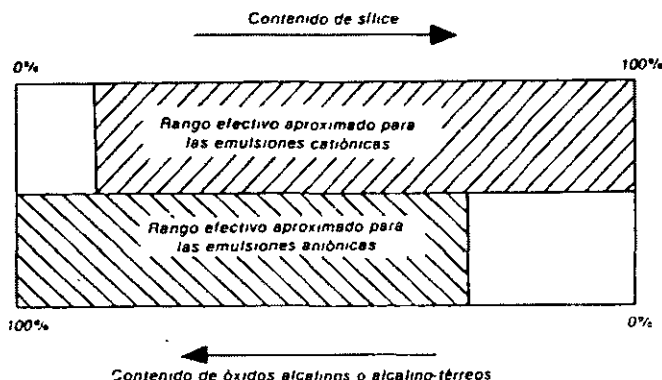


FIGURA 21. RANGO EFECTIVO APROXIMADO DE APLICACION DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS SOBRE VARIOS TIPOS DE AGREGADOS PETREOS

2. Alteración del equilibrio de la emulsión por evaporación del agua

Hemos visto que la estabilidad de la emulsión está asegurada por la protección que las moléculas del emulsificante dan a las partículas de asfalto. Estas moléculas se fijan en la superficie de los glóbulos, los cuales se encuentran en estado de equilibrio entre la atracción ejercida por el asfalto sobre la cadena no polar y la ejercida por el agua sobre la parte polar de la molécula. Esta última atracción varía en su intensidad con la concentración de álcali en la fase continua;

de tal manera que al eliminarse agua por evaporación y aumentar esta concentración, las moléculas del emulsificante dejan de ser atraídas por la fase acuosa y se hunden por completo en el glóbulo de asfalto, que pierde su protección, uniéndose a los glóbulos vecinos y produciendo el rompimiento de la emulsión. A este fenómeno se debe principalmente el rompimiento de las emulsiones aniónicas después de su aplicación.

En las emulsiones catiónicas no suele producirse en la práctica este fenómeno, por ser mucho más rápido el rompimiento por efecto de las cargas eléctricas. No obstante, la influenciadle fenómeno existe también en estas emulsiones y se pone de manifiesto por el hecho de que el rompimiento es mucho más violento en presencia de agregados secos, que absorben el agua, que en agregados húmedos, por lo que muchas veces es conveniente humedecer previamente las superficies a las que han de aplicarse este tipo de emulsiones.

3. Rompimiento por dilución

Si se diluye una emulsión con agua pura, llega a producirse el rompimiento por un fenómeno inverso al que produce el rompimiento por evaporación del agua. A medida que la alcalinidad de la fase acuosa va disminuyendo por la dilución, las moléculas del emulsificante van desplazándose hacia ella hasta abandonar por completo el asfalto, cuyos glóbulos se unen, produciendo el rompimiento de la emulsión.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Las emulsiones asfálticas pueden presentar las siguientes ventajas en relación con los otros materiales asfálticos:

1. Se aplican a la temperatura ambiente, con tal de que ésta sea superior a 5°C, sin necesidad de calentamiento. El cemento asfáltico y los asfaltos rebajados tienen que calentarse para abatir las fuerzas de cohesión y disminuir la viscosidad, a efecto de permitir el cubrimiento del material pétreo. La eliminación del calentamiento reduce costos y evita peligros de incendios. En los asfaltos rebajados las repetidas operaciones de calentamiento pueden hacer que se afecten desfavorablemente las características de estos productos, al perderse gran parte de los solventes volátiles que contienen.
2. Las emulsiones pueden aplicarse sobre materiales húmedos, principalmente en el caso de las catiónicas, eliminándose el costo en las operaciones de secado. No obstante, con las emulsiones aniónicas la humedad de los materiales pétreos no debe ser muy alta, ya que su rompimiento depende en buena parte de la evaporación del agua; en las emulsiones catiónicas, en donde el rompimiento se efectúa fundamentalmente por la atracción de las cargas eléctricas, la humedad del agregado inclusive favorece el cubrimiento de éste.
3. El empleo de emulsiones permite ampliar el período de la construcción al poderse utilizar materiales pétreos húmedos, lo que disminuye costos al aumentar el tiempo que el equipo puede estar en actividad.

Con las emulsiones catiónicas pueden efectuarse trabajos de conservación en la época lluviosa, que es cuando se presentan condiciones críticas en los pavimentos. Desde luego, los trabajos no pueden realizarse en plena lluvia, pero el empleo de estos productos permite utilizar materiales pétreos en condiciones muy desfavorables de humedad.

4. Las emulsiones catiónicas permiten tender y compactar una mezcla asfáltica, una vez terminada. Se elimina con ellas el riesgo de obtener resultados poco satisfactorios por la presencia de una lluvia inesperada.
5. Las emulsiones asfálticas presentan en general buenas características de adhesividad con los materiales pétreos, en virtud de que los emulsificantes son a la vez agentes tenso-activos que favorecen esta propiedad.

Independientemente de lo anterior y debido al agotamiento de las reservas petroleras en el mundo, es posible que en un futuro cercano tengamos que aumentar el uso de las emulsiones y de los cementos asfálticos y disminuir el de los asfaltos rebajados en los trabajos de pavimentación, a efecto de ahorrar y de darles un mejor aprovechamiento a los solventes ligeros que se emplean en la elaboración de dichos rebajados. Será conveniente promover más la tecnología y experimentación de las emulsiones asfálticas en nuestro País, con miras a un mayor conocimiento de sus alcances y posibilidades y a una adecuada utilización de estos productos, que asegure el buen comportamiento en las obras que con ellas se realicen.

Debido a que el Gobierno Federal, a través de la Empresa Petróleos Mexicanos, proporciona los cementos asfálticos y asfaltos rebajados a precios bastante reducidos, como un estímulo para fomentar la construcción de carreteras, el costo de estos productos es menor que el de las emulsiones asfálticas, que son fabricadas principalmente por una empresa descentralizada y por diversas compañías particulares. No obstante, se considera que el costo de las emulsiones podría abatirse mediante el uso de plantas portátiles estratégicamente ubicadas respecto a las obras y el empleo de técnicas propias y de emulsificantes de fabricación nacional.

“TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA”

TABLA 7. NORMAS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ASFÁLTICAS CATIONICAS

CARACTERÍSTICAS	GRADO					
	Rompimiento Rápido		Rompimiento Medio		Rompimiento Lento	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL						
Viscosidad Saybolt-Furol, 25°C, seg	—	—	—	—	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol, 50°C, seg	20-100	100-400	50-500	50-500	—	—
Residuo de la destilación, % en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en %, máximo	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla No. 20, % máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado (en condiciones de trabajo).— Prueba de resistencia al agua: Agregado seco, % de cubrimiento, mínimo	—	—	80	80	—	—
Agregado húmedo, % de cubrimiento, mínimo	—	—	60	60	—	—
Miscibilidad con cemento Portland, %, máximo	—	—	—	—	2	2
Carga de la partícula	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	—	—
pH, máximo	—	—	—	—	6.7	6.7
Disolvente en volumen, por ciento, máximo	3	3	20	12	—	—
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION						
Penetración, 25°C, 100 g, 5 seg, grados	100-250	100-250	100-250	100-250	100-200	40-90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo	97	97	97	97	97	97
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	40	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de 30% al bajar su temperatura de 20°C a 10°C, ni bajar más de 30% al subir su temperatura de 20°C a 40°C.

Otros procedimientos para la identificación de los materiales asfálticos

Además de las pruebas descritas para identificar a los materiales asfálticos existen algunas otras, entre las que se puede señalar por su importancia la prueba de la mancha. Se usa principalmente para definir cualitativamente el grado de homogeneidad o heterogeneidad de cementos asfálticos y de residuos de la destilación de asfaltos rebajados.

La prueba consiste en disolver una muestra de material asfáltico en nafta estándar u otros solventes especificados, con una relación solvente-asfalto 5.1 a 1.0. Después de una hora y de 24 horas de hecha la solución, se deposita una gota de ella sobre un papel filtro. Si la gota se extiende en una mancha de color oscuro uniforme, la prueba se considera como negativa o lo que es lo mismo, que el material es homogéneo. Si el color más oscuro es anular o el centro de la mancha aparece más fuerte, la prueba se considera positiva o sea que el material es heterogéneo. La Figura 22 ilustra tanto la mancha positiva como la negativa.

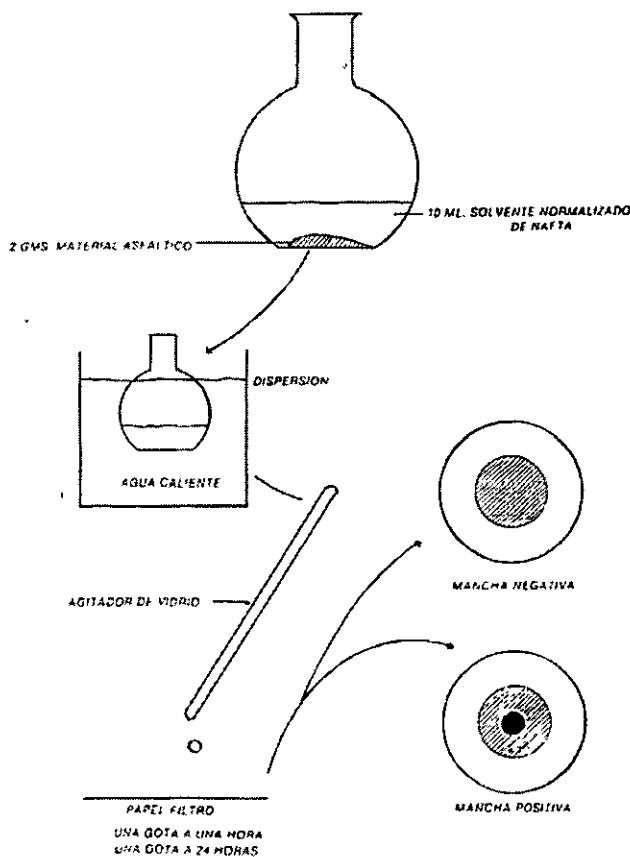


FIGURA 22. PRUEBA DE LA MANCHA

“TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA”

Estudio comparativo de los diferentes productos asfálticos, para definir la utilización más recomendable en cada caso.

Casi siempre para un determinado tipo de trabajo de pavimentación existe un material asfáltico que es el más recomendable, si se toman en cuenta las características del material pétreo por usar, el clima de la región, el volumen de tránsito de la carretera, las condiciones especiales de la obra por ejecutar y el cumplimiento de las especificaciones correspondientes. Son muy importantes los estudios de laboratorio previos a la realización de las obras, que permitan definir resistencias de las mezclas asfálticas, características de adhesividad de material pétreo y asfalto, porcentaje óptimo de asfalto del agregado, etc.

Dado que los precios de los materiales asfálticos son similares y en general reducidos, ya que los provee una sola institución del País que es la empresa Petróleos Mexicanos, es raro tener que hacer una decisión sobre el uso de determinado material asfáltico con base únicamente en el costo de estos productos, sino más bien en todo el proceso constructivo que ello implica. Casi siempre los requisitos señalados en el párrafo anterior permiten hacer una elección técnica apropiada del producto. Sólo en el caso de las emulsiones asfálticas, que son surtidas también por algunas empresas privadas, es a veces necesario realizar estudios comparativos de costos, pero para esto debe tomarse en cuenta que las mezclas asfálticas construidas con emulsiones tienen características de resistencia y posibilidades de uso dentro de la estructura del pavimento, similares a las de los asfaltos rebajados.

De todas maneras y de acuerdo con la disponibilidad de los materiales asfálticos en un momento dado, en la Tabla Núm. 8 se proporciona una orientación respecto al uso de estos productos en las diferentes etapas constructivas de un pavimento.

Verificación de calidad de los materiales asfálticos

La verificación de calidad de los materiales asfálticos la realizan los laboratorios y unidades de laboratorios de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes principalmente en los lugares de almacenamiento de los productos y al momento de su utilización.

Además, la Secretaría tiene un laboratorio en Cd. Madero, Tamps. que muestrea y analiza la producción de asfaltos que se elaboran en la refinería de dicho lugar para obras de la Secretaría e igualmente laboratorios en las plantas de emulsiones asfálticas de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, ubicadas en Irapuato, Gto. y Estación Chontalpa, Tab. Se muestrea también periódicamente la producción de materiales asfálticos en las refinerías de PEMEX ubicadas en Salamanca, Gto. y Minatitlán, Ver.

En Ciudad Madero, Tamps., además de la verificación de calidad de la producción de los materiales asfálticos, el Laboratorio de la SCT muestrea los fondos de autotanques, carros de ferrocarril y buque-tanques, para evitar contaminaciones de unos productos con otros al hacer los embarques, que puedan afectar seriamente su calidad.

Empleo de aditivos para mejorar las características de adhesividad entre materiales pétreos y asfaltos

Ya hemos mencionado con anterioridad que una de las formas de obtener buenas características de adhesividad entre material pétreo y asfalto es mediante el empleo de aditivos, los cuales son productos que generalmente se mezclan a los materiales asfálticos y que al mismo tiempo que reducen las tensiones interfaciales, por ser agentes tenso-activos, proporcionan las cargas eléctricas necesarias para favorecer la atracción en la interfase de los materiales.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

TABLA 8. PRODUCTOS ASFÁLTICOS QUE SE SUGIERE EMPLEAR EN TRABAJOS DE PAVIMENTACION

CONCEPTO	CONDICIONES CLIMATICAS EN EL LUGAR, DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA					
	FRIO**		TEMPLADO		CALIENTE	
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO
RIEGO DE IMPREGNACION * En bases de textura cerrada (Zona granulométrica 3) En bases de textura media (Zona granulométrica 2) En bases de textura abierta (Zona granulométrica 1)	FM-0 FM-0 ó FM-1 FM-1 ó FM-2	FM-0 FM-1 FM-2	FM-0 ó FM-1 FM-1 FM-1 ó FM-2	FM-0 ó FM-1 FM-1 FM-2	FM-1 ó FM-2 FM-1 ó FM-2 FM-2 ó FM-3	FM-1 ó FL-2 FM-2 FM-2 ó FM-3
CARPETAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS Con materiales 0, 1, 2 y 3	FR-2, FR-3	FR-3 ó ERK	FR-3, ER, ERK	FR-3 ó ERK	FR-3, FR-4, ERK ó ER	FR-3, FR-4, ERK ó ER
RIEGOS DE LIGA * Sobre carpetas antiguas o sobre bases impregnadas	FR-2, FR-3, ER, ERK	FR-2, FR-3, ER, ERK	FR-2, FR-3, ER, ERK	FR-2, FR-3, ER, ERK	FR-2, FR-3, FR-4, ER, ERK	FR-2, FR-3, FR-4, ER, ERK
CARPETAS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN EL LUGAR En carpetas de textura cerrada (Zona granulométrica 3) En carpetas de textura media (Zona granulométrica 2) En carpeta de textura abierta (Zona granulométrica 1)	FR-1, FR-2, FM-2 FR-2 ó FM-2	FR-2 ó FM-2 FR-2 ó FM-2	FR-2 ó FM-2 FM-2, FM-3, FR-2, FR-3, FM-3 ó FR-3	FR-2 ó FM-2 FM-3 ó FR-3 FM-3 ó FR-3	FR-3 ó FM-3 FM-3 ó FR-3 FM-3 ó FR-3	FR-3 ó FM-3 FM-3 ó FR-3 FM-3 ó FR-3
MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO PARA ESTABILIZACIONES EMPLEANDO EMULSIONES En carpetas de textura cerrada (Zona granulométrica 3) En carpetas de textura media (Zona granulométrica 2) En carpetas de textura abierta (Zona granulométrica 1)	EM, EL, ELK EM, EL, ELK EM, EL ó EMK, ELK	EM, ELK EM, ELK EM, EL, ELK EMK	EM, EL, ELK EM, EL, ELK EM, EL ó EMK ELK	EM, ELK EM, ELK EM, EL, ELK ó EMK	EM, EL, ELK EM, EL, ELK EM, EL ó EMK, ELK.	ELK EM, ELK EMK, ELK, EL ELK.

El aditivo se agregará as asfalto en el momento de llenar la petrolizadota, bien sea solo o incorporándolo previamente a una cantidad de producto asfáltico caliente, cuyo volumen sea 5 a 10 veces mayor que el del aditivo.

En el caso de los cementos asfálticos, se emplean aditivos que son fabricados especialmente para soportar altas temperaturas por tiempo prolongado y se les denomina "resistentes a calor", porque pueden calentarse hasta 200°C, durante varios días, y su efectividad no varía; su incorporación debe hacerse preferentemente en la siguiente forma: se vaciará el cemento asfáltico a su temperatura de almacenamiento, del depósito principal al de utilización, empleando una bomba apropiada. El volumen que se prepare con el aditivo deberá ser el que pueda consumirse cuando más en dos días de trabajo, a fin de evitar tener por varios días asfalto preparado, cuya calidad por diferentes razones pueda afectarse. Para su aplicación, el aditivo recomendado se calentará en la succión de la bomba, para que ésta lo mezcle correctamente, agregándolo a una velocidad tal, que el volumen de aditivo requerido se termine de vaciar simultáneamente con el llenado del depósito de utilización; concluida esta operación, se hará circular el asfalto en el mismo depósito, durante 15 minutos como mínimo, para asegurar la distribución homogénea del aditivo, para lo cual también es recomendable el uso de una propela. Durante la elaboración de la mezcla, el asfalto se tomará únicamente del depósito en que está hecha la preparación con el aditivo y, en el caso de contar sólo con un depósito, las operaciones descritas se harán durante el vaciado del carro-tanque o auto-tanque.

A las emulsiones asfálticas es raro tener que agregarles algún aditivo, ya que generalmente presentan buenas características de adhesividad. Durante la ejecución del trabajo es necesario comprobar la dosificación y aplicación correcta del aditivo, para lo cual se revisará si el aditivo recibido es precisamente el requerido. La forma de verificar lo anterior, es comprobando que los envases lleguen debidamente sellados y tengan el nombre del producto; también es conveniente

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

REFINERÍA DE PEMEX EN MINATITLAN, VER. Asfaltos rebajados FR-2, FM-0, FM-1 y cemento asfáltico Núm. 6.

REFINERÍA DE PEMEX EN SALAMANCA, GTO: Asfaltos rebajados FR-3, FM-1, FM-2 Y cemento asfáltico Núm. 6.

PROVEEDORES PARTICULARES: Solamente emulsiones asfálticas.

También en la frontera norte del País Petróleos Mexicanos surte a la SCT de productos asfálticos de importación procedentes de los Estados Unidos de Norteamérica. .

b) Recepción y transporte de los materiales asfálticos

El transporte de los productos asfálticos de los lugares de abastecimiento a los de utilización puede hacerse por ferrocarril, empleado carro-tanques.

Deben tomarse las precauciones necesarias para que durante el trayecto los productos no sufran alteraciones.

Se procurará que los tanques de los transportes sean herméticos, para evitar contaminaciones con agua o materias extrañas, y que al llenarlos no contengan residuos de otros productos en cantidades perjudiciales. Convendrá también supervisar que durante el trayecto no se alteren los sellos colocados en las válvulas o compuertas de carga y descarga. En el caso de las emulsiones, es conveniente que se criben a través de una malla Núm. 100 al momento de llenarse los recipientes que se utilicen para su transportación, con el fin de eliminar posibles natas que podrían dificultar la operación de aplicación de la emulsión. Es necesario también que los vehículos de transporte estén dotados de divisiones interiores para impedir que el contenido sufra movimientos exagerados, que pueden provocar el rompimiento de la emulsión.

c) Almacenamiento y manejo de los productos asfálticos

Es necesario que los lugares en que se almacenen los materiales asfálticos antes de su utilización se inspeccionen frecuentemente y reúnan las condiciones necesarias para evitar pérdidas excesivas de solventes (tratándose de rebajados), contaminaciones con agua, basura y otras materias extrañas, mezclas de productos asfálticos de diferentes tipos, repetidos calentamientos innecesarios o a temperaturas mayores a las recomendadas, etc.

Existen 2 tipos de almacenamiento de acuerdo con su función: permanentes y transitorios. Los primeros generalmente están constituidos por fosas de mampostería o de concreto hidráulico; el techo, en muchas ocasiones es de carácter provisional, por lo regular de armadura de madera y lámina de cartón, aunque existe la tendencia a hacerlo también de concreto.

La descarga a la fosa siempre se hace por gravedad, pudiendo también hacerse por gravedad la carga de la fosa al equipo de distribución, cuando las condiciones topográficas lo permiten, aunque lo más común es que se haga por bombeo, con el equipo de la propia petrolizadora. Por lo general las fosas permanentes se construyen durante la ejecución de la carretera y posteriormente pasan a servir en la conservación, lo que da lugar en muchas ocasiones a que en esta etapa su ubicación resulte inadecuada, desde el punto de vista de los acarreos. Estas fosas quedan casi siempre cerca de una espuela o ladero de ferrocarril.

Las fosas permanentes están comúnmente divididas en cuando menos 2 compartimientos, con una capacidad aproximada de 120 m³ cada uno. Poseen cárcamos de calentamiento con serpentines de vapor o con quemadores directos de petróleo, situados en la parte inferior del cárcamo.

4. CONVENIENCIA DE LOS DIVERSOS TIPOS DE ASFALTOS.

Los tres tipos de materiales asfálticos para pavimentación presentan una serie de ventajas y desventajas, con relación a su almacenamiento, manejo y aplicación, en las diferentes técnicas de construcción y mantenimiento de carreteras.

A continuación se comentan los beneficios e inconvenientes de cada uno de estos tipos.

4.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CEMENTOS ASFÁLTICOS

- **Elevadas temperaturas de aplicación.**- Para poder ser aplicado es necesario calentar el cemento asfáltico a más de 100 °C de temperatura, lo que ocasiona un mayor costo por el uso de productos energéticos. Además, la elevada viscosidad de estos materiales no permiten ser aplicados en tratamientos superficiales comunes. Sin embargo, a temperaturas elevadas adecuadas, tanto del asfalto como del pétreo, se propicia una envuelta de los materiales y una alta adherencia, lo que da como resultado mezclas asfálticas con mayor comportamiento y duración.
- **Extendido inmediato del agregado.**- El enfriamiento inmediato del cemento con el aumento de su viscosidad, requiere que el material pétreo se una al mismo tiempo de aplicarse, lo que resulta complicado en la práctica.
- **Tiempo cálido y seco para asegurar la adhesividad con el material pétreo.**- El contar con temperaturas ambientales elevadas y una baja humedad en el medio, permite una mayor adhesividad con los pétreos.
- **Ángulo de contacto negativo por tensión superficial.**- La alta viscosidad del cemento asfáltico en temperaturas normales, no propicia una buena adhesión con el material pétreo.
- **Inmediata apertura al tráfico.**- Cuando se realiza una inmediata y eficaz unión del asfalto con el material pétreo, permite que se pueda abrir la capa tendida al paso de los vehículos de circulación.
- **Contraindicado para dosificaciones reducidas.**- La elevada viscosidad de estos materiales no permiten dosificaciones reducidas, principalmente en tratamientos superficiales.

4.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ASFALTOS REBAJADOS

- **Moderadas temperaturas de aplicación.**- La inclusión de solventes en el asfalto, permite un manejo y aplicación a temperaturas relativamente bajas, lo que es adecuado para cuando las obras están alejadas y no se cuenta con la posibilidad del empleo de plantas en caliente.
- **Angulo de contacto negativo pero con menor tensión superficial.**- Esta condición facilita la envuelta de los materiales pétreos, en condiciones de trabajo más desfavorables.

5. CARPETAS ASFÁLTICAS.**N-CMT-4-05-003/02****LIBRO: CMT. CARACTERÍSTICAS DE
LOS MATERIALES****PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS****TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas****CAPÍTULO: 003. Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras****A. CONTENIDO**

Esta Norma contiene las características de calidad de las mezclas asfálticas que se utilicen en la construcción de pavimentos para carreteras.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Una mezcla asfáltica es el producto obtenido de la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico en uno pétreo.

Las mezclas asfálticas, según el procedimiento de mezclado, se clasifican como sigue:

B.1. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

Son las elaboradas en caliente, utilizando cemento asfáltico y materiales pétreos, en una planta mezcladora estacionaria o móvil, provista del equipo necesario para calentar los componentes de la mezcla.

Las mezclas asfálticas en caliente se clasifican a su vez en:

B.1.1. Mezcla asfáltica de granulometría densa

Es la mezcla en caliente, uniforme y homogénea, elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos bien graduados, con tamaño nominal entre treinta y siete coma cinco (37,5) milímetros (1 ½ in) y nueve coma cinco (9,5) milímetros

NORMAS

N-CMT-4-05-003/02

tamaño nominal entre treinta y siete coma cinco (37,5) milímetros (1 ½ in) y nueve coma cinco (9,5) milímetros (¾ in), que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Cláusula D. de la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*. Normalmente se utiliza en los casos en que la intensidad del tránsito (ΣL) es igual a un (1) millón de ejes equivalentes o menor, en donde no se requiera de una alta resistencia estructural, para la construcción de carpetas asfálticas de pavimentos nuevos y en carpetas para el refuerzo de pavimentos existentes, así como para la reparación de baches.

B.2.2. Mortero asfáltico

Es la mezcla en frío, uniforme y homogénea, elaborada con emulsión asfáltica o asfalto rebajado, agua y arena con tamaño máximo de dos coma treinta y seis (2,36) milímetros (N°3), que satisfaga los requisitos de calidad establecidos en la Cláusula F. de la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*. Normalmente se coloca sobre una base impregnada o una carpeta asfáltica, como capa de rodadura.

B.3. MEZCLAS ASFÁLTICAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS

Son las que se construyen mediante la aplicación de uno o dos riegos de un material asfáltico, intercalados con una, dos o tres capas sucesivas de material pétreo triturado de tamaños decrecientes que, según su denominación, satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Cláusula G. de la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*. Las carpetas por el sistema de riegos se clasifican en carpetas de uno, de dos y de tres riegos. Las carpetas de un riego o la última capa de las carpetas de dos o tres riegos, pueden ser premezcladas o no. Normalmente se colocan sobre una base impregnada o una carpeta asfáltica, nueva o existente, como capa de rodadura con el objeto de proporcionar resistencia al derrapamiento y al pulimento.

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS

N-CMT-4-05-033/02

D.1.1. Mezcla asfáltica de granulometría densa

Según el método utilizado en el diseño, la mezcla asfáltica cumplirá con los requisitos de calidad señalados a continuación:

D.1.1.1. Mezcla asfáltica de granulometría densa diseñada por el método Marshall

Las mezclas asfálticas diseñadas mediante el procedimiento descrito en el Manual M-MMP-4-05-031, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, de acuerdo con el tránsito esperado en términos del número de ejes equivalentes de ocho coma dos (8.2) toneladas, acumulados durante la vida útil del pavimento (ΣL), cumplirán con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 1 y con el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) indicado en la Tabla 2 de esta Norma, en función del tamaño nominal del material pétreo utilizado en la mezcla.

TABLA 1.- Requisitos de calidad para mezclas de granulometría densa, diseñadas mediante el método Marshall

Características	Número de ejes equivalentes de diseño ΣL ^[1]	
	$\Sigma L \leq 10^6$	$10^6 < \Sigma L \leq 10^7$ ^[2]
Compacción; número de golpes en cada cara de la probeta	50	75
Estabilidad; N (lb), mínimo	5 340 (1 200)	5 000 (1 500)
Flujo; mm (10^{-2} in)	2 - 4 (2 - 16)	2 - 3.5 (5 - 14)
Vacíos en la mezcla asfáltica (VMC); %	3 - 5	3 - 5
Vacíos ocupados por el asfalto (VFA); %	65 - 75	65 - 75

[1] ΣL = Número de ejes equivalentes de 8.2 (EDAL), esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Para tránsito mayores de 10^7 ejes equivalentes de 8.2 t, se requiere un diseño especial de la mezcla.

NORMAS

N-CMT-4-05-033/02

D.1.1.3. Material fino (filler)

Cuando se requiera un material fino (*filler*) para lograr la granulometría del material pétreo establecida en la Cláusula D. de la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, se puede utilizar cemento Portland o cal, lo que también acelerará la estabilidad de la mezcla y mejorará la afinidad entre el material asfáltico y los materiales pétreos; el contenido de filler no será mayor que el porcentaje máximo de material que pasa la malla N°200, indicado en la Cláusula mencionada.

D.1.2. Mezcla asfáltica de granulometría abierta

D.1.2.1. La mezcla asfáltica de granulometría abierta diseñada mediante el procedimiento descrito en el Manual M-MMP-4-05-033, *Método Cantabro para Mezclas Asfálticas de Granulometría Abierta*, tendrá como mínimo el contenido de asfalto que corresponda a un desgaste en las probetas igual a treinta (30) por ciento o menor y como máximo el contenido de asfalto que corresponda a un porcentaje de vacíos en dichas probetas igual a veinte (20) por ciento o mayor.

D.1.2.2. Cuando se requiera un material fino (*filler*) para lograr la granulometría del material pétreo establecida en la Cláusula E. de la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, se puede utilizar cemento Portland o cal, lo que también acelerará la estabilidad de la mezcla y mejorará la afinidad entre el material asfáltico y los materiales pétreos; el contenido de filler no será mayor que el porcentaje máximo de material que pasa la malla N°200, indicado en la Cláusula mencionada.

D.2. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO

Las mezclas asfálticas en frío, diseñadas de acuerdo con los procedimientos descritos en los Manuales M-MMP-4-05-031, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, M-MMP-4-05-032, *Método Hveem para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa* o M-MMP-4-05-034, *Método Hubbard Field*

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

NORMAS

N-CMT-4-05-033/02

- D.2.2.1.** La emulsión asfáltica que se utilice en la fabricación del mortero será de rompimiento lento.
- D.2.2.2.** El asfalto rebajado que se utilice en la fabricación del mortero será de fraguado rápido.
- D.2.2.3.** El agua que se utilice para dar la consistencia necesaria al mortero, estará libre de materias extrañas y de sales solubles en cantidades que, a juicio de la Secretaría, resulten perjudiciales.
- D.2.2.4.** El proporcionamiento del mortero asfáltico cumplirá con lo establecido en la Tabla 4 de esta Norma.

TABLA 4.- Requisitos de proporcionamiento de morteros asfálticos

Componentes	Contenido en la mezcla % ⁽¹⁾
Emulsión asfáltica de rompimiento lento	18 - 25
Agua para dar la consistencia necesaria a la mezcla con emulsión asfáltica	10 - 15
Asfalto rebajado de fraguado rápido	14 - 22

(1) Por ciento respecto a la masa seca del material pétreo

- D.2.2.5.** Las características del mortero asfáltico serán tales que, una vez tendido, se estabilice en un periodo comprendido entre una (1) y cinco (5) horas.
- D.2.2.6.** En caso que así lo indique el proyecto o previa aprobación de la Secretaría, cuando se requiera un material fino (filler) para lograr la granulometría del material pétreo establecida en la Cláusula F. de la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, se puede utilizar cemento Portland o cal, lo que también acelerará la estabilidad de la mezcla y mejorará la afinidad entre el material asfáltico y los materiales pétreos; el contenido de filler no será mayor que el porcentaje máximo de material que pasa la malla N°200, indicado en la Cláusula mencionada. En el caso que se utilicen emulsiones, sólo se podrá añadir filler si así lo indica el proyecto o previa aprobación de la Secretaría.

NORMAS

N-CMT-4-05-003/02

mezclado deben consultarse con el fabricante del modificador que se utilice.

TABLA 6.- Temperaturas de mezclado para mezclas en caliente

Clasificación del cemento asfáltico	Temperatura de mezclado °C
AC-5	120 - 145
AC-10	120 - 155
AC-20	130 - 160
AC-30	130 - 165

- E.2. La temperatura de las emulsiones asfálticas al momento de su empleo en las mezclas asfálticas en frío o de su aplicación para las carpetas asfálticas por el sistema de riegos, será de cinco (5) a cuarenta (40) grados Celsius; en el caso de asfaltos rebajados, será de sesenta (60) a ochenta (80) grados Celsius.
- E.3. No se aplicarán los materiales asfálticos cuando la temperatura ambiente sea menor de cinco (5) grados Celsius, cuando haya amenaza de lluvia o cuando la velocidad del viento impida que la aplicación con petrolizadora sea uniforme.
- E.4. Los contenidos de cemento asfáltico, de agua y de disolventes en las mezclas asfálticas, determinados de acuerdo con los procedimientos descritos en los Manuales M-MMP-4-05-035, *Contenido de Cemento Asfáltico en Mezclas*, M-MMP-4-05-036, *Contenido de Agua en Mezclas Asfálticas* y M-MMP-4-05-037, *Contenido de Disolventes en Mezclas Asfálticas*, respectivamente, quedarán dentro de los límites fijados en la Tabla 7 de esta Norma.
- E.5. Las temperaturas mínimas convenientes para el tendido y compactación de la mezcla asfáltica, serán determinadas por el responsable de esas actividades, mediante la curva *Viscosidad-Temperatura* del material asfáltico que se utilice.
- E.6. Los espesores compactos de las capas que se construyan con mezclas asfálticas en caliente, no serán menores que uno coma cinco (1,5) veces el tamaño nominal del material pétreo utilizado. El espesor máximo de la capa será aquel que el equipo sea capaz compactar, de tal forma que la diferencia entre el grado de compactación en los tres (3) centímetros superiores y los tres (3)

NORMAS

N-CMT-4-05-D3302

- F.1.2. De requerirse largos periodos de almacenamiento, se utilizarán silos que incluyan sistemas de calentamiento que permitan mantener la temperatura de la mezcla, pero cuidando que no se presente sangrado u oxidación de la mezcla.
- F.2. La mezcla asfáltica en caliente se transportará en vehículos con caja metálica con superficie interior lisa, sin orificios y que esté siempre limpia y libre de residuos de mezcla asfáltica, para evitar que ésta se adhiera a la caja.
- F.3. Antes de cargar el vehículo de transporte, se limpiará su caja y se cubrirá la superficie interior de la misma con un lubricante para evitar que se le adhiera la mezcla, utilizando para ello una solución de agua y cal, agua jabonosa o algún producto comercial apropiado. En ningún caso se deben usar productos derivados del petróleo como el diesel, debido a problemas ambientales y posibles daños a la mezcla. Una vez hecho lo anterior, se levantará la caja para drenar el exceso de lubricante.
- F.4. El vehículo de transporte se llenará con varias descargas sucesivas de la mezcla para minimizar la segregación de los materiales pétreos, acomodándolas desde los extremos de la caja hacia su centro.
- F.5. Una vez cargado el vehículo de transporte, se cubrirá la mezcla asfáltica con una lona que la preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto.
- F.6. El tiempo de transporte está en función de la pérdida de temperatura de la mezcla, la que será tendida y compactada a las temperaturas mínimas determinadas como se indica en la Fracción E.5. de esta Norma; sin embargo, en el caso de mezclas asfálticas de granulometría abierta, el tiempo de transporte será menor de uno con cinco (1.5) horas, para evitar el sangrado del cemento asfáltico.
- F.7. La temperatura de fabricación de la mezcla no deberá incrementarse para que al final de su transporte tenga la temperatura adecuada para el tendido y compactación.

NORMAS

N-CMT-4-05-003/02

- G.3. Además de lo señalado en la Fracción anterior, el Contratista de Obra, por cada dos mil (2 500) metros cúbicos de producción de la planta, realizará las pruebas necesarias que aseguren que la mezcla asfáltica cumple con todos los requisitos establecidos en esta Norma, según el tipo de mezcla de que se trate y entregará a la Secretaría los resultados de dichas pruebas. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas y preparadas como se establece en el Manual M-MMP-4-05-029, *Muestreo de Mezclas Asfálticas* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Será motivo de rechazo por parte de la Secretaría, el incumplimiento de cualquiera de los requisitos establecidos.
- G.4. En el caso de mezcla de granulometría densa, una vez tendida y compactada, el Contratista de Obra realizará las pruebas necesarias que aseguren la estabilidad establecida en esta Norma, en el proyecto o lo señalado por la Secretaría, de acuerdo con lo indicado en el Inciso H.1.3. de las Normas N-CTR-CAR-1-04-006, *Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente* o N-CTR-CAR-1-04-007, *Carpetas Asfálticas con Mezcla en Frio*, según corresponda, mediante el procedimiento contenido en los Manuales M-MMP-4-05-031, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa* o M-MMP-4-05-032, *Método Hveem para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, según su caso. El Contratista de Obra entregará a la Secretaría los resultados de dichas pruebas.
- G.5. En cualquier momento, la Secretaría puede verificar que la mezcla asfáltica suministrada cumpla con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, según el tipo de mezcla de que se trate, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

H. BIBLIOGRAFÍA

Asphalt Institute, *Manual MS-1 Thickness Design – Full Depth Pavement Structures for Highways and Streets*, Lexington, KY, EUA (ago 1993).

Asphalt Institute, *Manual MS-22 Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente*, Lexington, KY, EUA.

6. TIPOS DE DETERIORO Y SUS CAUSAS.

DESPRENDIMIENTOS

BACHES

Definición: Oquedades de varios tamaños en la capa de rodamiento por desprendimiento o desintegración inicial. Desprendimiento inicial de los agregados que al paso de los vehículos van formando oquedades.

Causas probables:

- 1) Falta de resistencia de la carpeta.
- 2) Escasez de contenido de asfalto.
- 3) Espesor deficiente.
- 4) Drenaje deficiente.
- 5) Desintegración localizada por tránsito.
- 6) Puntos débiles en la superficie.

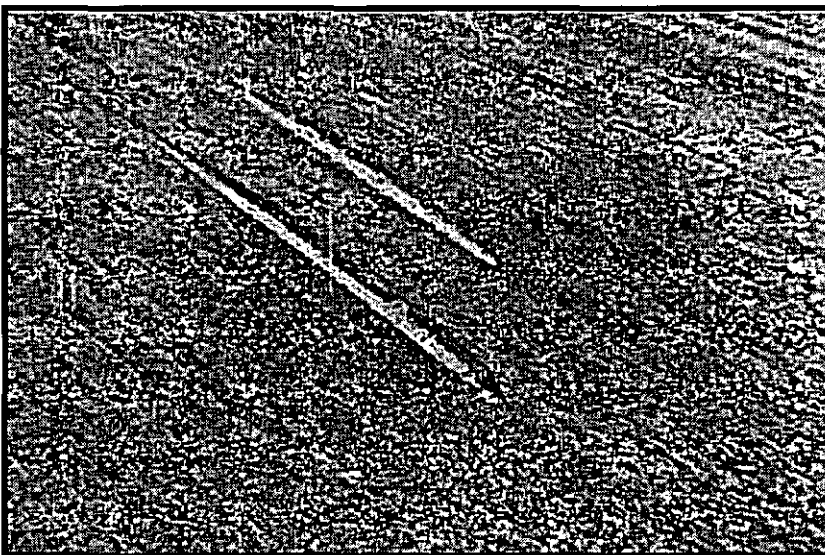


IDENTACIÓN

Definición: Encajamiento de objetos duros en la superficie de rodamiento, produciendo indentación o desgaste localizado en la superficie.

Causas probables:

- 1) Huellas de tractores o equipo pesado de construcción.
- 2) Pinchadura de llantas de vehículos pesados.
- 3) Accidentes de tránsito.



EROSIÓN TOTAL

Definición: Destrucción, eliminación o desaparición de una o varias capas subyacentes a la carpeta asfáltica, produciendo falta total de apoyo interior.

Causas probables:

- 1) Falta de drenaje superficial.
- 2) Falta de subdrenaje.
- 3) Falta de lavaderos.
- 4) Acción de crecidas de aguas adyacentes al cuerpo del terraplén.
- 5) Mala compactación de capas interiores.
- 6) Falta de armado de arripe en taludes de terraplenes.



PULIDO DE SUPERFICIE

Definición: Desgaste acelerado en la superficie de la capa de rodamiento produciendo áreas lisas.

Causas probables:

- 1) Tránsito intenso.
- 2) Agregado grueso de la carpeta con baja resistencia al desgaste.
- 3) Excesiva compactación.
- 4) Mezclas demasiado ricas en asfalto
- 5) Agregados no apropiados a la intensidad del tránsito.
- 6) Hundimiento de agregado grueso en el cuerpo de la carpeta, o en la base cuando se refiere a tratamientos superficiales.

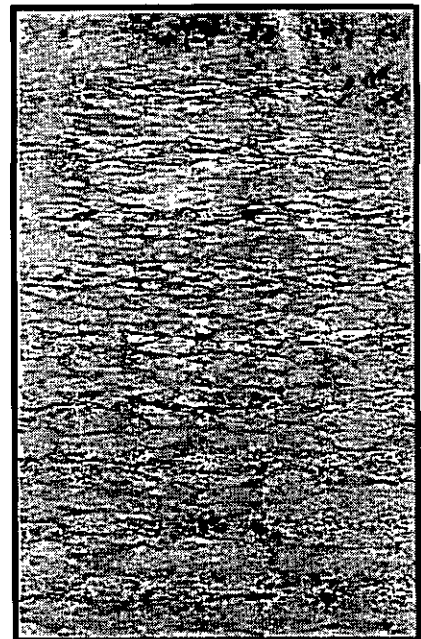


DESINTEGRACIÓN

Definición: Deterioro grave de la carpeta asfáltica en pequeños fragmentos con pérdida progresiva de materiales que la componen.

Causas probables:

- 1) Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.
- 2) Acción de tránsito intenso y pesado.
- 3) Tendido de la carpeta en climas fríos o húmedos.
- 4) Agregados contaminados.
- 5) Contenido pobre de asfalto.
- 6) Sobrecalentamiento de la mezcla.
- 7) Compactación insuficiente
- 8) Acción de heladas o hielo.
- 9) Presencia de arcilla en cualquiera de las capas.
- 10) Separación de agregados y asfalto ligante.
- 11) Contaminación de solventes.
- 12) Envejecimiento y fatiga.
- 13) Desintegración de los agregados.
- 14) Sección estructural deficiente o escasa.

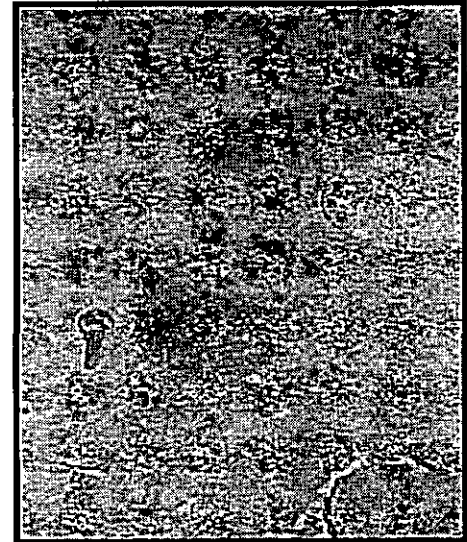


"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"**DEFORMACIONES****BURBUJA**

Definición: Ampolla de tamaño variable localizada en la superficie de rodamiento.

Causas probables:

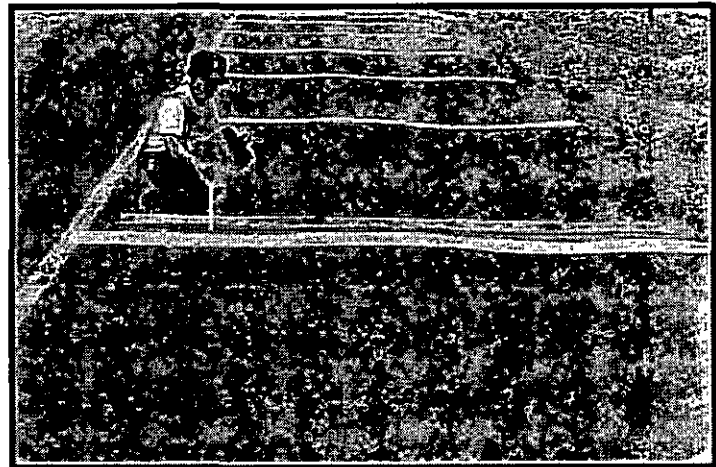
- 1) Presiones de vapor o aire en zonas de la capa de rodamiento.
- 2) Debilidad en espesor o consistencia.
- 3) Liberación de cal en bases estabilizadas.

**RODERAS O CANALIZACIONES**

Definición: Asentamiento o deformación permanente de la carpeta asfáltica en el sentido longitudinal debajo de las huellas o rodadas de los vehículos.

Causas probables:

- 1) Baja estabilidad de la carpeta.
- 2) Carpeta mal compactada.
- 3) Consolidación de una o varias de las capas subyacentes.

**ONDULACIONES TRANSVERSALES (CORRUGACIONES)**

Definición: Ondulaciones de la carpeta asfáltica en el sentido perpendicular al eje del camino que contienen en forma regular crestas y valles alternados, regularmente con separación menor a 60 cm. entre ellas.

Causas probables:

- 1) Unión deficiente entre capas asfálticas y/o base.
- 2) Estabilidad de la mezcla deficiente.
- 3) Acción de tránsito intenso.
- 4) Bases de mala calidad.
- 5) Fuerzas tangenciales producto de aceleraciones y frenado de vehículos.
- 6) Mala calidad de los materiales que conforman la carpeta.
- 7) Deformaciones diferenciales de suelos de cimentación que se reflejan en capas superiores.

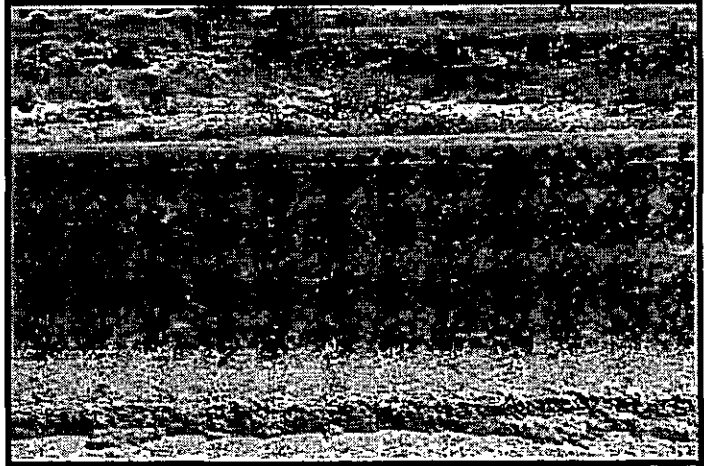


CRESTAS LONGITUDINALES MASIVAS

Definición: Montículos o crestas en el sentido paralelo al eje del camino, presentándose 2 y hasta 4 crestas a todo lo largo de ciertos tramos.

Causas probables.

- 1) Liga inadecuada entre capas asfálticas.
- 2) Pésima estabilidad de la mezcla asfáltica.
- 3) Ligante de dudosa calidad.
- 4) Flujo de la mezcla por acción de derrame de combustible (Diesel)
- 5) Tránsito intenso muy canalizado.

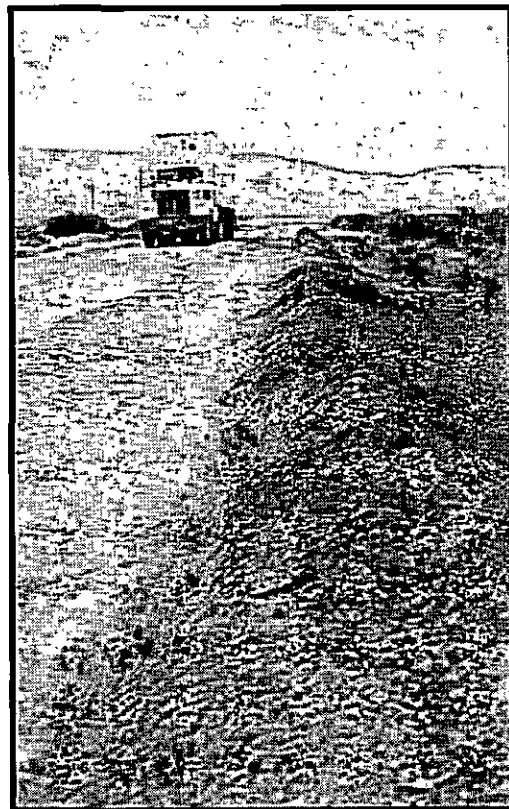


DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL DE LA SECCIÓN DEL PAVIMENTO

Definición: Protuberancias prolongadas de magnitudes considerables en la dirección del tránsito, al borde de la carretera, causando destrucción total en corto plazo.

Causas probables:

- 1) Fuertes asentamientos longitudinales.
- 2) Falta de capacidad estructural del conjunto de capas del pavimento.
- 3) Sobrecargas intensas.
- 4) Nula estabilidad de la carpeta.
- 5) Nulo soporte lateral o confinamiento.
- 6) Insuficiente valor relativo de soporte de las capas.
- 7) Nula compactación.

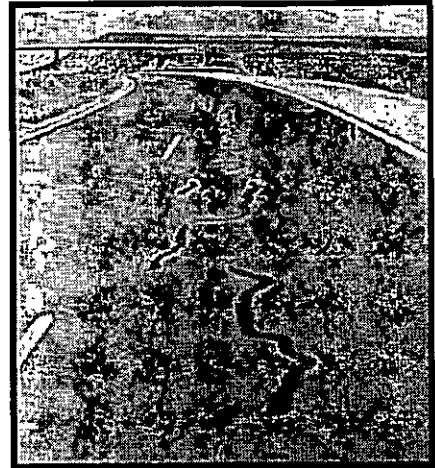


"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"**GRIETA ERRÁTICA O EN ZIG-ZAG**

Definición: Agrietamiento en desorden de la carpeta asfáltica, siguiendo patrones longitudinales en forma errática o de zig-zag.

Causas probables:

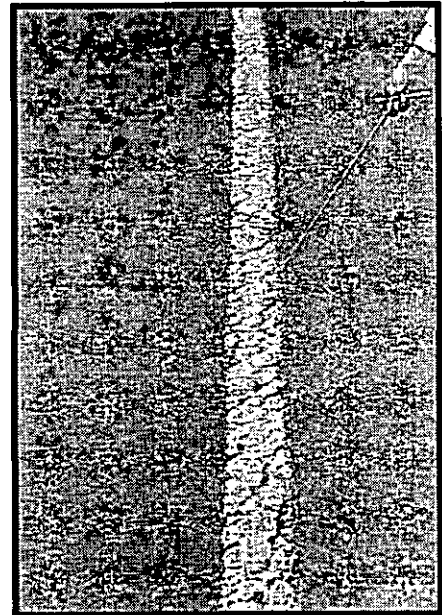
- 1) Acción de hielo.
- 2) Cambios extremos de temperatura.
- 3) Base defectuosa.
- 4) Terraplenes con taludes inestables.

**GRIETAS FINAS**

Definición: Pequeñas fisuras superficiales muy próximas la una con la otra, ya que no conforman un patrón regular y se entienden a cierta profundidad, pero no al espesor total de la carpeta.

Causas probables:

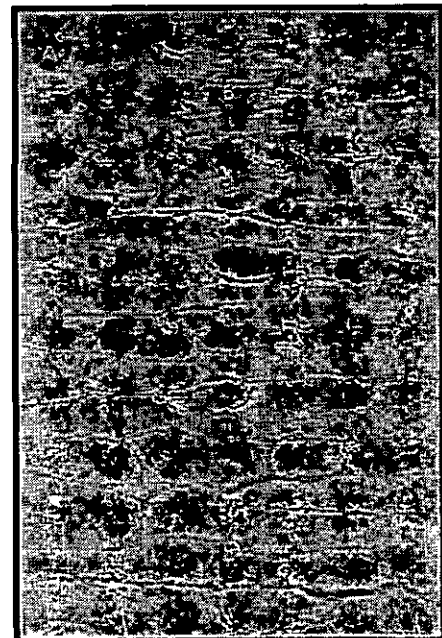
- 1) Envejecimiento de la carpeta asfáltica.
- 2) Oxidación del asfalto.
- 3) Mala dosificación de asfalto.
- 4) Exceso de finos en carpeta asfáltica.
- 5) Compactación efectuada con mezclas muy calientes.

**AGRIETAMIENTO PIEL DE COCODRILO**

Definición: Fisuras en la superficie de la carpeta asfáltica, formando un patrón regular con polígonos hasta de 20 cms. Grietas interconectadas formando pequeños polígonos que asemejan la piel de un cocodrilo.

Causas probables:

- 1) Soporte inadecuado de la base.
- 2) Debilidad de la estructura del pavimento.
- 3) Carpetas rígidas sobre suelos de cimentación resilientes.
- 4) Fuertes solicitaciones del tránsito.
- 5) Fatiga.
- 6) Envejecimiento.
- 7) Escasez de espesor de la carpeta.
- 8) Evolución progresiva de agrietamiento tipo mapa.

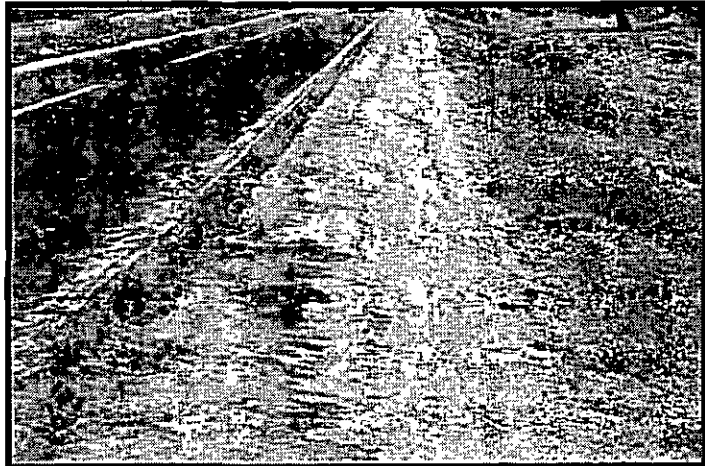


AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL EN HOMBRO DE TERRAPLÉN

Definición: Líneas de rotura producidas en los bordes de la carretera paralelas al eje de la misma.

Causas probables:

- 1) Movimiento diferencial en ampliaciones de corona.
- 2) Cambios volumétricos diferenciales entre el hombro del terraplén y la parte central del mismo.
- 3) Rotura de equilibrio hidráulico.
- 4) Degeneración por fallas de talud.
- 5) Empuje hidrostático de agua almacenada.
- 6) Influencia de la compactación (nula/poca/excesiva)
- 7) Susceptibilidad de suelos finos al agrietamiento.
- 8) Uso de materiales finos muy plásticos.
- 9) Acción capilar intensa.
- 10) Acción solar fuerte.
- 11) Alteración período seco-lluvia.

**VARIOS****LLORADO DE ASFALTO**

Definición: Flujo de liberación del asfalto hacia la superficie de una carpeta asfáltica, formando una película o capa peligrosa y/o ascenso del asfalto a través de grietas.

Causas probables:

- 1) Exceso de asfalto.
- 2) Excesiva compactación de mezclas ricas.
- 3) Temperatura de compactación muy elevada.
- 4) Sobredosificación de riego de liga.



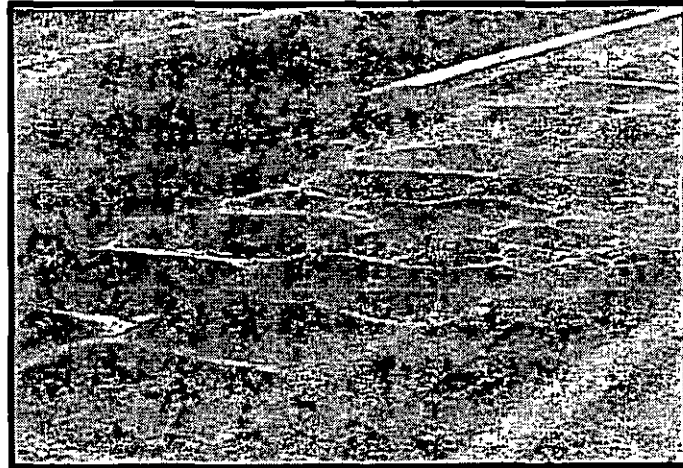
"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

EXPULSIÓN DE FINOS

Definición: Material fino sobre la superficie de rodamiento, acumulado en zonas adyacentes a las grietas, de color blanquizco en esta fotografía.

Causas probables:

- 1) Acumulación de agua libre en capas subyacentes.
- 2) Exceso de finos en capas de la sección del pavimento.
- 3) Expulsión de cemento a través de grietas, en bases estabilizadas.
- 4) Acción de tránsito intenso.

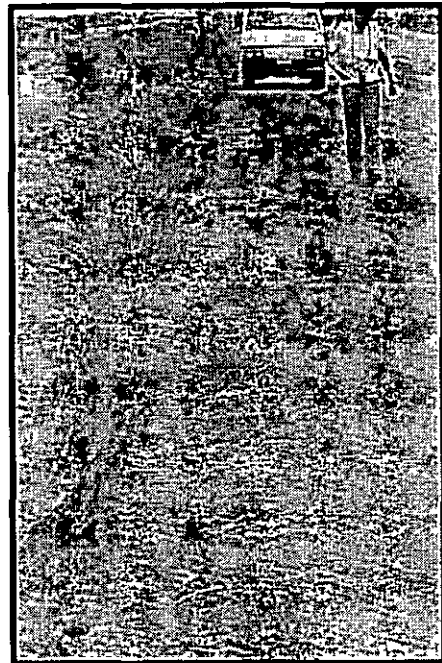


CRECIMIENTO DE HIERBA A TRAVÉS DE LA CARPETA

Definición: Producto de agrietamiento en acotamientos y en los hombros de la carretera; hierba silvestre crece aflorando por las grietas y avanzando con la humedad hasta prácticamente erosionar o destruir parte de la carpeta.

Causas probables:

- 1) Drenaje superficial deficiente.
- 2) Labores de conservación inadecuadas.
- 3) Falta de sellado de las grietas cuando aparecen.



CRECIMIENTO DE HIERBA ENTRE CARPETA Y CUNETA PARA DRENAJE SUPERFICIAL

Definición: Jardín silvestre que aflora o crece longitudinalmente, entre la carpeta asfáltica y las cunetas de concreto hidráulico para drenaje superficial.

Causas probables:

- 1) Drenaje superficial deficiente.
- 2) Labores de conservación inadecuadas.
- 3) Falta de sellado longitudinal.

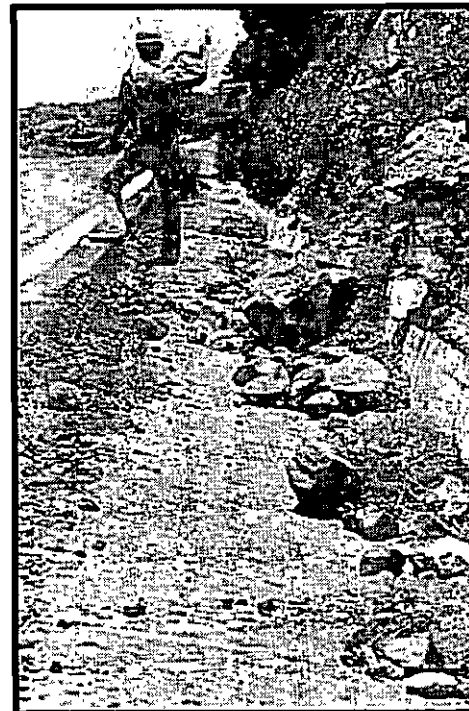


OBSTRUCCIÓN DEL DRENAJE POR DESPRENDIMIENTO DE ROCAS

Definición: En taludes muy verticales es frecuente el desprendimiento de rocas sobre la carretera y en especial en los acotamientos para drenaje superficial.

Causas probables:

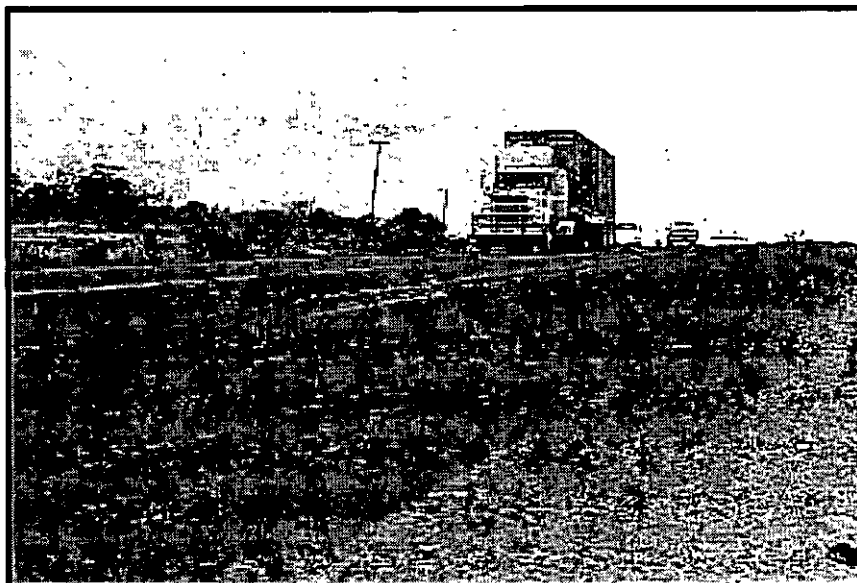
- 1) Falta de mantenimiento preventivo oportuno.

**BORDE LONGITUDINAL O ELEVACIÓN DIFERENCIAL DE LA CARPETA ENTRE CARRILES**

Definición: Cambio brusco del perfil transversal de la superficie de rodamiento entre tendido de capas.

Causas probables:

- 1) Deficiencia en procedimientos constructivos.
- 2) Deficiencia en control de calidad.
- 3) Asentamientos longitudinales.
- 4) Discontinuidad en el bombeo.



7. TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE CARPETAS ASFÁLTICAS.

INTRODUCCIÓN

Una planta de asfalto es un conjunto de equipos mecánicos electrónicos en donde los agregados son combinados, calentados, secados y mezclados con asfalto para producir una mezcla asfáltica en caliente que debe cumplir con ciertas especificaciones. Una planta de asfalto puede ser pequeña o puede ser grande. Puede ser fija (situada en un lugar permanente) o puede ser portátil (transportada de una obra a otra). En términos generales cada planta puede ser clasificada como (1) planta de dosificación (Figura 4.1), o como (2) planta mezcladora de tambor (Figura 4.2). Las diferencias entre las plantas de dosificación y las plantas mezcladoras de tambor se describen mas adelante.

RESPONSABILIDADES DEL INSPECTOR DE PLANTA

El inspector de planta es un miembro importante dentro del equipo de personas que comparte la responsabilidad de producir una mezcla de alta calidad. Su función principal consiste en observar la operación de la planta y muestrear los productos finales para revisar la conformidad de la mezcla. El inspector debe saber "cómo" y "porqué" se debe efectuar el trabajo. El debe estar enterado de todo lo que esta sucediendo y deberá notificar cualquier problema al supervisor de la planta. Sin embargo, un inspector nunca deberá asumir la responsabilidad de graduar cualquiera de los controles de la planta, o de fijar cualquier medidor, manómetro o contador.

Es muy importante que el inspector mantenga una actitud de cooperación y ayuda, mostrando a la vez firmeza y justicia en sus decisiones, y siendo siempre fiel a sus responsabilidades

Catorce partes principales

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Tolva fría | 8. Unidad de cribado |
| 2. Compuerta de alimentación en frío | 9. Tolvas calientes |
| 3. Elevador de material en frío | 10. Caja pesadora |
| 4. Secador | 11. Unidad de mezclado - oarmasadero |
| 5. Colector de polvo | 12. Deposito de relleno mineral |
| 6. Chimenea de escape | 13. Deposito de cemento asfáltico caliente |
| 7. Elevador de material en caliente | 14. Cuba de pesado de asfalto |

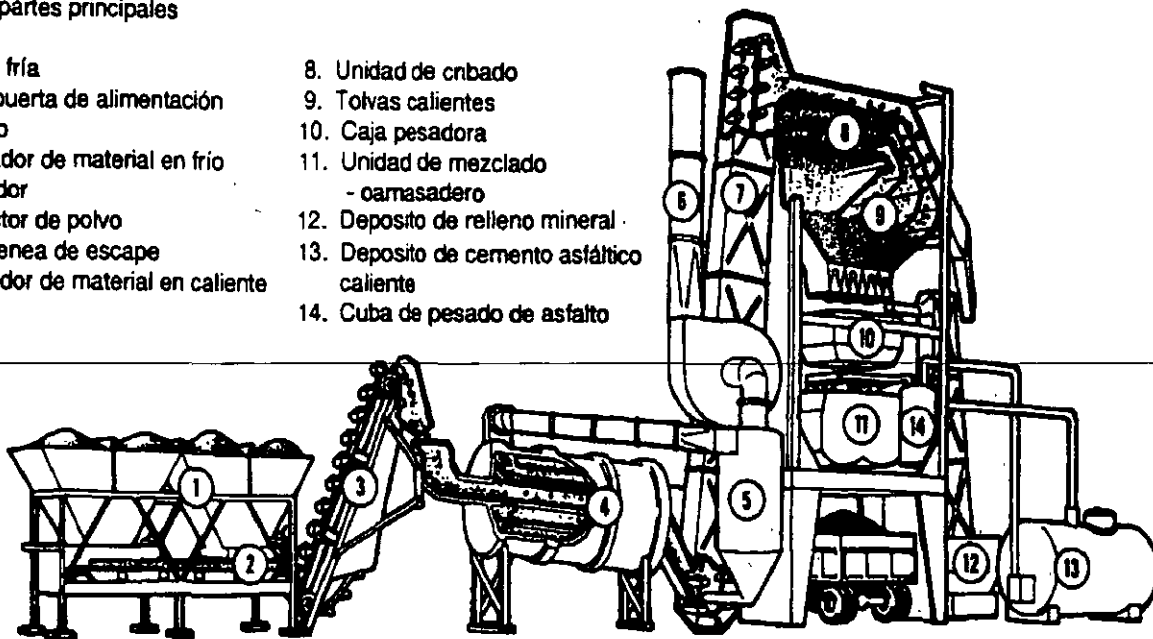


FIGURA 4.1 - Vista en Corte de una Planta de Dosificación.

En general, las obligaciones del inspector incluyen:

- Sacar muestras, ensayar y evaluar los materiales para revisar conformidad con las especificaciones.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

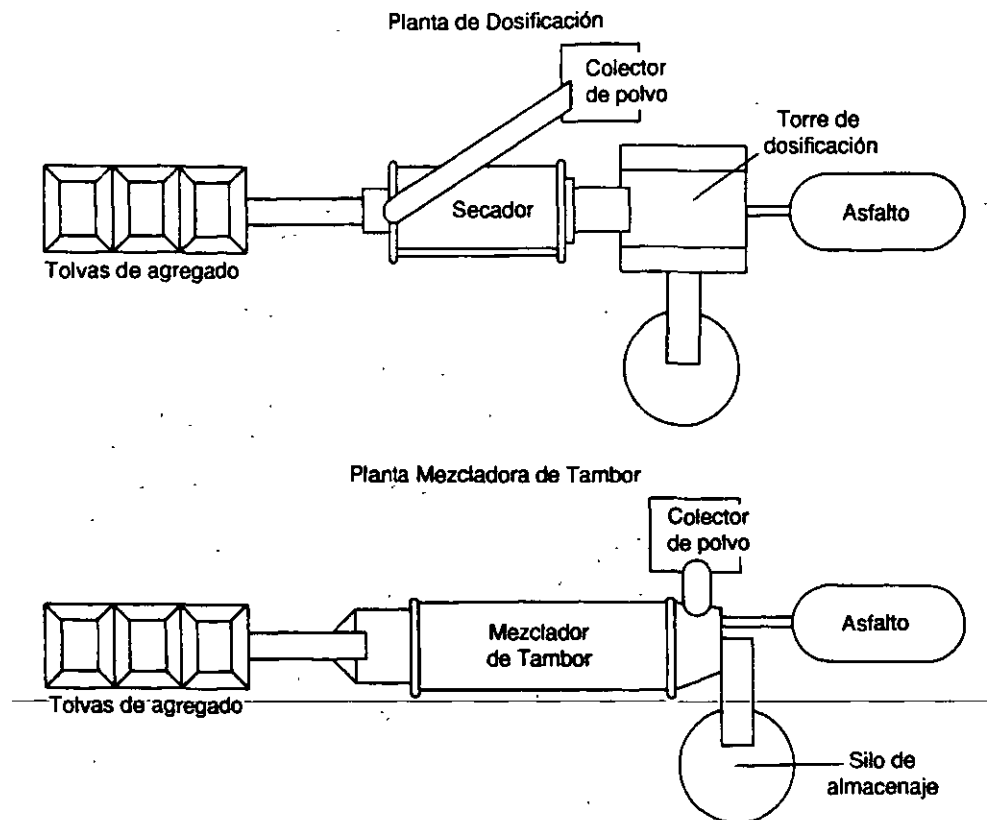


FIGURA 4.3 - Disposición Típica de Equipos en la Planta de Dosificación y en la Planta Mezcladora de Tambor.

MATERIALES

La calidad de la mezcla en caliente producida es tan buena como la calidad de los materiales usados en la planta. Por lo tanto, una de las obligaciones primordiales del inspector es la de garantizar la disponibilidad de una adecuada reserva de materiales apropiados antes de, y durante, las operaciones de la planta. En las secciones siguientes se examina el manejo y control del asfalto y del agregado. Los fundamentos presentados se aplican a todas las plantas de concreto asfáltico.

ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE AGREGADOS

El inspector tiene la responsabilidad de ver que los agregados sean acopiados y manejados de tal manera que se minimice la degradación y la segregación, y se evite la contaminación. El área de acopio deberá estar limpia y estable para prevenir contaminación. Se deberán tomar las medidas necesarias para prevenir que los diferentes agregados se entremezclen. Dichas medidas incluyen tener un espacio suficiente que permita la separación de las pilas de agregado, o el uso de muros de contención entre las pilas. Si se usan muros, estos deberán extenderse hasta la altura completa de la pila para prevenir rebalses. También deberán ser lo suficiente fuertes para no ceder bajo los esfuerzos aplicados.

La manera como los agregados deben ser manejados durante el acopio depende de la naturaleza misma del material. Los agregados finamente graduados (tales como arenas y materiales finos) y los de un solo tamaño no requieren el mismo cuidado en su manejo que los agregados gruesos compuestos de varios tamaños de partícula. Las arenas, el agregado triturado fino, y los agregados de un solo tamaño (especialmente los tamaños pequeños) pueden ser manejados y almacenados casi de cualquier manera. Las combinaciones de agregados, sin embargo, requieren

“TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA”

Para obtener muestras, use una pala de punta cuadrada con bordes doblados hacia arriba tal que formen una cuchara. Introduzca horizontalmente la cuchilla de la pala dentro de la pila y remueva una palada de material. Tenga cuidado de no dejar caer ninguna de las partículas. Luego coloque el agregado en un balde. Las paladas siguientes serán colocadas en el mismo balde.

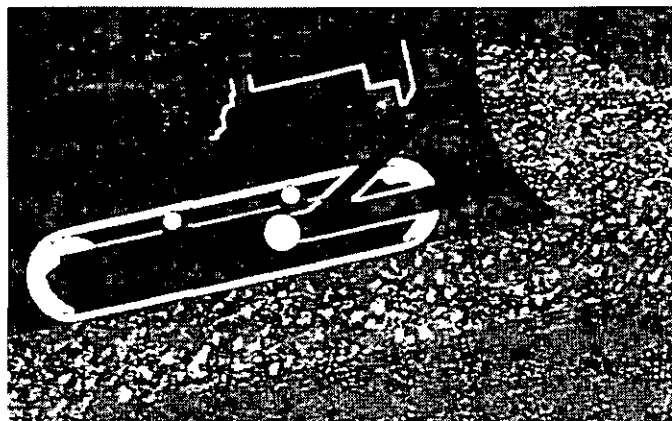


FIGURA 4.6 - Segregación Causada por la Topadora.

Asegúrese de obtener una palada de agregado, en el área de muestreo, de cada nivel de la pila. Es importante que las áreas de muestreo no estén en línea vertical. Estas deberán estar más bien escalonadas alrededor, o dentro, de la pila, para garantizar muestras representativas.

MUESTREO DEL AGREGADO

Las cantidades usadas para muestreo de agregado están señaladas en la Figura 47. La información incluye pesos recomendados de muestras basados en el tamaño máximo de partícula del agregado. Recuérdese que las muestras mas representativas son tomadas de la banda de alimentación, y no de la pila o la tolva.

El muestreo estadístico esta fuera del alcance de esta discusión Si llegara a ser necesario, la norma ASTM D 3665, Método Normalizado para Muestreo Aleatorio, describe procedimientos para dicho muestreo.

Tamaño Máximo Nominal de Partículas, (Porcentaje que pasa)		Peso mínimo de muestras de campo*	
mm	Agregado Fino	lb	kg
2.36	No. 8	10	5
4.75	No. 4	10	5
Agregado Grueso			
9.5	3/8 in.	10	5
12.5	1/2 in.	20	10
19.0	3/4 in.	30	15
25.0	1 in.	50	25
37.5	1-1/2 in.	70	30
50.0	2 in.	90	40
63	2-1/2 in.	100	45
75	3 in.	125	60
90	3-1/2 in.	150	65

*Las muestras para los ensayos deben obtenerse de la muestra de campo mediante un cuarteo, o mediante cualquier otro medio que garantice una porción representativa.

FIGURA 4.7 - Tamaño de Muestras.

ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEL ASFALTO

Las cantidades de asfalto almacenadas en la planta deben ser suficientes para permitir una operación uniforme en la misma, aún si se tienen en cuenta los cargamentos retrasados y el tiempo de los ensayos de aceptación. La mayoría de las plantas tienen al menos dos tanques de asfalto - un tanque de trabajo y uno de reserva (Figura 4.9). Cuando se requiere más de un grado de asfalto para una obra, es necesario disponer de un tanque para cada grado.

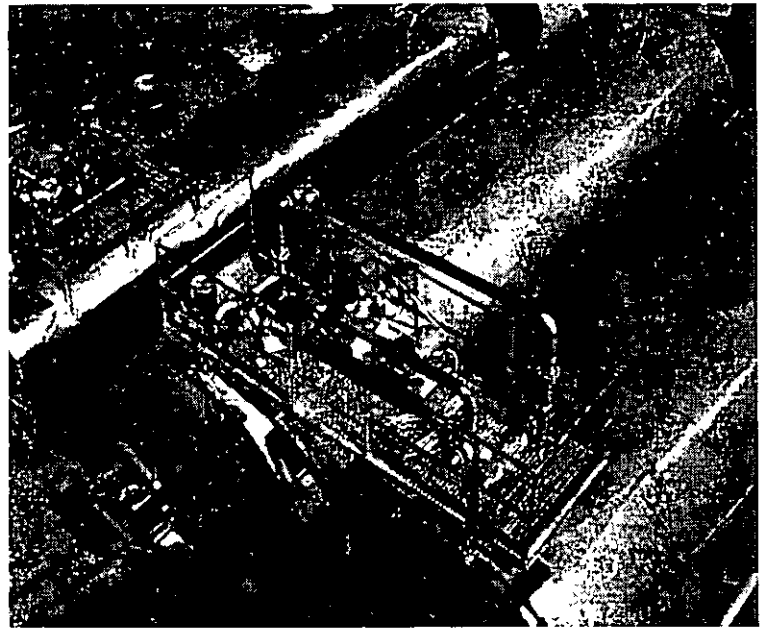


FIGURA 4.9 - Una Serie de Tanques de Almacenamiento de Asfalto.

Los tanques de almacenamiento de asfalto deberán ser calibrados para que la cantidad remanente de material en el tanque pueda ser determinada en cualquier momento. También deberán ser calentados para mantener el asfalto lo suficiente fluido para que pueda moverse por las líneas de carga y descarga. El calentamiento se hace eléctricamente o circulando aceite caliente a través de serpentines en el tanque. Independientemente del método usado, nunca una llama de fuego deberá entrar en contacto directo con el tanque.

Cuando se usa aceite circulante caliente, el nivel de aceite en el depósito de la unidad de calentamiento deberá revisarse periódicamente. Una disminución en el nivel puede indicar escape de aceite hacia el tanque, lo cual puede causar contaminación del asfalto.

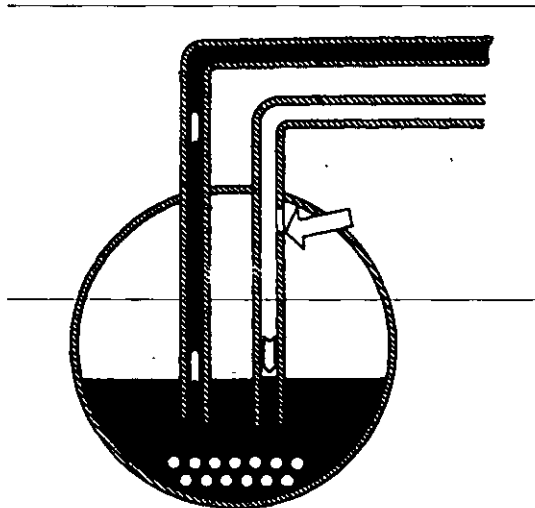


FIGURA 4.10 - Línea de Retorno de Asfalto.

Todas las líneas de transferencia, bombas y cubetas pesadoras deben tener calentadores de serpentín o chaquetas para que el asfalto siempre permanezca con suficiente fluidez para ser bombeado. Uno o más termómetros deberán colocarse en el sistema de alimentación de asfalto para garantizar el control de la temperatura del asfalto.

Las líneas de retomo que descargan en el tanque de almacenamiento deberán estar siempre por debajo del nivel de asfalto para prevenir que el asfalto se oxide durante su circulación (Figura 4.10). Para romper el vacío creado en las líneas cuando se invierte la bomba, y para limpiar las líneas, se deben cortar dos o tres ranuras verticales en la línea de retomo dentro del tanque, por encima de la marca de máximo nivel.

Se puede instalar una válvula o espiga en el sistema de circulación para permitir muestreo de asfalto. Cuando se este muestreando en el sistema de circulación, se deberá tener mucha precaución, puesto que la presión en las líneas puede causar salpicaduras de asfalto caliente.

 "TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

El sistema neumático generalmente consiste de una tolva receptora, un transportador de tornillo sin fin, un elevador hermético al polvo, y un silo (Figura 4.12). El elevador carga el silo, de donde el relleno es dosificado a la planta. El silo también puede ser cargado directamente de camiones. El relleno mineral es normalmente introducido a la mezcla en la tolva pesadora de la planta de dosificación. En algunas plantas puede existir un sistema separado de pesaje.



En una planta mezcladora de tambor el relleno mineral es introducido neumáticamente, a través de tubería, por el mismo lugar donde es introducido el asfalto.

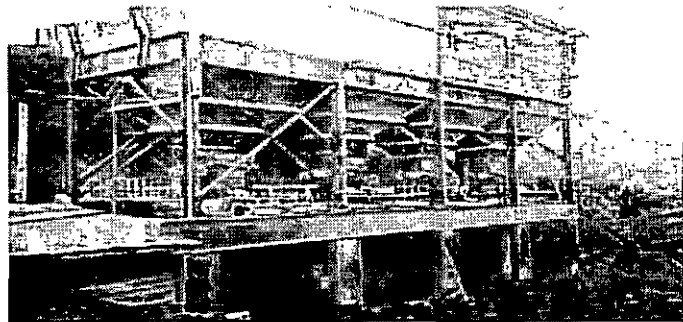


FIGURA 4.12 - Sistema de Silo para Alimentación de Relleno Mineral.

En las plantas donde el volumen de asfalto usado no justifica un silo, podrá usarse un sistema alimentador de sacos.

Este sistema consiste de un alimentador, un elevador hermético al polvo, una tolva, un transportador de tornillo sin fin o un alimentador de paletas, y un conducto de rebose.

En ambos sistemas, de silo y de sacos, la dosificación final del relleno mineral en la mezcla se logra a través de un alimentador de paletas de velocidad variable, o alimentador de tornillo o banda, dependiendo del material a ser manejado y de la capacidad requerida. En cada caso, el mecanismo alimentador de relleno mineral está entrelazado con los mecanismos de alimentación de agregado y asfalto para garantizar un proporcionamiento uniforme.

El manejo de relleno mineral también incluye un sistema colector de polvo. Los colectores de polvo están diseñados para atrapar el relleno mineral que se escapa de la mezcla de agregado y luego devolverlo a la planta para ser incorporado en la mezcla en caliente.

Cuando se presenta un exceso de finos en la alimentación del agregado en bruto, puede emplearse un sistema de paso para recibir el relleno recogido por el colector de polvo. La cantidad que se requiere de relleno es luego realimentada en la mezcla y cualquier cantidad en exceso es desviada hacia un depósito de almacenaje para ser evacuada o para otros usos.

CONTROL DE ALIMENTACIÓN

Cuando el relleno mineral es adicionado a la mezcla su proporción debe ser exacta. En consecuencia, el flujo de relleno mineral hacia la planta debe ser cuidadosamente controlado y revisado con frecuencia.

El porcentaje de relleno mineral que va hacia la mezcla en caliente puede ser calculado midiendo la cantidad de relleno consumida en la planta durante la producción de una cantidad dada de mezcla en caliente.

Cuando el relleno mineral es suministrado y almacenado en masa (el caso de silos), no es generalmente práctico medir la cantidad almacenada. En lugar de ello, se debe revisar con sumo cuidado, y con frecuencia, la calibración de los mecanismos de alimentación y pesaje.

OTROS MATERIALES

Registros similares deberán ser mantenidos para todo material que va a ser incorporado en la mezcla; tal como aditivos de relleno mineral.

OPERACIONES SIMILARES: PLANTAS DE DOSIFICACIÓN Y MEZCLADORAS DE TAMBOR

Ciertas operaciones de planta son comunes para la planta de dosificación y la planta mezcladora de tambor. Estas operaciones incluyen:

- Almacenamiento y alimentación de agregado frío.
- Control y colección de polvo.
- Almacenamiento de mezcla.
- Pesaje y manejo.

Cada uno de estos tópicos es discutido mas adelante en diferentes sub-secciones. También, común a todas las plantas es la importancia de la uniformidad y el balance, tanto en los materiales usados como en las operaciones de planta. La uniformidad garantiza que la mezcla en caliente cumpla consistentemente con las especificaciones, e incluye la uniformidad en los materiales, uniformidad en el proporcionamiento de materiales, y uniformidad continua en la operación de todos los componentes de la planta. Los cambios en las características o proporciones de materiales, y las interrupciones y arranques intermitentes en las operaciones de la planta, hacen que la producción de una mezcla en caliente, conforme con las especificaciones de la obra, sea una labor extremadamente difícil.

El balance abarca la coordinación cuidadosa de todos los elementos de producción.

El balance de las cantidades de materiales con la producción de planta, y el balance de la producción de la planta con las operaciones de colocación del pavimento, garantiza un esfuerzo continuo y uniforme de producción y colocación.

La uniformidad y el balance están garantizados cuando hay una preparación cuidadosa. Los materiales deben ser muestreados y ensayados, y los componentes de la planta deben ser cuidadosamente inspeccionados y calibrados, antes de comenzar la producción.

ALMACENAJE Y ALIMENTACIÓN EN FRÍO DE AGREGADO

Descripción General

El sistema de acopio y alimentación en frío de agregado mueve agregado frío (sin calentar) del almacenaje a la planta.

El alimentador de agregado frío es el primer componente principal de la planta de mezclas asfálticas en caliente. El alimentador en frío puede ser cargado usando cualquiera, o una combinación, de tres métodos diferentes:

(1) Tolvas abiertas con dos, tres o cuatro compartimientos, usualmente alimentadas por un cucharón de almeja de una grúa o por un cargador de tractor.

(2) Túnel debajo de apilamientos separados por muros de contención. Los materiales son apilados sobre el túnel mediante banda transportadora, camión, grúa, o cargador de tractor.

(3) Arcones o tolvas grandes. Estos son usualmente alimentados por camiones, descargadoras de vagón, o vagones de descarga inferior descargando directamente sobre los arcones.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Existen varios tipos de alimentadores en frío. Entre los más comunes se encuentran: (1) tipo continuo de banda, (2) tipo vibratorio, y (3) tipo mandil. Cada uno está ilustrado en la Figura 4.14.

Generalmente, los alimentadores continuos de banda se consideran los mejores para agregados finos. Cualquiera de los tres tipos de alimentadores es adecuado para manejar agregados gruesos.

GARANTIZANDO EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR

El inspector deberá revisar el sistema alimentador antes y durante la producción para asegurarse que este funcionando correctamente. Esto se debe a que es importante, para la producción de mezcla en caliente, tener un flujo uniforme de agregado correctamente graduado. Las condiciones que el inspector puede revisar para ayudar a garantizar un correcto funcionamiento del alimentador incluyen:

- Tamaños correctos de agregados en las pilas y en las tolvas frías.
- Ninguna segregación de agregados.
- Ningún entremezclado de reservas de agregado.
- Compuertas alimentadoras calibradas, aseguradas y ajustadas con exactitud.
- Ninguna obstrucción en las compuertas alimentadoras o en las tolvas frías.
- Ajustes correctos en los controles de velocidad.

CALIBRANDO Y AJUSTANDO LOS ALIMENTADORES

Las compuertas alimentadoras de agregado frío deben estar calibradas, ajustadas y aseguradas para garantizar un flujo uniforme de agregado. Mientras que esta calibración es responsabilidad del contratista, el inspector también deberá estar enterado de los métodos y procedimientos usados.

Las compuertas deberán estar calibradas para cada tipo y tamaño de agregado usado. Los fabricantes generalmente suministran calibraciones aproximadas para las aberturas de compuerta de sus equipos, pero la única manera exacta para fijar las compuertas es la de preparar gráficos de calibración basados en los agregados que van a ser usados en la mezcla. El inspector deberá examinar los gráficos de calibración de los alimentadores en frío para estar enterado de los ajustes de cantidades de producción.

Existen dos métodos para calibrar los alimentadores en frío de agregado: (1) aberturas ajustables de compuerta con alimentadores de banda de velocidad fija, y (2) aberturas semi-fijas de compuerta con alimentadores de banda de velocidad variable.

Aberturas Ajustables de Compuerta con Alimentadores de Banda de Velocidad Fija

En este método, la calibración comienza al abrir primero una compuerta un 25 por ciento, o menos, de su máxima abertura, y luego poniendo en marcha el alimentador. Cuando el alimentador esté funcionando aproximadamente a la misma velocidad a la cual operará durante la producción real, se procede a recoger en un recipiente, y a pesar, el agregado que sale de la compuerta después de un determinado intervalo de tiempo. Si la compuerta que está siendo calibrada es del tipo que descarga directamente sobre el sistema alimentador principal de banda transportadora, entonces deberá determinarse el flujo por minuto de material, para la abertura de compuerta que se está revisando, usando la siguiente ecuación:

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Ahora, para la abertura de 5 centímetros, los siguientes datos fueron recopilados:

<u>Abertura de compuerta</u>	<u>W</u>	<u>R</u>	<u>r</u>	<u>m</u>
5 cm.	14.3 kg.	75 m/minuto	1.5 m.	0.03 (3%)

Usando la ecuación,

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{WR}{r(1+m)} \\
 &= \frac{(14.3)(75)}{1.5(1+0.03)} \\
 &= 694 \text{ kg./minuto}
 \end{aligned}$$

Cuando la compuerta se abre 5 centímetros, la Tolva #1 suministra agregado a una tasa de 694 kg./minuto.

A continuación se muestran los resultados y los cálculos de las tasas de flujo para las otras aberturas de compuerta de la Tolva #1, y para las aberturas de compuerta de las otras tolvas.

Tolva #1 Piedra Triturada (gruesa)

<u>Abertura (cm.)</u>	<u>W (kg.)</u>	<u>R (m./min.)</u>	<u>r (m.)</u>	<u>m (%)</u>	<u>q (kg./min.)</u>
5	14.3	75	1.5	3	694
10	31.2	75	1.5	3	1515
15	37.9	75	1.2	3	2300
20	36.2	75	1	3	2636

Tolva #2 Piedra Triturada (intermedia)

<u>Abertura (cm.)</u>	<u>W (kg.)</u>	<u>R (m./min.)</u>	<u>r (m.)</u>	<u>m (%)</u>	<u>q (kg./min.)</u>
5	13	75	1.5	6	613
10	26.9	75	1.5	6	1269
15	32.3	75	1.2	6	1904
20	31.2	75	1	6	2208

Tolva #3 Agregado Fino

<u>Abertura (cm.)</u>	<u>W (kg.)</u>	<u>R (m./min.)</u>	<u>r (m.)</u>	<u>m (%)</u>	<u>q (kg./min.)</u>
5	11.2	75	1.5	3	544
10	21.5	75	1.5	3	1044
15	31.7	75	1.5	3	1539
20	39.2	75	1.2	3	2379

Tolva #4 Relleno

<u>Abertura (cm.)</u>	<u>W (kg.)</u>	<u>R (m./min.)</u>	<u>r (m.)</u>	<u>m (%)</u>	<u>q (kg./min.)</u>
5	8.4	75	1.5	4	404
10	18.9	75	1.5	4	909
15	27.4	75	1.5	4	1317
20	34	75	1.5	4	1635

Teniendo ya el gráfico completo de calibración, se procede a determinar las aberturas correctas de compuerta para cada tolva. Al hacer esta determinación, la cantidad de descarga de cada compuerta debe ser balanceada con las cantidades de descarga de las otras compuertas para garantizar la correcta graduación en la mezcla.

Las aberturas de compuerta dependen de la producción proyectada en la planta, en toneladas por hora. Para el problema del ejemplo considere una tasa de producción en la planta de 250 toneladas por hora. Las aberturas de compuerta necesarias para esta tasa de producción se calculan usando la segunda ecuación.

Aberturas Semi-Fijas de Compuerta con Alimentadores de Banda de Velocidad Variable

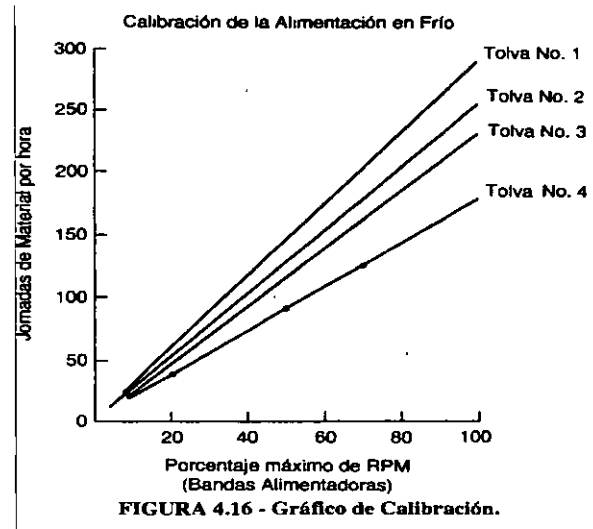
En muchas plantas modernas, las compuertas de alimentación en frío no son ajustadas para cada rango, sino que son controladas por alimentadores de banda y alimentadores vibratorios de velocidad variable (medida en revoluciones por minuto - RPM).

La velocidad de la banda es ajustada de acuerdo a la tasa de producción deseada.

Para efectuar esta calibración todas las tolvas son llenadas con sus respectivos tamaños de agregados. Luego la planta es puesta en marcha y el primer alimentador se ajusta para que funcione a un determinado RPM. Una vez la planta esta operando uniformemente, se procede a recoger y pesarla cantidad de material descargado durante un periodo determinado de tiempo, por ejemplo 30 minutos.

Este procedimiento se repite por lo menos para tres calibraciones (20, 50, y 70 RPM, por ejemplo) en la misma tolva o alimentador. La tasa de producción para el primer alimentador, para cada una de las RPM, es luego calculada y trazada sobre una gráfica similar a la de la Figura 4.16. El procedimiento completo es repetido para cada uno de los alimentadores restantes.

Para determinar el nivel de graduación de las RPM en cada alimentador, para una tasa específica de producción total, se sigue un procedimiento parecido al que se mostró en el ejemplo anterior.



La información de calibración, las mediciones de abertura de compuerta, y la velocidad de los alimentadores (RPM) deberán ser registradas por el inspector como parte de su diario. Los datos también deberán permanecer en un archivo en el laboratorio de la planta.

SISTEMAS DE CONTROL DE POLVO Y DE RECOLECCIÓN

La imposición de códigos o regulaciones de polución de aire es usualmente ejercida por la autoridad local de control de polución. Debido a que el sistema de control de polvo esta integrado en la operación de la planta, el inspector deberá, por lo menos, conocer los controles y equipos necesarios para cumplir con estas regulaciones.

DESCRIPCIÓN GENERAL

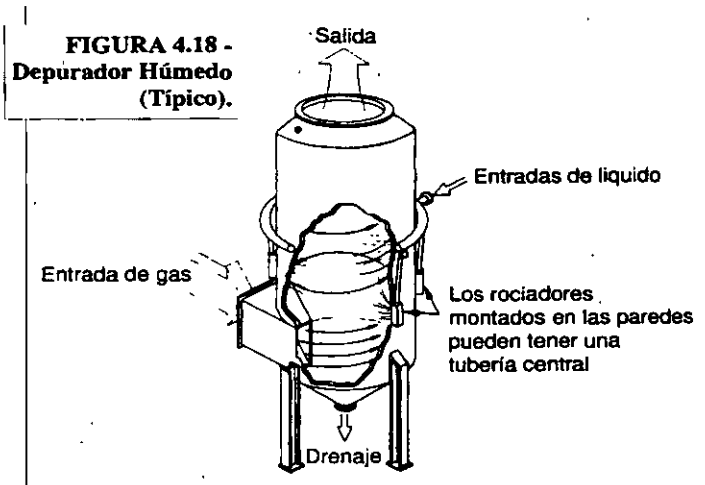
Los fabricantes de plantas de asfalto reconocen el problema de la polución de aire y han desarrollado equipos que restringen el escape de contaminantes en sus plantas. Aun así, durante la operación de una planta de asfalto algunos contaminantes gaseosos y partículas pueden escapar hacia el aire. Estos contaminantes deben ser limitados para cumplir con las regulaciones establecidas para aire limpio. Se requiere que el contratista este familiarizado con las leyes locales y estatales referentes a polución del aire.

Los códigos y regulaciones del control de polución de aire que conciernen a plantas de asfalto, incluyen, normalmente, una combinación de normas para control de emisiones en las chimeneas. La norma del método visual hace uso de un gráfico para clasificar la densidad del humo. El gráfico ilustra los colores y la claridad de varias densidades de humo. La revisión de emisiones se hace al

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

DEPURADORES HÚMEDOS

El propósito de un depurador húmedo (Figura 4.18) es el de atrapar partículas de polvo en gotas de agua y removerlas de los gases del escape. Esto se logra al romper el agua en pequeñas gotas y poniendo estas en contacto directo con los gases cargados de polvo. Como lo ilustra la figura, los gases del secador son introducidos en la cámara a través de una toma de entrada, mientras que el agua es rociada dentro de la cámara mediante boquillas que se encuentran alrededor de la periferia.



Los depuradores húmedos son equipos relativamente eficientes. Sin embargo tienen ciertas desventajas. Primero, el polvo atrapado en las gotas no se puede recuperar. Segundo, el agua de desecho que contiene el polvo debe ser manejada correctamente para prevenir que se convierta en otra fuente de polución.

Adicionalmente, los depuradores húmedos necesitan una fuente grande de agua, puesto que pueden usar más de 300 galones por minuto. La mayoría de los depuradores húmedos se usan en combinación con un colector de centrifuga. El ciclón (centrifuga) recoge los materiales mas gruesos y el depurador húmedo remueve los finos.

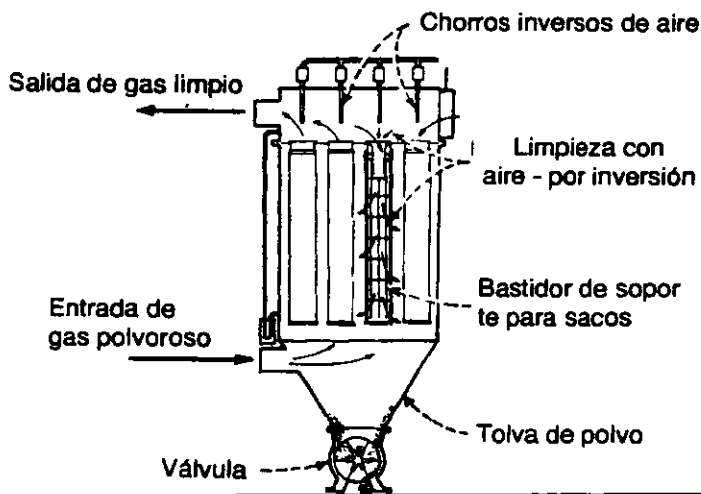
COMPORTAMIENTO DE FILTROS (Filtros de Tejido)

FIGURA 4.19 - Compartimiento de filtros (Típica).

Un compartimiento de filtros (Figura 4.19) es un lugar grande de metal que contiene cientos de bolsas de tejido sintético, resistente al calor, usualmente tratadas con silicona para aumentas su capacidad de recoger partículas muy finas de polvo. Un compartimiento de filtros trabaja muy parecido a como trabaja una aspiradora de polvo. Un ventilador grande de vacíos crea una succión dentro del compartimiento, la cual atrae aire sucio y lo filtra a través del tejido de las bolsas. Para manejar el inmenso volumen de gases provenientes del escape del secador de agregado, se requiere un numero muy grande de bolsas (una unidad típica puede contener hasta 800).

Un compartimiento de filtros esta dividido en una cámara de gas sucio y una cámara de gas limpio. Los balsos filtrantes se encuentran en la cámara de gas sucio, a donde entra el aire proveniente del secador. El flujo de aire que lleva las partículas de polvo pasa a través del tejido de las bolsas filtrantes, depositando el polvo en la superficie de la bolsa. El aire luego continúa hacia la cámara de gas limpio. Durante la operación los tejidos filtrantes atrapan grandes cantidades de polvo. Eventualmente, el polvo se acumula en una "torta de polvo" que debe ser removida antes de que disminuya o pare el flujo de gas a través del filtro. Hay muchas maneras de limpiar las bolsas en un colector, pero los métodos más comunes consisten en doblar las bolsas al reverso, hacer una limpieza al reverso con aire limpio, o ambas cosas. El polvo removido

DETERMINANDO EL PESO DE MATERIAL ENTREGADO

La cantidad de mezcla en caliente entregada en el lugar de pavimentación puede ser determinada usando uno de dos métodos (1) pesando los camiones cargados en básculas, o (2) usando un sistema automático de registro en la planta (en el caso de plantas totalmente automatizadas)

Cuando se usan básculas de camión estas deben ser del tipo que indica directamente el peso total del camión. Deben ser horizontales y tener suficiente tamaño para pesar todos los ejes del camión al mismo tiempo. El tipo de báscula de camión más comúnmente usado es la báscula de balancín (Figura 4.22).

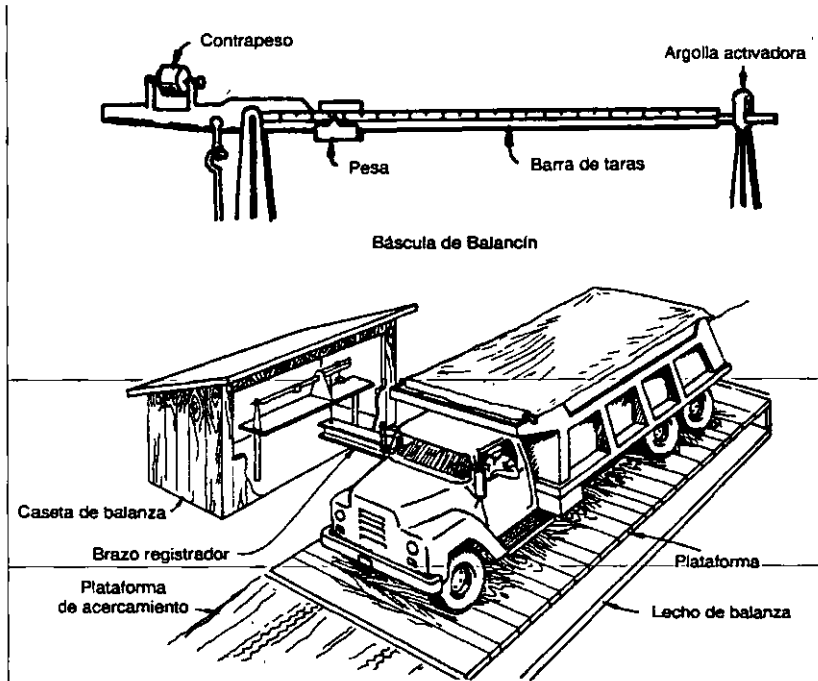


FIGURA 4.22 - Báscula de Camión y Plataforma Típica.

La exactitud de las básculas de camión debe ser revisada periódicamente. Para este propósito, el contratista carga un camión con algún tipo de material, pesa en la báscula el camión cargado, y luego lo pesa en otra serie de básculas certificadas. Las básculas de camión también deben estar balanceadas antes de ser usadas.

Durante un día normal de operaciones, el inspector deberá revisar frecuentemente la báscula para verificar que esté balanceada. La báscula puede descalibrarse cuando los camiones dejan lodo o material extraño sobre la plataforma. Si hay muy poco material extraño sobre la plataforma, la báscula puede ser balanceada de nuevo al fijar el contrapeso. Si la báscula no entra en equilibrio después de fijar el contrapeso, entonces deberá limpiarse la plataforma. Si después de limpiar la plataforma la báscula no entra en equilibrio entonces, las operaciones de planta deberán cesar hasta que la báscula vuelva a trabajar correctamente.

Además de las revisiones periódicas de la báscula y la plataforma, cada camión deberá ser aleatoriamente tarado (pesado cuando está vacío) y se deberá mantener un registro permanente de su peso neto en la caseta de pesaje.

Los boletos de pesaje impresos electrónicamente son ahora aceptados por varios estados y otras agencias (en los Estados Unidos). Estos boletos usualmente contienen pesos brutos, pesos de tara y pesos netos.

INSPECCIÓN DE LA MEZCLA EN CALIENTE

Las obligaciones del inspector no terminan con la revisión de los pesos de las cargas de los camiones. También debe hacer inspecciones visuales frecuentes de la mezcla a medida que esta es descargada de la planta al camión, y a medida que sale de la planta hacia el lugar de pavimentación. Muchos problemas graves en la mezcla pueden ser detectados mediante una cuidadosa inspección visual.

 "TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Aunque las inspecciones visuales son importantes, ellas no son suficientes. El inspector también debe tomar mediciones. La medición más común es la de la temperatura de la mezcla. Normalmente la temperatura de la mezcla de concreto asfáltico es tomada en el camión. El inspector siempre deberá hacer saber al conductor del camión lo que esta haciendo para que el camión permanezca quieto durante las inspecciones de la mezcla.

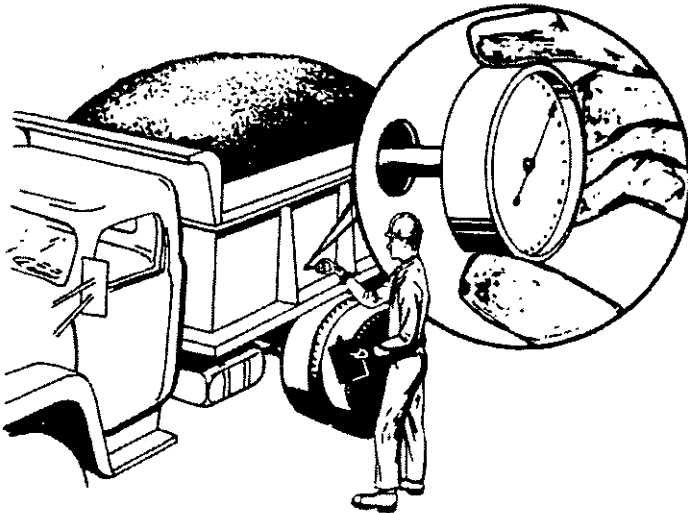


FIGURA 4.24 - Midiendo la Temperatura de la Mezcla en el Camión.

La mejor manera de determinar la temperatura de la mezcla es con un termómetro de cuadrante y vástago acorazado (Figura 4.24). El vástago deberá ser metido lo suficiente (al menos 150 mm. (6 in.)) dentro de la mezcla, y el material deberá estar en contacto directo con el vástago.

Un medidor térmico infrarrojo, tipo pistola, también puede ser usado. Este es un instrumento que mide el calor de reflexión de la superficie. Debido a que este instrumento solo detecta el calor de superficie, sus lecturas de temperatura pueden no ser precisas para el material que esta en medio de la carga.

Para solucionar este problema, el inspector deberá disparar el instrumento hacia la corriente de mezcla a medida que esta sale de la compuerta de descarga del mezclador o del depósito de compensación. Los medidores térmicos infrarrojos suministran lecturas generales rápidas, pero deben usarse con extremo cuidado al determinar la conformidad del contrato.

MUESTREO Y PRUEBAS DE MEZCLA EN CALIENTE

Propósito

El muestreo y las pruebas de la mezcla en caliente son las dos funciones más importantes en el control de planta. Los datos que surgen del muestreo y las pruebas determinan si el producto final cumple o no con las especificaciones. Por esta razón, los procedimientos de muestreo y de pruebas deben seguirse al pie de la letra para garantizar que los resultados provean un verdadero cuadro de las características y cualidades de la mezcla.

En muchas ocasiones, el inspector debe muestrear y ensayar material. En otras ocasiones, puede que solo sea responsable por muestrear material. Prescindiendo de sus responsabilidades en un proyecto específico, un inspector competente debe ser capaz de obtener muestras representativas, ejecutar ensayos de campo en laboratorio, e interpretar los resultados de las pruebas. Sin estas habilidades, el inspector será incapaz de determinar exactamente si la mezcla de pavimentación cumple o no con criterios de la obra.

Programación

El programa de procedimientos de muestreo y de prueba es normalmente especificado por la agencia contratante. El programa incluye información sobre la frecuencia, el tamaño, y la localización del muestreo, así como las pruebas que deben llevarse a cabo. La Figura 4.25 presenta un programa sugerido de muestreo y de pruebas.

“TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA”

por el inspector de pavimentación. Comúnmente, las especificaciones requieren que el pavimento se compacte hasta un porcentaje mínimo de la densidad-máxima teórica o de la densidad obtenida mediante compactación de laboratorio. Cuando se usa la densidad máxima teórica, el inspector de planta debe obtener, del laboratorio central, las gravedades específicas de los componentes de la mezcla para poder calcular la densidad teórica. Cuando se usa la densidad obtenida mediante compactación de briquetas de laboratorio, las briquetas deben ser compactadas y sus densidades medidas de acuerdo al método designado por la agencia contratante.

Se deben tomar muestras representativas de mezcla en caliente en la planta mezcladora, y ensayarlas para verificarlas propiedades de diseño.

REGISTROS DE INSPECCIÓN

El inspector debe mantener registros adecuados. Los registros suministran la base sobre la cual se determina la conformidad con las especificaciones y sobre la cual se efectúan los pagos. Estos deben, por lo tanto, ser claros, completos y exactos. Los registros también proveen una historia de la construcción y de los materiales que fueron usados en el proyecto. Como tal, los registros suministran una base para todos los estudios y las evaluaciones futuras del proyecto.

Para ser válidos, los registros y reportes deben ser completados en el momento que se hace un ensayo o se toma una medida, y deben mantenerse al día. Se debe llevar un diario para cada proyecto.

La partida inicial del diario deberá registrar información básica: el número del proyecto, la localización de la planta, el tipo y marca de planta, la fuente de los materiales, los nombres del personal clave, y otros datos pertinentes. Cualquier cambio en la información deberá registrarse tan pronto ocurra. Además de fechas y comentarios rutinarios del tiempo, el diario deberá incluir una narrativa describiendo las principales actividades en la planta y en las operaciones del día. Los eventos inusuales deberán anotarse, particularmente aquellos que puedan tener un efecto desfavorable en la mezcla de pavimentación.

La Figura 4.26 muestra un ejemplo de un Reporte Preliminar de Inspección que el inspector puede usar, junto con la lista de revisión (Figura 4.27), cuando esta inspeccionando las condiciones de la planta. Los reportes preliminares usados en una obra específica pueden variar respecto al ejemplo mostrado; sin embargo, las partidas incluidas probablemente serán similares.

La Figura 4.27 presenta una serie de listas de revisión que el inspector puede usar para evaluar la condición y disposición de la planta para el proceso de producción. Note que la lista incluye partidas que deben ser revisadas para todas las plantas, así como partidas relacionadas solo con plantas de dosificación o solo con plantas mezcladoras de tambor. El inspector deberá tener en cuenta estas listas cuando estudie las secciones siguientes del manual referentes a plantas de dosificación y a plantas mezcladoras de tambor.

También se deberá mantener un reporte diario resumiendo las actividades de la planta. En el encabezamiento de este formulario se deberá registrar la misma información que aparece en el diario. El formulario deberá tener un resumen de los resultados de los ensayos ejecutados en el día, y una tabulación de las cantidades de materiales recibidas y usadas. La Figura 4.28 muestra un ejemplo de un formulario utilizado en los reportes diarios.

Deberá haber, además, un registro de los sitios en donde la mezcla asfáltica es colocada en la calzada; con referencia a la vía de tráfico, la capa, y la estación. Esta información se obtiene de los reportes escritos en el lugar de la pavimentación.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

1 Tolva de Prueba _____
 Comentarios _____

1 Amasadero: Marca _____ Capacidad _____ R.P.M. _____
 Condición del amasadero y las paletas _____

1 Dispositivo de Regulación del Amasadero: _____
 Marca _____ Precisión _____
 Tipo de señal _____ Enclavamiento? Si _____ No _____
 Comentarios _____

Termómetro de la línea de asfalto: _____
 Marca _____ Límites _____ Graduaciones _____
 Localización _____

Tanques de asfalto: No. y capacidades _____
 Extremo de la tubería circulante debajo de la superficie del asfalto? Si _____ No _____
 Método de calentamiento _____
 Tanques calibrados? Si _____ No _____ Interrupción automática de la planta _____
 Comentarios _____

1 Sistema de señal de la tolva de almacenamiento:
 Tipo _____ Interrupción Automática? Si _____ No _____
 Comentarios _____

2 Medidor de Fluido para Asfalto:
 Marca _____
 Líneas de asfalto y bomba de vapor? Si _____ No _____
 Comentarios _____

2 Alimentadores automáticos de agregados:
 Mecánico _____ Eléctrico _____ Enclavamiento con la bomba de asfalto? Si _____ No _____
 Contador de revoluciones _____ Lectura _____ Revolución _____
 Comentarios _____

Facilidades de Muestreo: De las tolvas de almacenamiento _____
 Tipo de Dispositivo de Muestreo _____
 De los tanques de asfalto _____
 2 De los alimentadores automáticos _____
 Información adicional y comentarios _____

Inspeccionado por _____ Aprobado por _____
 Técnico de Planta Ingeniero Residente

1 Se aplica solo a plantas de dosificación
 2 Se aplica solo a plantas mezcladoras de tambor

Página 2

FIGURA 4.26 - Reporte Preliminar de Inspección.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

12. El tiempo de mezclado es adecuado?
13. Los puntos de las básculas están correctamente ajustados para los pesos de cargas?
14. Los ejes del mezclador están girando a la velocidad correcta?
15. La capacidad de las cribas es suficiente para manejar la máxima alimentación proveniente del secador?
16. Las cribas están limpias?
17. Las cribas están gastadas o rotas?
18. La sobrecarga es irregular o excesiva?
19. Las particiones de las tolvas calientes están lo suficiente fuertes?
20. Los escapes de sobrecarga tienen un flujo libre?
21. El equilibrio de las tolvas se mantiene?
22. El acceso al muestreo es adecuado?

FIGURA 4.27 - Listas de Revisión para Plantas.

LISTA DE REVISIÓN PARA EL SECADOR Y EL COLECTOR DE POLVO

1. El secador y el colector de polvo cumplen con las especificaciones?
2. El agregado es secado correctamente?
3. Los agregados están a la temperatura correcta?
4. Los componentes del secador están equilibrados?
5. El secador esta equilibrado con los otros componentes de la planta?
6. El dispositivo indicador de calor esta correctamente instalado?
7. El dispositivo indicador de calor ha sido revisado para determinar su precisión?
8. El colector de polvo esta equilibrado con el secador?
9. Los finos recogidos por el colector son desechados o son uniformemente alimentados de nuevo en las cantidades correctas?

LISTA DE REVISIÓN PARA MUESTREO Y ENSAYOS

1. Se están tomando muestras suficientes?
2. Las muestras son representativas?
3. Todos los ensayos se están ejecutando correctamente?
4. Todos los resultados de los ensayos están disponibles a tiempo para ser utilizados?

LISTA DE REVISIÓN PARA REGISTROS

Los registros están completos y al día?

LISTA DE REVISIÓN PARA RESPONSABILIDADES MISCELÁNEAS

1. Las cajas de los camiones han sido inspeccionadas?
2. Las cajas de los camiones han sido drenadas después de haber sido rociadas?
3. Los camiones cumplen con los requisitos de las especificaciones?
4. Los camiones están equipados con lonas impermeables?
5. La mezcla tiene una apariencia uniforme?
6. La apariencia general de la mezcla es satisfactoria?
7. La temperatura de la mezcla es uniforme y satisfactoria?
8. La mezcla cumple con los requisitos de colocación?
9. Sus asistentes han sido correctamente instruidos?
10. Se están observando todas las medidas de seguridad?

SEGURIDAD

El inspector de la planta de asfalto debe estar siempre consciente de la seguridad, y debe estar alerta sobre cualquier peligro potencial para el personal o para la planta misma. Las consideraciones de seguridad deben ser siempre recalçadas.

El polvo es particularmente peligroso. No es tan solo una amenaza para los pulmones y los ojos, sino que puede contribuir a una mala visibilidad, especialmente cuando los camiones, los cargadores de tractor, o cualquier otra maquinaria esta operando alrededor de los apilamientos (acopios) o tolvas en frío. La visibilidad reducida en el área de trabajo es una gran causa de accidentes.

El ruido puede ser también de doble peligro. El ruido es dañino para el oído y puede distraer la atención de los trabajadores, ocasionando que pierdan la concentración en la maquinaria que están operando.

Las bandas que operan transportando agregado requieren de constante atención, así como las correas de los motores y las cadenas y ruedas de las transmisiones. Todas las poleas y correas, y los mecanismos de transmisión, deberán estar cubiertos, o protegidos. Nunca se deberá usar ropa suelta en una planta de asfalto, pues esta puede ser atrapada en el equipo.

Un buen cuidado de la planta es esencial para la seguridad de la misma. La planta y el patio deberán mantenerse libres de alambres o líneas sueltas, tubos, mangueras, o cualquier otro obstáculo libre. Las líneas de alto voltaje, las conexiones de campo, y las superficies mojadas del suelo constituyen otros peligros que el inspector debe tener en cuenta. Cualquier conexión suelta, alambres deshilachados, o equipo que no este propiamente conectado a tierra, deberá reportarse inmediatamente.

Los trabajadores de la planta no deberán trabajar en los acopios mientras la planta este operando. Nadie deberá caminar o pararse sobre los acopios, o sobre los arcones que están encima de las aberturas de las compuertas de alimentación.

Muchas personas, sin tener advertencia alguna, han sido atrapadas y sepultadas vivas dentro del material.

Las llamas de los quemadores y las altas temperaturas alrededor de los secadores de la planta constituyen peligros obvios. En todas las líneas de combustible se deberán instalar válvulas de control que puedan ser operadas desde distancias seguras. También se deberán instalar dispositivos de seguridad para llamas en todas las líneas de combustible. No deberá permitirse ninguna humareda cerca de los tanques de almacenamiento de asfalto o de combustible. Revise frecuentemente las líneas de aceite de calentamiento y las líneas de vapor para ver si hay fugas, y las líneas de distribución de asfalto para ver si hay perforaciones. Asegúrese de que haya válvulas de seguridad instaladas en todas las líneas de vapor, y que estén trabajando correctamente. Use pantallas, barreras de resguardo, y escudos como protección contra el vapor, el asfalto caliente, las superficies calientes, y otros peligros similares.

Cuando este manejando asfalto caliente, use gafas protectoras químicas y una careta. Los cuellos de las camisas deberán cerrarse completamente y los puños de las mangas deberán abrocharse. Los guantes con mangas que se extienden arriba del brazo deberán usarse un poco sueltos para que se puedan quitar rápidamente en el caso de que lleguen a cubrirse de asfalto. Los pantalones sin doblez deberán extenderse por encima de la parte alta de las botas.

El inspector deberá ejercitar extremo cuidado cuando este subiendo alrededor de la plataforma de la criba, cuando este inspeccionando las cribas y las tolvas calientes, o cuando este tomando

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Hacia los años 1900, las plantas habían mejorado su diseño, e incluían tolvas de agregado, elevadores de material en frío, secadores rotatorios, elevadores de material en caliente, tanques de asfalto, y plataformas de mezclado. Las plataformas de mezclado incluían un cajón para medir agregado, una cubeta para asfalto, y un amasadero montado lo suficiente alto para permitir el paso, por debajo, de vagones tirados por caballos.

Alrededor de 1930, las plantas estaban produciendo de 800 a 1,000 toneladas de mezcla por día (8 horas en un día). En los años treinta y cuarenta la introducción de bandas transportadoras, y el desarrollo de mejores compuertas y alimentadores, resultó en mejores sistemas de alimentación en frío. El uso de secadores más grandes se hizo más común. Los colectores centrifugos de polvo, las básculas sin resortes, los primeros sistemas electrónicos automáticos de pesaje, las cerraduras de tiempo en los ciclos de mezclado, y los pirometros de registro, aparecieron en estos años.

En los cincuenta la tendencia consistió en desarrollar plantas más grandes y de mayor capacidad. Sin embargo, los controles automáticos para los quemadores, y la automatización de las funciones de proporcionamiento y ciclado, también entraron en uso a principios de esta época.

En los sesenta hubo una proliferación de sistemas automáticos de control, con total automatización de los procesos de proporcionamiento y mezclado, así como de sistemas de control para los quemadores.

Los dos avances más importantes de los setenta fueron el surgimiento de los sistemas computarizados de control de plantas y los adelantos en el control de mido y polvo; estos últimos provenientes de la promulgación gubernamental de regulaciones de salud y seguridad.

A pesar de todos los cambios y avances incorporados en la planta de dosificación a través de los años, el proceso fundamental - secado, cribado, proporcionamiento y mezclado - sigue siendo el mismo. En las plantas de dosificación de hoy día (Figura 4.29), el diseño básico del equipo que efectúa las operaciones sigue siendo esencialmente el mismo.



FIGURA 4.29 - Planta de Dosificación (Típica).

OPERACIONES Y COMPONENTES DE LA PLANTA DE DOSIFICACIÓN

En una planta asfáltica de dosificación, los agregados son combinados, calentados y secados, proporcionados, y mezclados con el cemento asfáltico para producir una mezcla asfáltica en caliente. Una planta puede ser pequeña o grande, dependiendo del tipo y la cantidad de mezcla asfáltica que se este produciendo. También puede ser estacionaria o portátil.

Ciertas operaciones básicas son comunes en todas las plantas de dosificación:

- Almacenamiento y alimentación en frío del agregado.
- Secado y calentamiento del agregado.
- Cribado y almacenamiento del agregado caliente.
- Almacenamiento y calentamiento de asfalto.
- Medición y mezclado de asfalto y agregado.
- Carga de la mezcla final en caliente.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Catorce partes principales

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Tolva fría | 8. Unidad de cribado |
| 2. Compuerta de alimentación en frío | 9. Tolvas calientes |
| 3. Elevador de material en frío | 10. Caja pesadora |
| 4. Secador | 11. Unidad de mezclado - amasadero |
| 5. Colector de polvo | 12. Deposito de relleno mineral |
| 6. Chimenea de escape | 13. Deposito de cemento asfáltico caliente |
| 7. Elevador de material en caliente | 14. Cubeta pesadora de asfalto |

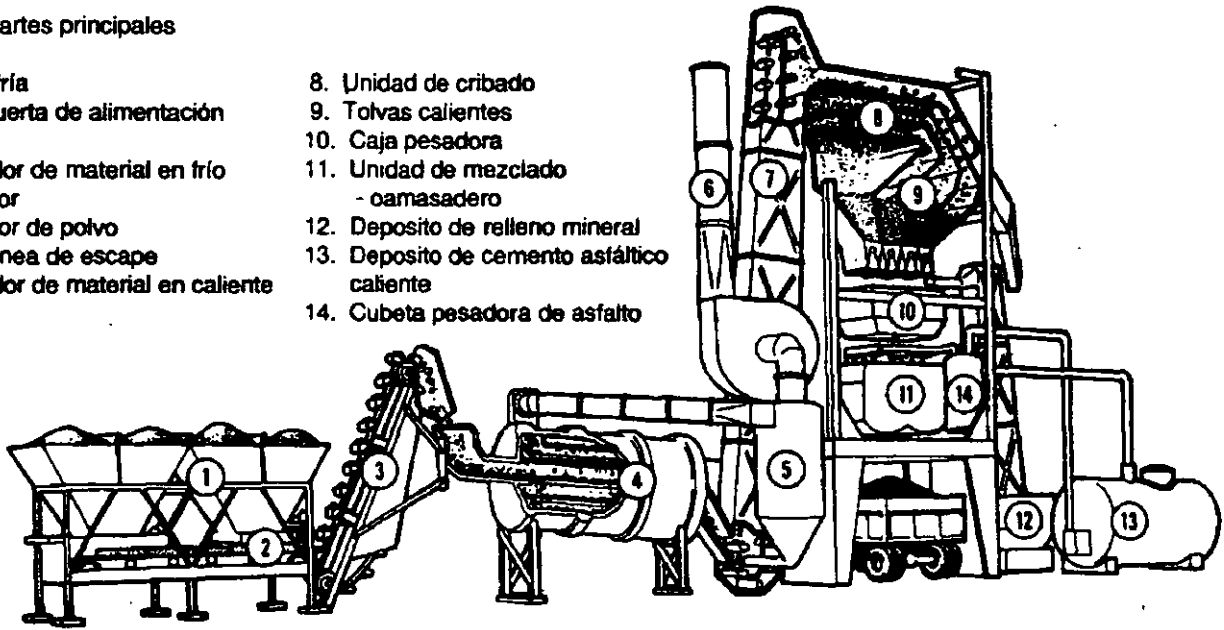


FIGURA 4.31 - Componentes Principales de una Planta de Dosificación (las plantas modernas también incluyen un compartimiento defiltros además del colector de polvo mostrado arriba en el numeral 5).

7.1 ELABORACIÓN DE MEZCLAS EN FRÍO

Los agregados fríos (sin calentar) almacenados en las tolvas frías (1) son proporcionados mediante compuertas de alimentación en frío (2) hacia una banda transportadora, o un elevador de cubetas (3), el cual descarga los agregados en el secador (4), en donde son secados y calentados. Los colectores de polvo (5) remueven cantidades indeseables de polvo del escape del secador. Los gases restantes del escape son eliminados a través de la chimenea de escape de la planta (6). Los agregados ya secos y calientes son luego llevados por un elevador de material en caliente (7) hacia la unidad de cribado (8), la cual separa el material en fracciones de diferente tamaño y lo deposita en tolvas calientes separadas (9) para un almacenamiento temporal. Cuando es necesario, los agregados calientes son medidos en cantidades controladas sobre la caja pesadora (10). Luego, los agregados son descargados dentro de la cámara mezcladora o amasadero (11), junto con la cantidad correcta de relleno mineral proveniente de la reserva (12), si es que este último es necesitado. El cemento asfáltico caliente, proveniente del tanque de almacenamiento de cemento asfáltico caliente (13), es bombeado hacia la cubeta pesadora de asfalto (14), la cual pesa el cemento asfáltico antes de ser descargado en la cámara mezcladora o amasadero, en donde es combinado en su totalidad con los agregados y el relleno mineral, si es que este es usado. La mezcla asfáltica en caliente proveniente de la cámara de mezclado es luego descargada en el camión, o almacenada.

ALIMENTACIÓN EN FRÍO DE AGREGADO

El manejo, almacenamiento, y alimentación en frío de agregados, en la planta de dosificación, es parecido al efectuado en los otros tipos de planta. Gran parte de la información común relacionada con esta área está incluida en la Sección 4.6. La información específica concerniente a plantas de dosificación está incluida bajo los tres artículos discutidos a continuación. Estos son: (1) alimentación uniforme en frío, (2) proporcionamiento de agregados fríos, e (3) inspección de la alimentación en frío.

 "TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

agregado u otro factor que impida el flujo uniforme de material hacia el secador. Si hay una o mas compuertas causando problemas, el inspector deberá informar al contratista.

SECADO Y CALENTAMIENTO DEL AGREGADO

Después de salir de las tolvas frías, los agregados son descargados en el secador. El secador realiza dos funciones: (1) remueve la humedad de los agregados y (2) eleva la temperatura del agregado al nivel deseado. De importancia para el inspector son: (1) la operación básica de secado, (2) el control de temperatura, (3) la calibración de los indicadores de temperatura, y (4) las revisiones de humedad. Cada una es discutida a continuación bajo un encabezado diferente.

OPERACIÓN DE SECADO

El secador convencional de la planta de dosificación es un cilindro rotatorio que tiene un diámetro entre 1.5 y 3 metros (5 a 10 pies), y una longitud entre 6 y 12 metros (20 a 40 pies). El secador incluye un quemador de aceite o gas con un ventilador que proporciona el aire principal de combustión, y un ventilador reductor para crear tiraje a través del secador (Figura 4.33). El tambor también esta equipado con canales longitudinales, llamados aspas, que levantan el agregado y lo dejan caer a través de la llama del quemador y los gases calientes (Figura 4.34).

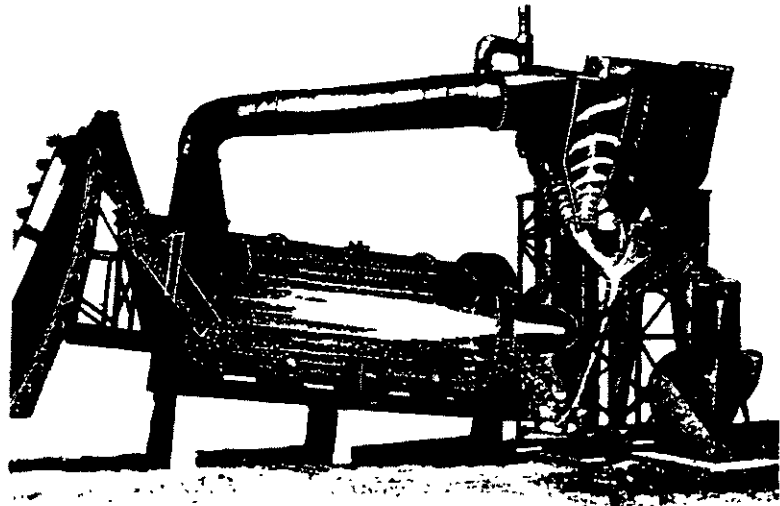


FIGURA 4.33 - Secador Típico.

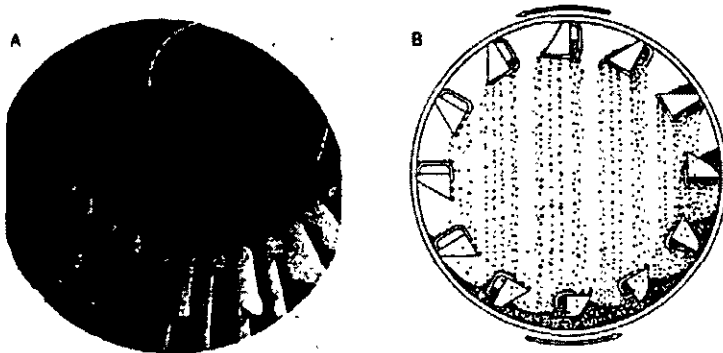


FIGURA 4.34 - Aspas: (A) Diseño Típico y (B) Funcionamiento.

La inclinación del secador, su velocidad de rotación, diámetro, longitud y la configuración y el número de aspas determinan la cantidad de tiempo que el agregado ira a permanecer en el secador.

Para una operación eficiente de secado, el aire necesario para la combustión debe estar en equilibrio con la cantidad de combustible que esta siendo suministrada al quemador.

El ventilador reductor crea el tiraje de aire que transporta el calor a través del secador y remueve la humedad. Una falta de balance entre estos tres elementos puede a causar problemas graves. Por ejemplo, respecto al aceite combustible, una deficiencia de aire o un exceso de flujo de aceite pueden resultar en una combustión incompleta del combustible.

Este aceite sin quemar deja un revestimiento aceitoso sobre las partículas de agregado, el cual puede afectar desfavorablemente la mezcla final.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Un dispositivo bueno para medir temperatura ayuda al inspector de la planta a proveer:

- Registros exactos de temperatura, y
- Cualquier indicación de fluctuaciones de temperatura que sugieran una falta de control y uniformidad en las operaciones de secado y calentamiento.

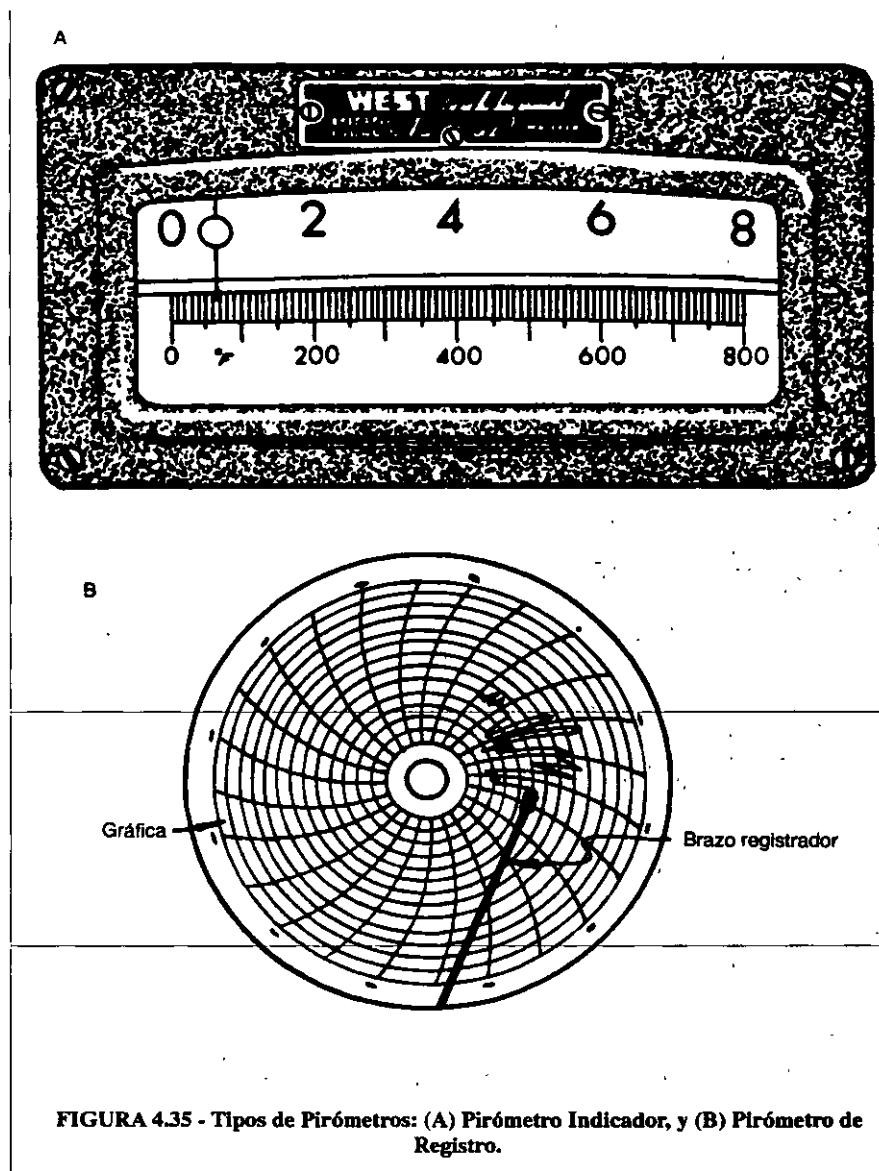


FIGURA 4.35 - Tipos de Pirómetros: (A) Pirómetro Indicador, y (B) Pirómetro de Registro.

CALIBRACIÓN

Ambos tipos de dispositivos eléctricos para medir temperatura (pirómetros) (Figura 4.35) son similares en su operación. En ambos tipos, el elemento sensor, el cual consiste en una termocupla encerrada, se proyecta hacia la corriente principal de agregado dentro del conducto de descarga del secador.

Los pirómetros son instrumentos sensibles que miden la pequeña corriente inducida por el calor del agregado que esta pasando sobre el elemento sensor.

La cabeza (elemento indicador) del dispositivo debe estar completamente protegida del calor y de las vibraciones de la planta.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

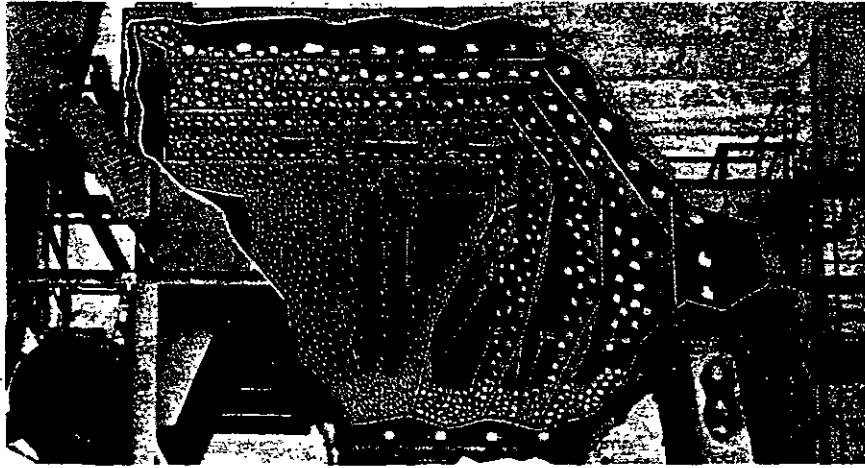


FIGURA 4.37 - Vista en Corte Mostrando Detalles del Flujo de Material a Través de las Cribas y las Tolvas Calientes.

CRIBAS CALIENTES

La unidad de cribado incluye un conjunto de varias cribas vibratorias de diferente tamaño (Figura 4.38). La primera criba en la serie es una criba preliminar de malla ancha la cual rechaza y extrae los agregados que exceden el tamaño máximo. Esta es seguida por una o dos cribas de tamaño intermedio, disminuyendo en tamaño de arriba hacia abajo. En la parte baja del grupo se encuentra una criba de arena. Las cribas sirven para separar el agregado en tamaños específicos.

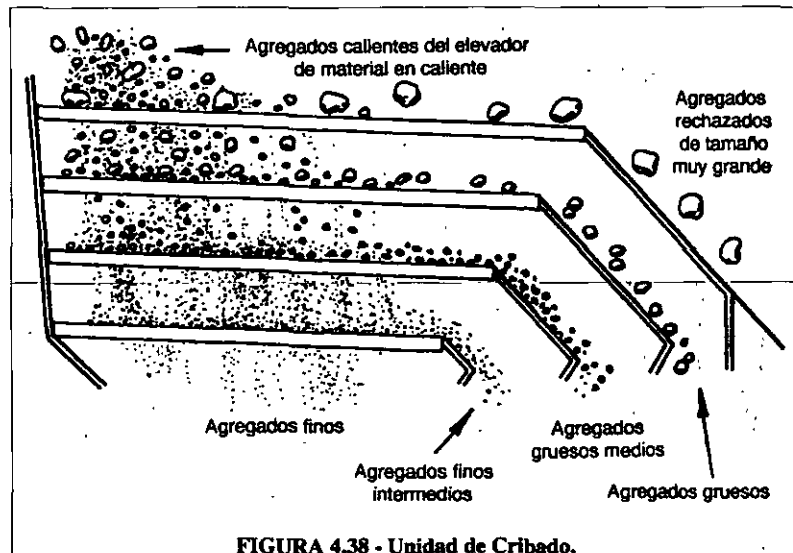


FIGURA 4.38 - Unidad de Cribado.

Para efectuar esta función correctamente, el área total de cribado debe ser lo suficiente grande para manejar la cantidad total de carga entregada. De nuevo, las cribas deben estar limpias y en buena condición. La capacidad de las cribas debe estar en equilibrio con la capacidad del secador y la capacidad de la cámara de mezclado. Cuando un exceso de material es suministrado a las cribas, las aberturas de las cribas se encuentran taponadas, muchas partículas que deberían pasar a través, ruedan sobre las cribas y caen dentro de la tolva designada para un tamaño mayor de partícula. Igualmente, cuando las cribas están desgastadas o rotas, resultando en aberturas más grandes o en hoyos, habrá material demasiado grande que irá a parar en tolvas designadas para agregado con tamaños menores de partícula. Se denomina "sobrante" cuando el agregado fino cae en la tolva designada para recibir fracciones del tamaño siguiente (mas grande).

Un exceso de sobrante puede hacer aumentar la cantidad de agregado fino en la mezcla total, aumentando a la vez el área superficial a ser cubierta por el asfalto. Si la cantidad de sobrante es desconocida, o si fluctúa, particularmente en la criba No. 2, esto puede afectar seriamente el diseño de la mezcla tanto en la gradación como en el contenido de asfalto. El exceso de sobrante puede ser detectado por medio de un análisis granulométrico del contenido individual de las tolvas calientes, y debe ser corregido inmediatamente ya sea limpiando las cribas o reduciendo la cantidad de material que viene de la alimentación en frío, o de ambas formas. Cierta cantidad de sobrante es permitida en un cribado normal y esta cantidad es generalmente especificada.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

No deberá permitirse que las tolvas calientes trabajen vacías. Una escasez o un exceso en la tolva puede corregirse si se ajusta la alimentación en frío. Por ejemplo, si la tolva de material grueso se está sobrecargando mientras que las otras permanecen en un nivel adecuado, entonces se deberá disminuir la alimentación en frío de la tolva que contiene el agregado grueso.

No es buena práctica hacer dos ajustes al mismo tiempo. Por ejemplo, si la alimentación total de agregado es deficiente y también una tolva está trabajando un poco sobrecargada, entonces es mejor ajustar primero la alimentación total, y después ajustar la alimentación de material que está causando que la tolva individual se esté sobrecargando.

Si la compuerta en la base de una tolva está desgastada y está dejando escapar material, entonces debe ser reparada o reemplazada inmediatamente. Un escape de material de una tolva caliente puede afectar desfavorablemente la granulometría de la mezcla final.

La transpiración ocurre cuando el vapor húmedo en el agregado y en el aire se condensa en las paredes de la tolva. Usualmente ocurre al comienzo de las operaciones diarias o cuando el agregado grueso no es secado completamente. La transpiración puede causar la acumulación de polvo, la cual resulta en cargas instantáneas excesivas de finos en la mezcla. El relleno mineral y el polvo del compartimiento de filtros deberán almacenarse separadamente en un silo a prueba de humedad, y deberán ser directamente alimentados hacia el interior de la tolva de pesaje.

MUESTREO EN LA TOLVA CALIENTE

Las plantas asfálticas modernas de mezcla en caliente están equipadas con dispositivos para muestrear agregado caliente en las tolvas. Estos dispositivos desvían el flujo de agregados del alimentador, o de la compuerta debajo de la tolva, hacia los recipientes de muestreo. Es esencial que estos dispositivos de muestreo estén instalados para poder tomar muestras representativas del material que se encuentra en las tolvas.

Al observar el flujo de material sobre las cribas de la planta vemos que las partículas finas caen en un lado de la tolva y las partículas gruesas en otro (Figura 4.40). Cuando el material se extrae de la tolva al abrir una compuerta en la base, la corriente consiste predominantemente de material fino en un extremo y material grueso en el otro.

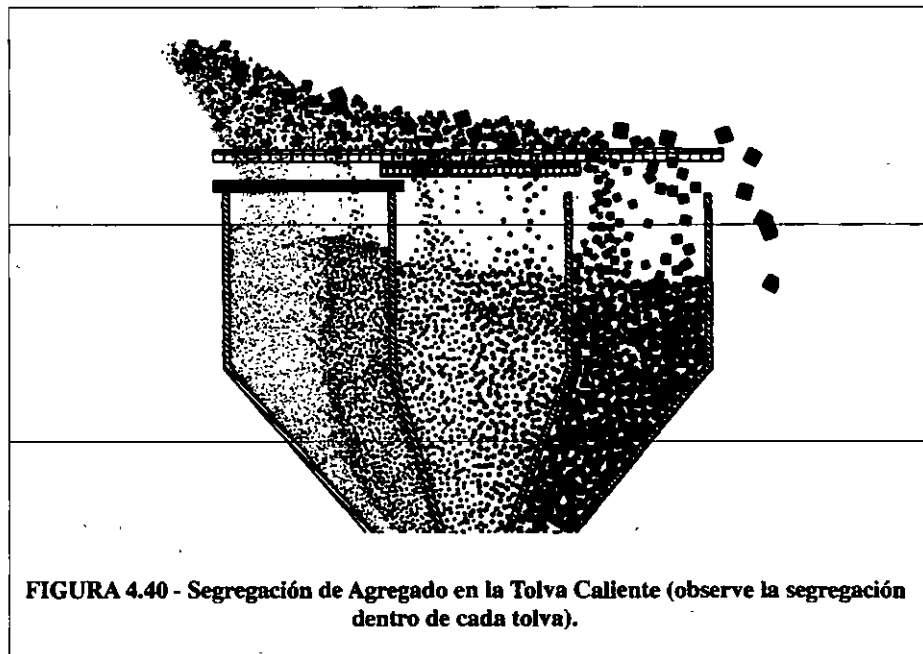


FIGURA 4.40 - Segregación de Agregado en la Tolva Caliente (observe la segregación dentro de cada tolva).

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

La fórmula de la mezcla de obra es el punto de comienzo para determinar la calibración correcta de los alimentadores de las tolvas calientes. Es necesario determinar que porcentaje de cada tamaño de agregado, en la tolva caliente, debe ser incorporado en la mezcla para cumplir con las especificaciones del diseño.

Primero se determina la granulometría del material de cada una de las tolvas calientes (Figura 4.43). La granulometría combinada es luego determinada por el método de tanteos.

Tamaño de Tamiz	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (3/4 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	0.30 mm (No. 50)	0.075 mm (No. 200)
Granulometrías de Tolvas Calientes							
	Porcentaje que pasa						
Tolva #1 B1	100	100	100	100	99.2	25.0	3.2
Tolva #2 B2	100	100	98.5	51.0	8.7	0.5	0.3
Tolva #3 B3	100	98.4	11.7	4.3	2.0	0.3	0.2
Tolva #4 B4	100	60.0	5.9	1.1	0.5	0.2	0.1
Relleno Mineral MF	100	100	100	100	100	96.2	76.2

FIGURA 4.43 - Resultados de un Ejemplo de Análisis Granulométrico de Tolvas Calientes.

Primera Aproximación por Tanteo

Las proporciones de agregado son estimadas para el primer tanteo. El material que pasa por los tamices de 2.36 mm (No. 8) y 0.075 mm (No. 200) es usado como punto de partida. La fórmula de la mezcla de obra requiere que 37.0 por ciento del material pase por el tamiz de 2.36 mm (No. 8). La Tolva No. 1, de agregado fino, contiene 99.2 por ciento de material que pasa el tamiz 2.36 mm (No. 8). Por lo tanto, una aproximación de la contribución de la Tolva No. 1 a la granulometría final es 37 por ciento multiplicado por 99.2 por ciento, lo cual equivale a 36.7 por ciento. Redondeando este valor, el estimado usado para el material de la Tolva No. 1 será de 10 por ciento, sujeto a corrección para acomodar el relleno mineral.

De las cuatro tolvas, la Tolva No. 1 es la que contiene la mayoría de material que pasa el tamiz de 0.075 mm (No. 200), siendo en este caso 3.2 por ciento. Si se usa 40 por ciento de la Tolva No. 1, entonces 40 por ciento multiplicado por 3.2 por ciento es igual a 1.3 por ciento de material que pasa el tamiz 0.075 mm (No. 200), y el cual va a ser suministrado por esta tolva. Puesto que la fórmula de la mezcla de obra requiere un total de 5.0 por ciento de material que pasa el tamiz 0.075 mm (No. 200), entonces la tolva de relleno mineral debe proveer el 3.7 por ciento restante. La tolva de relleno mineral contiene 76.2 por ciento de material que pasa el tamiz 0.075 mm (No. 200). Multiplicando 76.2 por ciento por 4.8 por ciento, o redondeando, por 5 por ciento, resulta en 3.2 por ciento. En consecuencia, la tolva de llenante mineral proveerá el 5 por ciento del agregado total.

Sin embargo, si se usa 40 por ciento de material de la Tolva No. 1 y 5 por ciento de material de la tolva de relleno mineral, esto resultara en demasiado relleno en la mezcla final. Para evitar que esto suceda, se resta 5 por ciento del total de material a ser extraído de la Tolva No. 1, reduciendo así la contribución de la Tolva No. 1 a 35 por ciento.

Hasta este punto el total de material suministrado por la Tolva No. 1 y la tolva de relleno mineral constituye un 40 por ciento de la granulometría total. Esto deja un 60 por ciento de material que deberá provenir de las otras tres tolvas. La forma más fácil de dividir este porcentaje es en partes iguales para las tres tolvas. En consecuencia, las Tolvas No. 2, No. 3, y No. 4 contribuirán, cada una, con 20 por ciento del agregado total, en esta primera aproximación por tanteo.

En la Figura 4.44 el porcentaje estimado para cada tolva es multiplicado por la gradación de agregado contenida en esa tolva.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Después de que los cálculos para todas las tolvas han sido efectuados las combinaciones totales han sido sumadas, se procede a comparar los resultados de la segunda aproximación por tanteo con la fórmula de la mezcla de obra.

Tercera Aproximación por Tanteo

Los porcentajes de material que pasa el tamiz 0.075 mm (No. 200), el 0.30 mm (No. 50) y el 2.36 mm (No. 8) son satisfactorios, de modo que la tolva de relleno mineral y la Tolva No. 1 no necesitan más ajustes. Sin embargo, no hay suficiente material que pasa el tamiz 19.0 mm (3/4 pulgada) o que pasa el 9.5 mm (3/8 pulgada), mientras que el porcentaje que pasa el tamiz 4.75 mm (No. 4) es un poco alto. Para la tercera aproximación por tanteo el porcentaje de las Tolvas No. 2 y No. 3 es aumentado para conseguir más material grueso, mientras que el porcentaje de la Tolva No. 4 es disminuido de nuevo. De modo que el porcentaje de las Tolvas No. 2 y No. 3 se aumenta a 28 por ciento y el porcentaje de la Tolva No. 4 se reduce a 9 por ciento, como tercera aproximación. En la Figura 4.46, el porcentaje estimado para cada tolva en esta tercera aproximación es multiplicado por la granulometría de agregado contenida en cada tolva.

La tercera granulometría combinada está lo suficiente cerca a la fórmula de la mezcla de obra, y dentro de las tolerancias permitidas para la obra (margen de especificación). Los porcentajes de cada tolva se convierten, entonces, en la base para calibrar el sistema de alimentación del agregado caliente.

Tamaño de Tamiz	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (3/4 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	0.30 mm (No. 50)	0.075 mm (No. 200)
Margen de Especificaciones	100	90-100	56-80	35-65	23-49	5-19	2-8
Fórmula de la mezcla de obra	100	97	68	48	37	12	5
Gradaciones de Tolvas Calientes							
	Porcentaje que pasa						
Tolva No. 1 B1	100	100	100	100	99.2	25.0	3.2
Tolva No. 2 B2	100	100	98.5	51.0	8.7	0.5	0.3
Tolva No. 3 B3	100	98.4	11.7	4.3	2.0	0.3	0.2
Tolva No. 4 B4	100	60.0	5.9	1.1	0.5	0.2	0.1
Relleno Mineral	100	100	100	100	100	96.2	76.2
Aproximación No. 3							
	Trate 30% B1, 28% B2, 28% B3, 9% B4 and 5% MF						
B1 × 0.30	30	30	30	30	29.8	7.5	1.0
B2 × 0.28	28	28	27.6	14.3	2.4	0.1	0.1
B3 × 0.28	28	27.6	3.3	1.2	0.6	0.1	0.1
B4 × 0.09	9	5.4	0.5	0.1	0	0	0
MF × 0.05	5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	3.8
Total	100	96.0	66.4	50.6	37.8	12.5	5.0

FIGURA 4.46 - Resultados de la Tercera Aproximación por Tanteo.

Una vez que se han determinado las proporciones de material que se requieren en cada tolva, se procede a efectuar los cálculos para determinar el peso de cemento asfáltico, y el peso de los agregados necesarios para producir una sola carga de mezcla en caliente. El primer paso consiste en seleccionar el tamaño de la carga de producción. El tamaño de la carga depende de la capacidad de la cámara mezcladora de la planta (amasadero). Para este ejemplo, suponga que la cámara mezcladora tiene una capacidad de 2,722 kg. (6,000 lb.). A la máxima tasa de producción cada carga de mezcla en caliente producida pesará alrededor de 2,722 kg. (6,000 lb.).

La información conocida se puede resumir como sigue, suponiendo un contenido de asfalto, en la mezcla final, de 6 por ciento:

EXTRAYENDO MATERIAL DE LAS TOLVAS CALIENTES

Los agregados son extraídos de las tolvas calientes para ser depositados en la tolva de pesaje. La tolva de pesaje esta suspendida de las vigas de la báscula, y pesa, en forma acumulativa, las cantidades de agregado.

El orden en que las tolvas vacían sus proporciones de agregados en la tolva de pesaje esta determinado por el contratista o el productor. Usualmente, los agregados gruesos son extraídos primero, los agregados intermedios a continuación, y por último los agregados finos. Esta secuencia esta diseñada para colocar las fracciones finas en la parte superior de la tolva de pesaje, donde no puedan escapar hacia afuera a través de la compuerta en la parte inferior de la balanza. Este sistema también permite el uso más eficiente del volumen disponible en la tolva de pesaje.

Después de determinar la secuencia de extracción, los pesos a ser extraídos son marcados en el cuadrante de la báscula. Debido a que la báscula indica los pesos en forma acumulativa, el cuadrante debe estar marcado en conformidad con este sistema.

La Figura 4.47 ilustra como son usadas las graduaciones acumulativas de la báscula (mostradas en el cuadrante) para controlar la proporción de agregados extraídos de cada tolva.

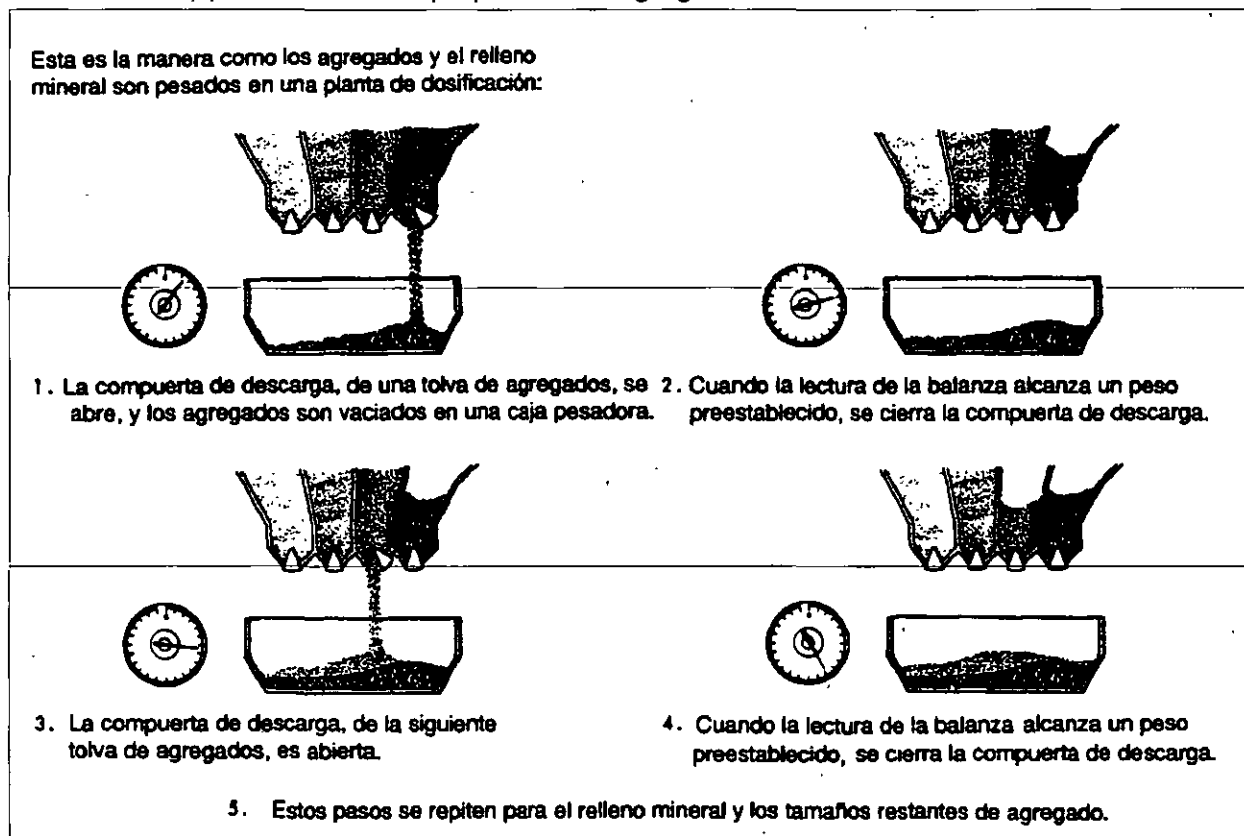


FIGURA 4.47 - Uso de los Tamaños Acumulativos en la Báscula para Controlar las Cantidades de Material Extraído de las Tolvas Calientes.

INCORPORANDO EL ASFALTO

Después de pasar por la tolva de pesaje, los agregados son depositados en la cámara mezcladora de la planta (amasadero), en donde son combinados con la correcta proporción de asfalto. En un sistema típico de una planta, el asfalto es pesado por separado en una cubeta pesadora antes de ser incorporado al mezclador.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Tipo y Grado de Asfalto	Temperaturas de la mezcla en el mezclador	
	Mezclas densamente graduadas	
Cementos Asfálticos	°F	°C
AC-2.5	235-280	115-140
AC-5	250-295	120-145
AC-10	250-315	120-155
AC-20	285-330	130-165
AC-40	270-340	130-170
AR-1000	225-275	105-135
AR-2000	275-325	135-165
AR-4000	275-325	135-165
AR-8000	275-325	135-165
AR-16000	300-350	150-175
200-300 pen.	235-305	115-150
120-150 pen.	245-310	120-155
85-100 pen.	250-325	120-165
60-70 pen.	265-335	130-170
40-50 pen.	270-350	130-175

FIGURA 4.49 - Temperaturas Típicas de Mezclado para Mezcla Asfáltica en Caliente (Temperatura de la Mezcla Inmediatamente Después de ser Descargada del Mezclador).

BASCULAS DE LA PLANTA

Las básculas son usadas para pesar tanto el asfalto como los agregados. Los medidores de la báscula para asfalto están generalmente graduados en intervalos de 2 libras, mientras que los medidores de las básculas de agregado están graduados, usualmente, en intervalos de 5 libras. Los medidores de las básculas deberán estar localizados donde el operador pueda verlos claramente. Una posible disposición de las básculas esta mostrada en la Figura 4.50, en donde estas se encuentran cerca de la caja pesadora. Los medidores también pueden estar localizados en la estación central (Figura 4.56).

Los medidores pueden ser de dos tipos: (1) medidor sin resorte y (2) medidor de viga. Ambos tipos tienen, esencialmente, las mismas partes básicas - palancas, soportes, e indicadores. En todas las básculas se debe revisar, frecuentemente, el sistema de palancas, los soportes de cuñas, y las cuñas, para confirmar que estén limpios y para estar seguros de que las partes móviles no estén tocando otras partes de la báscula.

Cualquier roce (contacto) o traba en el sistema de la báscula ocasionará que el medidor de la misma registre lecturas erróneas.

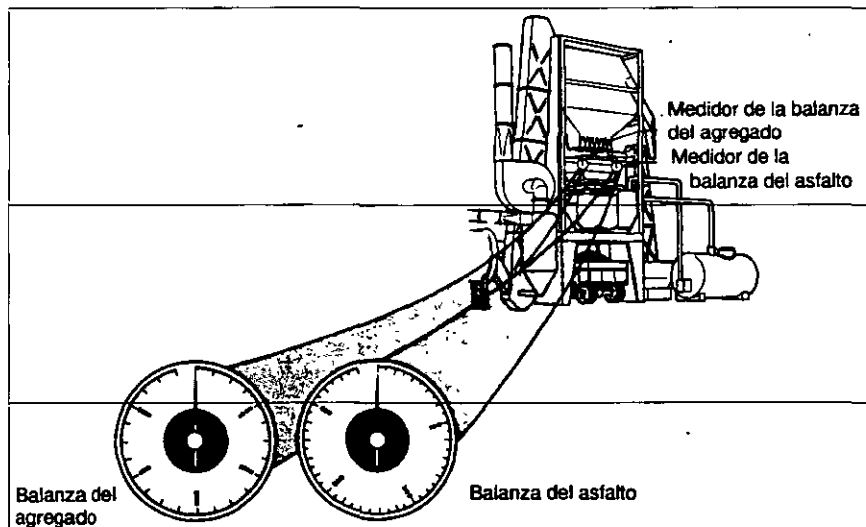


FIGURA 4.50 - Disposición Típica de las Básculas de la Planta.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

donde están montadas varias espigas de paleta, cada cual con dos paletas. Las paletas pueden ser ajustadas y reemplazadas fácilmente.

En general, las paletas deben ser ajustadas de tal manera que no hayan "áreas muertas" dentro del mezclador. Un área muerta es un lugar donde se puede acumular material fuera del alcance de las paletas y no ser mezclado completamente. Las áreas muertas pueden evitarse si se asegura que el espacio libre entre las puntas de las paletas y el revestimiento de la cámara sea menor que la mitad del tamaño máximo del agregado. Las paletas que están demasiado desgastadas o rotas deberán ser ajustadas de nuevo o reemplazadas, antes de poner en marcha la planta.

Un mezclador demasiado lleno puede ocasionar un mezclado no-uniforme (Figura 4.51). Para obtener una eficiencia máxima de operación, las puntas de las paletas deberán ser escasamente visibles en la superficie del material, durante el mezclado.

Si el nivel de material es muy alto, el material de la parte superior tiende a "flotar" por encima de las paletas y, por consiguiente, no llega a ser mezclado en su totalidad.

Por otro lado, si un mezclador contiene poco material (Figura 4.52), entonces las puntas de las paletas rastrillan el material sin mezclarlo debidamente.

Cualquiera de estos dos problemas puede ser evitado si se siguen las recomendaciones del fabricante para los volúmenes de cargas en el amasadero. Normalmente el volumen fijado por el fabricante está basado en un porcentaje de la capacidad de la "zona viva" del mezclador. Esta zona viva (Figura 4.53) es el volumen neto, en metros cúbicos (o pies cúbicos), debajo de la línea que se extiende a través del arco superior formado por el radio interior de las espigas de paleta, sin incluir el volumen de los ejes, del revestimiento, de las espigas, y de las paletas.

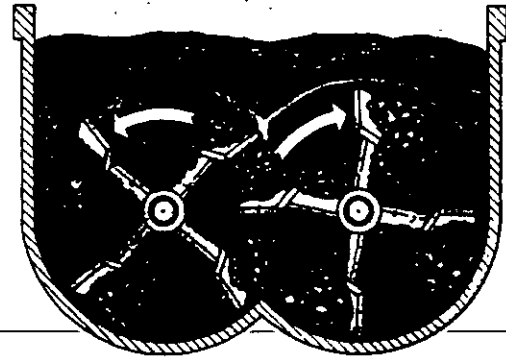


FIGURA 4.51 - Mezclador Demasiado Lleno.

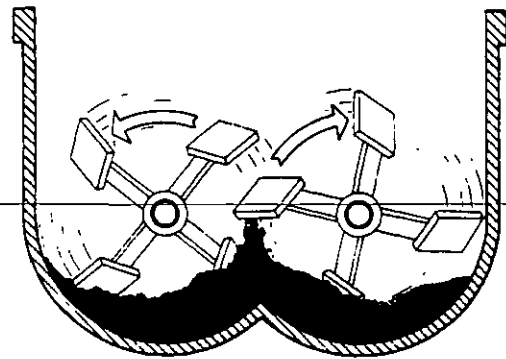


FIGURA 4.52 - Mezclador Muy Vacío.

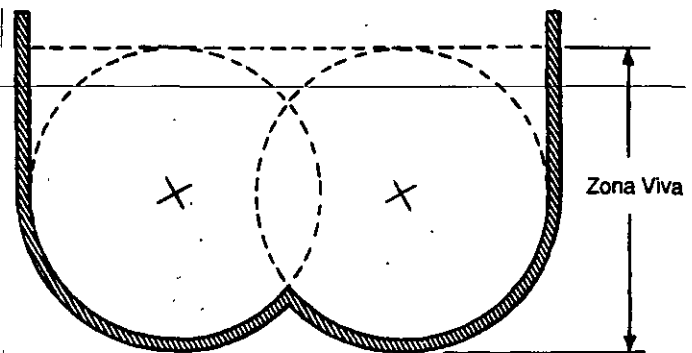


FIGURA 4.53 - "Zona Viva" del Mezclador

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

tamaños máximos de 9.5 mm (3/8 pulgada). Cada muestra debe ser lo suficiente grande para producir de 200 a 500 partículas gruesas sobre el tamiz. El tamiz no debe ser sobrecargado. Si es necesario, la muestra puede ser tamizada en dos o tres operaciones. El sacudimiento del tamiz debe ser mínimo.

(3) Las partículas de la muestra son luego colocadas sobre una superficie limpia, en una capa de una sola partícula de espesor. Se procede inmediatamente a contarlas.

(4) Cada partícula es luego examinada contra la luz directa del sol. La partícula se clasifica como "parcialmente revestida" si tan solo tiene una pequeña parte sin cubrir. Las partículas que están totalmente cubiertas se clasifican como "totalmente revestidas".

(5) El porcentaje de partículas revestidas, para una muestra, se calcula usando la siguiente formula:

Porcentaje revestido = $\frac{\text{Número de partículas totalmente revestidas} \times 100}{\text{Número total de partículas}}$

(6) Si el promedio de las tres muestras es mayor que el especificado se puede usar un tiempo menor de mezclado. En este caso se repiten los pasos 1, 2, 3, 4 y 5 hasta que se obtenga el menor tiempo posible de mezclado que produzca el porcentaje especificado. Si el promedio es menor que el especificado, el tiempo de mezclado se debe aumentar en intervalos de 5 segundos hasta que se obtenga la condición deseada.

AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA DE DOSIFICACIÓN

Las plantas modernas de dosificación están clasificadas en tres categorías, dependiendo del grado de automatización: (1) manual, (2) semiautomática, y (3) automática. En la operación manual de una planta, cada fase de la dosificación es ejecutada manipulando una palanca, un interruptor, o un botón. Aún en las plantas manuales se han reemplazado las palancas de mano, de las plantas primitivas, por cilindros neumáticos o hidráulicos accionados con interruptores eléctricos. También, todas las plantas, sin importar su clasificación, utilizan fuerza motriz en la operación de los dispositivos de pesaje, mezclado y descarga. Las compuertas de las tolvas, los alimentadores de finos, las válvulas de suministro y rociado de asfalto, la compuerta de descarga de la tolva de pesaje, y la compuerta de descarga del mezclador son operadas por equipos mecánicos.

La planta semiautomática es una en donde varias de las fases de dosificación son ejecutadas automáticamente. La mayoría de las plantas semiautomáticas están diseñadas para que las operaciones de la compuerta de descarga de la tolva de pesaje, de la cubeta pesadora de asfalto, del mezclado húmedo, y de la compuerta de descarga del mezclador, sean efectuadas automáticamente. Los interruptores de control aseguran que todas las funciones ocurran en la secuencia correcta.

La planta automática es casi completamente autosuficiente. Una vez se ajustan las proporciones de la mezcla y los contadores de tiempo, y la planta se pone en marcha, la maquinaria de la planta repite los ciclos de pesado y mezclado hasta que el operador pare la maquinaria o hasta que se presente una escasez de material o hasta que cualquier evento fuera de lo común cause que los controles de la planta paren de trabajar.

Los controles principales de una planta de dosificación totalmente automática incluyen:

- Control automático de los ciclos.
- Control automático de proporcionamiento.
- Control automático del secador.
- Un tablero de control.
- Regulador de formula.
- Controles de tolerancia.
- Entrecierres de dosificación.
- Unidad de registro.

 "TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

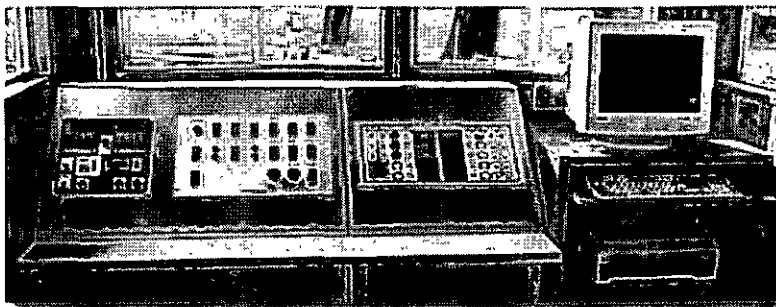


Figura 4.56 Tablero de Control

La consola del tablero esta generalmente localizada en un cuarto separado (Figura 4.56), con aire acondicionado, para aislar los efectos del calor, el polvo, y la vibración, los cuales pueden causar problemas de funcionamiento en el sistema. La unidad de registro está conectada a los circuitos de las básculas.

La unidad provee, automáticamente, un registro de los pesos de materiales incorporados en cada carga de mezcla. El registro puede estar en forma de gráfico continuo en donde una línea continua representa pesos de material; o puede estar en forma de cinta continua con números impresos que representan pesos de dosificación.

NORMAS PARA INSPECCIÓN DE PLANTAS

Ciertas funciones y componentes básicos de una planta deben ser inspeccionados regularmente para garantizar que la planta sea capaz de producir una mezcla en caliente conforme con especificaciones, sin importar si el sistema es manual, semiautomático o totalmente automático. A continuación se presenta una lista de partidas que el inspector deberá revisar en todo tipo de plantas de dosificación.

Partidas para la Inspección de la Planta de Dosificación

1. Observe el proporcionamiento exacto de la alimentación en frío de agregados.
 - Para garantizar la combinación correcta de materiales que cumpla con la formula predeterminada de la mezcla de obra.
 - Para garantizar el balance correcto de material en las tolvas calientes.
2. Las básculas ajustan en cero correctamente y miden con precisión.
 - Los sistemas de palancas de las básculas están limpios.
 - En las básculas, todas las barras de palancas, los soportes de cuñas, etcétera, deberán estar protegidos donde sea posible.
3. La cubeta de asfalto esta correctamente tarada.
4. La caja pesadora de agregado esta colgando libremente.
5. Condición y funcionamiento del mezclador.
 - Las partes del mezclador están en buena condición y están ajustadas.
 - La cantidad correcta de carga esta siendo mezclada.
- 6 Tiempo suficiente de mezclado
- 7 Distribución uniforme de asfalto y agregado en el amasadero
- 8 Escapes de válvulas y compuertas que necesitan ser reparados
- 9 Temperatura correcta del agregado y el asfalto cuando estos materiales son introducidos a los receptáculos pesadores
- 10 Cribas desgastadas o dañadas
- 11 Contenido de humedad del agregado después de que sale del secador
- 12 Todos los requerimientos correctos de seguridad están en orden

Las siguientes partidas deberán añadirse ala lista del inspector en las plantas donde se usa un panel automático de control

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

En una planta mezcladora de tambor no hay cribas de graduación, tolvas calientes, tolvas de pesaje o amasaderos. La graduación del agregado es controlada en el alimentador en frío.

La rotación del tambor provee la acción mezcladora que combina totalmente el cemento asfáltico con los agregados. Una vez que la mezcla es descargada del tambor, esta es transportada a un depósito de compensación de donde es, posteriormente, cargada en camiones.

HISTORIA DE LAS PLANTAS MEZCLADORAS DE TAMBOR

El mezclado de tambor de materiales de concreto asfáltico fue introducido, originalmente, alrededor de 1910. Mas de cien plantas pequeñas mezcladoras de tambor fueron operadas hasta mediados de los años treinta, siendo entonces reemplazadas por plantas mezcladoras continuas y plantas de dosificación de mayor capacidad. El proceso de mezclado de tambor fue resucitado en forma mas avanzada a finales de los años sesenta.

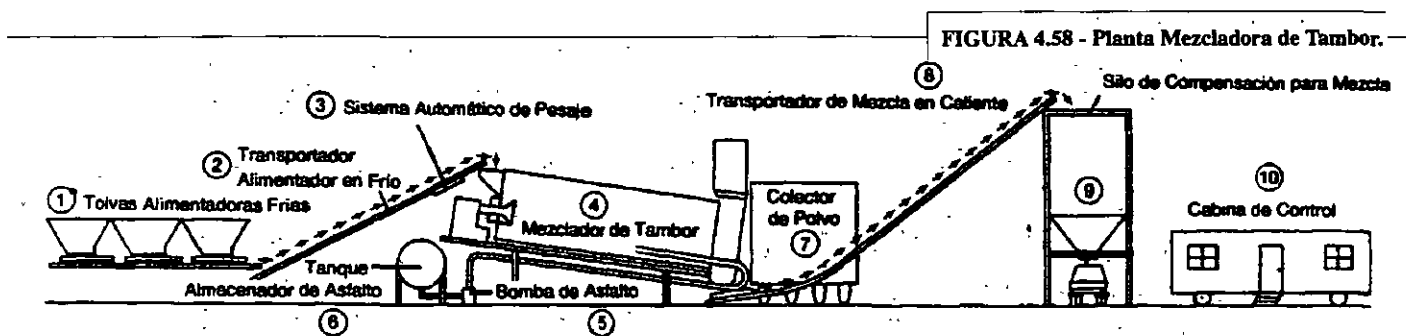
En años recientes, las planta mezcladoras de tambor, también llamadas mezcladores de tambor y tambores secadores, han llegado a ser ampliamente usadas en la industria de mezclas asfálticas en caliente. Después de ser introducidas en gran escala a principios de los años setenta, las plantas mezcladoras de tambor rápidamente adquirieron popularidad entre los contratistas debido a su portabilidad, eficiencia y economía. Los mezcladores de tambor también tienen la habilidad de producir grandes cantidades de mezcla de alta calidad a temperaturas relativamente bajas.

Varios procesos de mezclado en tambor han sido desarrollados tanto en Estados Unidos como en Europa. Común a cada proceso es el calentamiento, secado y revestimiento del agregado con cemento asfáltico, dentro del tambor secador.

OPERACIONES Y COMPONENTES DE LA PLANTA MEZCLADORA DE TAMBOR

Los componentes principales de una planta mezcladora de tambor (Figura 4.58) son:

- Tolvas de agregado de alimentación en frío.
- Sistema de transporte y pesado de agregado.
- Mezclador de tambor.
- Sistema colector de polvo.
- Transportador de mezcla en caliente.
- Silo de compensación para mezcla.
- Cabina de control.
- Tanque de almacenamiento de asfalto.



A continuación, y haciendo referencia a la Figura 4.58, se presenta una descripción breve y general de la secuencia de los procesos involucrados en la operación de una planta típica mezcladora de tambor. Las graduaciones controladas de agregado son depositadas en las tolvas de alimentación en frío (1) de donde proporciones exactas son alimentadas a un transportador de alimentación en frío (2). Un sistema automático de pesaje (3) monitorea la cantidad de agregado que entra al mezclador de tambor (4). El sistema de pesaje esta entrelazado con los controles de

 "TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

La segregación puede prevenirse si se construyen los acopios en capas de hasta 1.2 metros (4 pies) de espesor, y si se remueve el agregado de las partes superiores del acopio para minimizar los derrumbes de las pendientes.

Los acopios segregados ocasionan problemas en la graduación de la mezcla si no se corrige la segregación antes de que el material entre a la sección mezcladora de la planta. Es la decisión del operador de la planta optar establecer y mantener acopios no-segregados, o por construir acopios de la manera más económica y después corregir deficiencias en la uniformidad antes de que el agregado sea alimentado a la sección mezcladora de la planta. Todos los esfuerzos deberán estar dirigidos a producir, en la sección mezcladora, la combinación correcta de agregados uniformemente graduados, sin importar la forma como se maneje el material.

El agregado debe ser proporcionado antes de entrar al tambor mezclador, debido a que la planta mezcladora de tambor no contiene una unidad cribadora como la que existe en la planta de dosificación. La manera más eficiente de lograr esto es mediante el uso de un sistema de alimentación en frío de tolvas múltiples equipado con bandas alimentadoras de alta precisión. Debajo de cada tolva hay una banda alimentadora que recibe la proporción correcta de cada agregado. Controles de alta precisión (Figura 4.59) son usados para alimentar las proporciones exactas sobre la banda.

La planta deberá estar equipada con medios para obtener muestras representativas de agregado de cada alimentador individual, y del alimentador total. El inspector, o el técnico, tendrán que efectuar un análisis granulométrico del agregado seco obtenido en estas muestras.

El control de la alimentación en frío consiste de lo siguiente:

1. Análisis granulométrico del agregado de cada tolva.
2. Calibración de los alimentadores - abertura de compuerta y velocidad de banda.
3. Establecer proporciones de las tolvas.
4. Fijar las aberturas de las compuertas y las velocidades de las bandas.

Una vez calibradas, las aberturas de las compuertas deberán revisarse frecuentemente para garantizar que estén correctamente ajustadas. Todos los ajustes deberán considerarse como temporales puesto que el agregado frío usado en la mezcla puede variar en granulometría y en contenido de humedad, y esto puede requerir de ajustes posteriores en las compuertas para poder mantener un flujo uniforme.

Para poder calibrar el sistema medidor de agregados y poder trazar gráficos de la capacidad del alimentador en frío es necesario usar un dispositivo, o método, de muestreo.

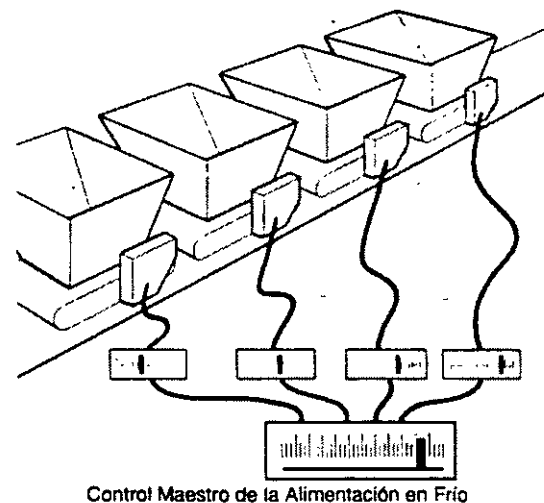


FIGURA 4.59 - Control Maestro de Alimentación en Frío.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

El inspector deberá monitorear el contenido de humedad del agregado frío antes de comenzar las operaciones del día, y luego, alrededor del medio día. El contratista deberá ajustar el equipo de control de humedad de acuerdo a las observaciones del inspector. El contenido de humedad deberá ser revisado con más frecuencia si se sospechan variaciones durante el día. El contenido de humedad puede ser determinado manualmente o electrónicamente. Deberá haber provisiones para corregir y convertir electrónicamente las lecturas de peso de agregado húmedo en lecturas de peso de agregado seco.

MEDICIÓN DE ASFALTO

Generalmente, el mezclador de tambor esta equipado con un dispositivo (Figura 4.62) para añadir asfalto.

El sistema medidor de distribución de asfalto es un sistema mecánico continuo de proporcionamiento, enclavado con el sistema de pesaje de agregado para garantizar el contenido exacto de asfalto en la mezcla. El peso de agregado que va en el mezclador, tal como es medido por el sistema de pesaje de banda, es la base para determinar la cantidad de asfalto que debe ser descargada en el tambor.

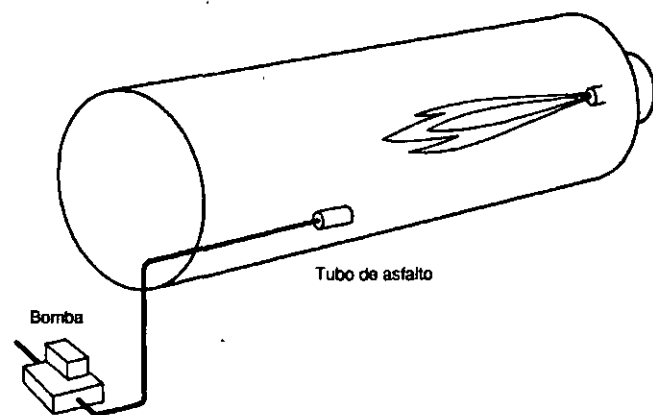


FIGURA 4.62 - Entrada de Asfalto.

La proporción de asfalto se obtiene al establecer la cantidad de descarga (en galones por minuto) necesaria para que concuerde con la cantidad de descarga de agregado (en toneladas de agregado seco por hora). La cantidad de descarga de asfalto es aumentada o disminuida proporcionalmente, de acuerdo a la medida corregida de peso seco del agregado que esta pasando sobre la báscula de banda.

La cantidad de descarga de asfalto es indicada por un contador que se encuentra sobre el panel de control

Típicamente, las cantidades de descarga de agregado y de cemento asfáltico son registradas en gráficas circulares de registro continuo, localizadas en la cabina de control. Las gráficas proveen un registro permanente, y un monitoreo, del proporcionamiento de cemento asfáltico y agregado.

OPERACIÓN DEL MEZCLADO POR TAMBOR

Descripción General

El corazón de la planta mezcladora de tambor es el mezclador en sí. El mezclador es similar en su diseño y construcción al secador rotatorio de una planta de dosificación, excepto que un mezclador de tambor no solamente seca el agregado sino que también lo combina con el asfalto para formar la mezcla en caliente. El mezclador de tambor puede ser dividido en dos zonas o secciones: (1) una zona primaria o de radiación, y (2) una zona secundaria o de convección y revestimiento (Figura 4.63).

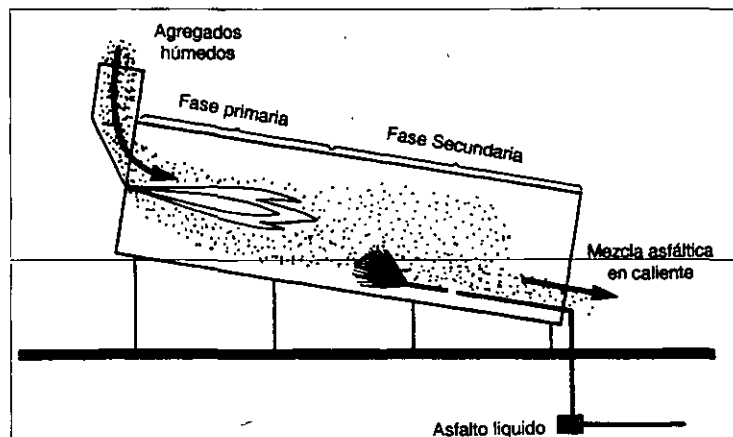
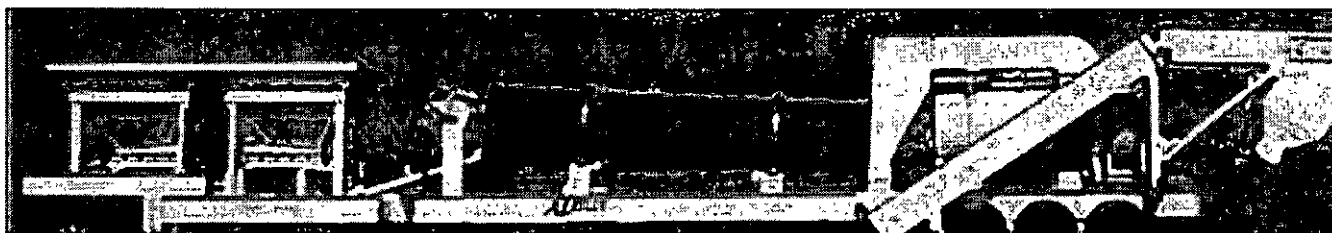


FIGURA 4.63 - Zonas en un Mezclador de Tambor.

RESUMEN DE MEZCLADORES DE TAMBOR

Los componentes principales de una planta mezcladora de tambor han sido discutidos, junto con la necesidad de un control estrecho de la granulometría del agregado en las tolvas frías, y del agregado y del asfalto que entran en el mezclador de tambor. También se discutieron las funciones principales del mezclador de tambor, en el cual se combinan los materiales para formar una mezcla asfáltica en caliente.

Es necesario seguir los procedimientos de inspección de plantas mezcladoras de tambor, para garantizar que los materiales sean correctamente proporcionados y mezclados a la temperatura deseada. Estos procedimientos incluyen la inspección del equipo de proporcionamiento, el muestreo y los ensayos de la granulometría del agregado, la determinación del contenido de humedad del agregado, y el control de la temperatura de la mezcla. Deberán analizarse, frecuentemente, muestras de la mezcla en caliente para determinar si el concreto asfáltico producido cumple o no con las especificaciones de la obra.



7.3 TENDIDO Y COMPACTACIÓN

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Los esfuerzos y las habilidades del inspector resultan ser mas evidentes en la colocación de la mezcla asfáltica en la calzada, que en cualquier otro aspecto de la construcción de pavimentos asfálticos. El conocimiento del inspector, y su control sobre la operación de pavimentación, pueden significar la diferencia entre un pavimento durable (de rodamiento suave) y uno áspero, poco firme y de deficiente transitabilidad.

El inspector tiene dos responsabilidades mayores durante la operación de pavimentación:

- Asegurar que las especificaciones del contrato sean cumplidas, y
- Darle al contratista la oportunidad de cumplir especificaciones de la manera más económica posible.

Al cumplir con la primera responsabilidad, el inspector le esta garantizando al público un pavimento que va a tener buen rendimiento por un largo periodo de tiempo. El cumplimiento de la segunda responsabilidad garantiza la cooperación del contratista, la cual es esencial para la construcción de un pavimento de buena calidad.

Para satisfacer estas responsabilidades el inspector debe tener una relación cordial, y de cooperación, con el contratista. También debe conocer completamente las especificaciones de la obra. Además, debe estar familiarizado con el equipo necesario para efectuar las operaciones de pavimentación, y con el uso correcto de este equipo.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

mezcla usada. El inspector deberá anotar cualquier retraso ocurrido, y su causa, así como los nombres de todas aquellas personas que visiten la obra.

PREPARACIÓN PARA LA PAVIMENTACIÓN

Preparación e Inspección Superficial

La mezcla asfáltica en caliente puede colocarse sobre una variedad de superficies, incluyendo:

- . Subrasante (suelo).
- . Capa granular de base (agregado).
- . Pavimento asfáltico existente.
- . Pavimento existente de concreto de cemento Portland.

Ciertos procedimientos de inspección y control son comunes en la preparación de todas estas superficies. Otros conciernen tan solo a uno o dos tipos de superficie. A continuación se describen, para cada tipo de superficie, los detalles de inspección y preparación que deben ser revisados y llevados a cabo.

Subrasante. La subrasante (suelo) debajo del pavimento es la fundación del pavimento. La subrasante debe cumplir con ciertas especificaciones, sin importar el tipo de pavimento que se vaya a colocar. Debe ser lo suficiente resistente para soportar el pavimento y el tránsito esperado. También debe estar propiamente graduada para garantizar un buen drenaje y una superficie suave y debe tener un coronamiento correcto. Además, debe estar completa y uniformemente compactada a la densidad requerida.

Durante la inspección de la subrasante, el inspector deberá buscar áreas de suelo blando pues estas áreas son demasiado débiles para soportar correctamente el equipo de pavimentación. Dichas áreas deberán ser corregidas antes de la pavimentación. Además, se deberán hacer revisiones periódicas del perfil transversal y del perfil longitudinal de la subrasante. Si estos no están dentro de los límites de tolerancia, entonces se deberán corregir, ya sea removiendo material, o añadiendo y compactando material igual al que esta en el lugar.

Si se va a colocar un pavimento FULL-DEPTH (termino patentado por el Instituto del Asfalto y definido en el glosario), se deben tomar ciertas precauciones. Un pavimento FULL-DEPTH es aquel en donde el asfalto es usado, como ligante del agregado, en todas las capas que están por encima de la subrasante. La mezcla en caliente es colocada directamente sobre la subrasante. La superficie de la subrasante debe ser firme, dura y resistente, para que un pavimento FULLDEPTH pueda ser colocado correctamente. Además, la superficie debe estar libre de partículas sueltas y de acumulaciones de polvo. Las partículas sueltas se podrán remover con escobas de mano cuando las áreas que ocupan son pequeñas. En áreas más grandes, se recomienda usar barredoras mecánicas.

Capa de Base. Una capa de base puede ser una capa de material granular (agregado) colocada y compactada sobre la subrasante, o puede ser, en el caso de un pavimento FULLDEPTH, una capa de concreto asfáltico. En cualquier caso, la base debe tener una resistencia uniforme, y debe estar dentro de los límites de tolerancia especificados para su rasante. Además, la superficie debe estar libre de desechos y de acumulaciones de polvo.

Pavimento Asfáltico. Una capa de concreto asfáltico colocada sobre un pavimento existente se denomina refuerzo de mezcla en caliente. Un refuerzo está diseñado para rehabilitar y reforzar un pavimento viejo, extendiendo a la vez su vida útil y corrigiendo irregularidades superficiales. El



Figura 5.3 - Una Colocación Correcta de Capas de Enrase Garantiza un Pavimento Liso.

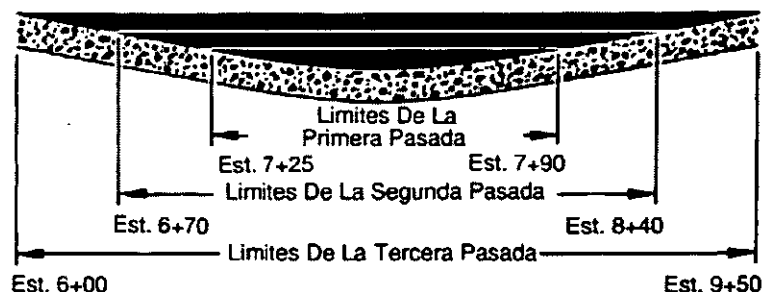


Figura 5.4 - Los Límites de las Capas Múltiples de Enrase Deberán Determinarse Usando Nivelación.



Figura 5.5 - Colocación Correcta de Capas o cuñas de Enrase para Arreglar una Corona Excesiva.

Pavimento de Concreto de Cemento Pórtland (PCC)

Las capas de refuerzo colocadas sobre pavimentos de concreto de cemento Portland requieren de una preparación especial. Primero, se deben identificar las juntas desiguales y las losas móviles (secciones de pavimento). Luego se deben estabilizar las losas usando un sellado inferior o el método de desintegración y asentamiento. Las especificaciones del contrato usualmente dictan el método a ser usado.

Sellamiento Inferior o Subsello o Inyección de Pavimentos

El subsello es un método usado para estabilizar las losas móviles, y para llenar los vacíos que pueden existir debajo de estas. Generalmente, la operación de subsello consiste en lo siguiente.

- . Perforar hoyos en las losas inestables o en aquellas que presenten depresiones.
- . Rellenar los vacíos, debajo de las losas, con cemento-asfáltico del tipo especificado para sellamientos inferiores. El asfalto es calentado y bombeado, bajo presión, debajo de la placa.
- . Taponar los hoyos en las losas con taponos de madera hasta que el asfalto, que ha sido bombeado, se enfríe y se solidifique.
- . Rellenar los hoyos con mezcla asfáltica;

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

La rasante transversal puede revisarse colocando estacas (llamadas estacas de control), de longitud conocida, a cada lado del pavimento propuesto, y extendiendo una cuerda entre estas. La cuerda revela rápidamente cualquier variación en la rasante.

Otro método que puede usarse como alternativa consiste en fabricar tres postes de madera o metal que pueden ser usados para establecer una línea visual de rasante. Los postes pueden hacerse telescópicos si se usa un tubo de diámetro interno de 9.5 mm (3/16 pulgada) dentro del cual se coloca una varilla metálica con diámetro de 6.3 mm (1/4 pulgada). Luego se puede colocar un tomillo de sujeción en el tubo para poder ajustar la altura de la varilla interna. La altura total de cada poste deberá ser de aproximadamente 1.1 metros (3.5 pies). La visual a través de la parte superior de los postes identificará rápidamente cualquier irregularidad en la rasante, después de que han sido ajustados a la misma altura y haber sido colocados en línea sobre la rasante.

Si los postes van a ser usados para establecer elevación, así como para revisar la línea de rasante, entonces al menos uno de ellos deberá tener marcas graduadas en unidades de centímetros (pulgadas o décimas de pie). El inspector puede medir la elevación aproximada de la rasante, así como cualquier desviación, si utiliza el poste graduado junto con los otros dos, y un nivel de mano. Para hacer esto, deberá colocar uno de los postes sobre un punto establecido de la rasante, de elevación conocida, mientras mira a través del nivel de mano, el cuál debe estar al lado del poste graduado.

Este método es muy útil cuando se esta usando una motoniveladora para hacer nivelaciones precisas de la base ya preparada, o cuando se esta colocando una capa de enrase de concreto asfáltico con una motoniveladora.

Las correcciones de elevación y rasante se efectúan mediante el corte o relleno de secciones de subrasante. Dichas correcciones pueden ser hechas a mano cuando las secciones son pequeñas, o usando motoniveladoras cuando las secciones son grandes.

En los casos donde las superficies irregulares de la carretera requieran una nivelación importante, es recomendable usar una cuerda tensa que sirva de línea de referencia para la terminadora. Para este propósito se pueden usar varios tipos de alambre y cuerda. Para sostener la cuerda se pueden usar bloques, como también estacas de rasante con guías ajustables.

La línea de cuerda es estirada y anclada en intervalos de 90 a 150 metros (300 a 500 pies) y soportada en intervalos de 8 metros (25 pies). Si hay un cambio brusco en la rasante, es necesario acortar la distancia entre los anclajes de la línea. Si la línea se deja instalada de un día para otro, deberá revisarse en la mañana siguiente, pues la humedad puede alterar la tensión de la cuerda.

También es necesario colocar la línea en una área que no se vea afectada por el tránsito. En las curvas deberá acortarse la distancia entre los anclajes, y los soportes deberán colocarse con espaciamientos menores, para mantener el alineamiento de la curva.

Riegos de Imprimación y Riegos de Liga

Los riegos de imprimación y los riegos de liga son aplicaciones de asfalto líquido sobre material de base o sobre otras capas inferiores del pavimento.

Riegos de Imprimación. Un riego de imprimación es una aplicación de asfalto diluido de curado medio, o de asfalto emulsificado, sobre una capa de base de material sin tratar. Cuando se usa un asfalto diluido (diluido con solvente) de curado medio, este debe ser aplicado en suficiente cantidad para que penetre dentro del material de base. Cuando se usa un asfalto emulsificado,

 "TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Aunque se pueden usar otro tipo de asfaltos en riegos de liga, la emulsión diluida (una parte de agua por una parte de asfalto emulsificado) proporciona los mejores resultados por las siguientes razones:

- . El asfalto emulsificado diluido fluye fácilmente del distribuidor, lo cual permite una aplicación mas uniforme del riego de liga.
- . La emulsión se diluye para que el distribuidor funcione, con el volumen suficiente, a una velocidad normal.

Cuando se aplican los riegos de imprimación, o los riegos de liga, se debe tener suficiente cuidado para evitar rociar asfalto sobre las aceras, las cunetas, las cubiertas de puentes, las defensas laterales del camino, o sobre los automóviles que están pasando.

El Distribuidor de Asfalto - Los riegos de liga y de imprimación son generalmente aplicados por medio de un distribuidor de asfalto. Tal y como se muestra en la Figura 5.7, el distribuidor de asfalto es un tanque de asfalto montado sobre un camión o sobre un remolque, adaptado con bombas, barras rociadoras, y controles apropiados para regular la cantidad de asfalto que sale por las boquillas de la barra rociadora. Un distribuidor incluye, normalmente, un sistema de calentamiento con base en quemadores de combustible o gas, para mantener el asfalto a la temperatura correcta de aplicación, y un accesorio manual de rociado para aplicar asfalto en las áreas que las barras no puedan alcanzar. Generalmente, el sistema de calentamiento no se usa con emulsiones. Un sistema de circulación por bombeo mantiene el asfalto en movimiento, cuando el distribuidor no esta operando, para evitar que este se solidifique y, en consecuencia, bloquee la barra rociadora y las boquillas.

Un asfalto diluido de curado medio, el cual se aplica usualmente a temperaturas elevadas, no deberá ponerse en un distribuidor que haya tenido previamente una emulsión, a menos de que se confirme que no hay rastros de agua en el sistema.

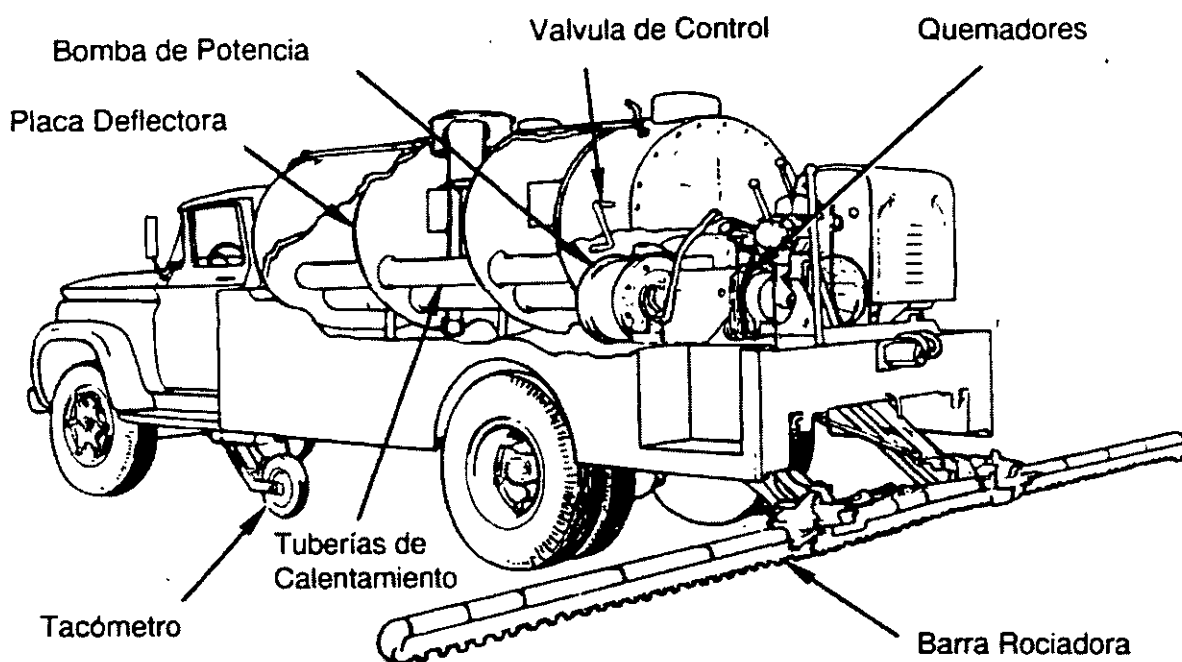


Figura 5.7 - Un Distribuidor Típico de Asfalto.

“TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA”

metros (pies) por minuto, y la distancia total recorrida por el distribuidor. Los tres controles son necesarios y esenciales para medir la cantidad de asfalto que ha sido aplicado a la superficie de la carretera. El bitómetro debe ser revisado con frecuencia para verificar que este registrando correctamente la velocidad del distribuidor durante las operaciones de rociado. Una gran causa de errores en el bitómetro es la acumulación de asfalto en la rueda del bitómetro. Por lo tanto, la rueda deberá mantenerse limpia a todo momento.

La prueba del bitómetro se efectúa en un tramo recto y nivelado de carretera. Se marca sobre el tramo una distancia de 150 a 300 metros (500 o 1000 pies). Luego, el distribuidor es manejado a una velocidad constante sobre la distancia marcada, y el tiempo de recorrido es medido con un cronómetro. Este tiempo es usado para calcular la velocidad del distribuidor en metros (pies) por minuto. Esta velocidad es luego comparada con la lectura registrada en el bitómetro durante la prueba. El procedimiento total se repite usando diferentes velocidades. Las diferencias entre la velocidad calculada y la velocidad registrada por el bitómetro constituyen los factores de corrección para las operaciones de rociado.

Midiendo la Cantidad de Asfalto

El asfalto usado en riegos de imprimación o de liga es pagado, usualmente, por litro (galón). Esto significa que debe medirse el contenido del distribuidor antes y después de la operación de rociado. La diferencia entre la primera y la segunda lectura indica la cantidad de material aplicado a la carretera. Algunos distribuidores tienen contadores de flujo que indican la cantidad de asfalto bombeado. Estos contadores deben colocarse en cero antes de que comience la operación de rociado, y deben leerse inmediatamente después de que la operación termine.

Todos los distribuidores están equipados con varas medidoras, proporcionadas por el fabricante. Estas varas medidoras están marcadas en incrementos de 95 o 190 litros (25 o 50 galones). Es importante tomar la temperatura del asfalto cuando se esta midiendo su cantidad en el distribuidor. Es necesario obtener una temperatura precisa para poder garantizar que el asfalto se encuentra a la temperatura especificada para operaciones de rociado. Además, la lectura de temperatura es necesaria para efectuar las correcciones de temperatura-volumen.

Cálculo del cubrimiento de la Carga

Es importante saber que longitud de carretera puede ser cubierta por el asfalto que esta en el distribuidor. La “Longitud de cubrimiento” de la carga de un distribuidor se calcula de la siguiente manera:

Distribución de Mezcla con Motoniveladora

Las motoniveladoras son usadas a veces para esparcir mezclas asfálticas de planta sobre capas de base y capas de enrase. La ventaja principal que ofrece la amplia base de ruedas de la motoniveladora, durante el proceso de distribución de la capa, es la eliminación de los ahuellamientos, ondulaciones, e irregularidades excesivas en la subrasante o en el pavimento viejo. Otra ventaja obtenida al colocar una capa con motoniveladora es que se logra una superficie áspera, sobre la cual se colocará la siguiente capa. Algunas veces es de gran ayuda instalar una placa terminal en la cuchilla de la motoniveladora. Esta placa permite que una carga de material pueda ser arrastrada a lo largo del ancho de la cuchilla para evitar demasiada segregación o desperdicio.

Cuando el operador coloca una capa de enrase, y si sabe manejar correctamente los controles de la motoniveladora, debe dejar más material en las ondulaciones y menos en los abultamientos existentes. Seguidamente, la compactadora que viene detrás densifica este material, formando un plano liso y firme sobre el cual se colocará la siguiente capa(s).

“TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA”

Unidad de Potencia - La unidad del tractor provee la fuerza motriz para mover las ruedas u orugas, y también para la maquinaria de la pavimentadora. La unidad del tractor comprende la tolva receptora, el transportador alimentador, compuertas de control de flujo, barrenas de distribución (o tomillos de distribución), planta generadora (motor), transmisiones, controles dobles, y el asiento del operador.

Cuando esta en marcha, el motor de la unidad del tractor propulsa la pavimentadora, arrastra la unidad del enrasador (niveladora), y proporciona potencia a los otros componentes a través de las transmisiones. La mezcla en caliente es depositada en la tolva receptora, de donde es llevada por el transportador alimentador, a través de las compuertas de control de flujo, hacia las barrenas de distribución (o tomillos de distribución). Las barrenas luego distribuyen uniformemente la mezcla a lo largo de todo el ancho del asfaltador para obtener una colocación pareja y uniforme. El operador controla estas operaciones por medio de controles dobles que se encuentran a mano, cerca de la silla.

Antes de comenzar la pavimentación se deben revisar ciertos detalles, para asegurar una correcta operación del asfaltador.

. Ruedas u Orugas

Si la pavimentadora esta equipada con ruedas neumáticas, se debe revisar la condición y presión de estas. Es muy importante que la presión sea la misma en las ruedas de ambos lados del asfaltador. Si el asfaltador se mueve sobre orugas, estas se deben revisar para asegurar que estén ajustadas sin holgura, y también se deben revisar las ruedas dentadas para ver si presentan demasiado desgaste. Las orugas sueltas y las presiones desiguales, o la falta de presión en los neumáticos de las ruedas, pueden causar movimientos indeseados en el asfaltador. Estos movimientos serán transmitidos a la unidad de enrase, produciendo así una superficie irregular de pavimento. No deberá haber acumulación de material en las ruedas o en las orugas.

. Regulador

El regulador del motor también debe revisarse para asegurar que no hay cambios periódicos en las RPM del motor. Si el regulador no esta funcionando correctamente, puede haber una falta de potencia cuando el motor se este recargando. Esta falta de potencia puede ocasionar fallas temporales en las barras vibratoras o apisonadoras de la unidad del enrasador, produciendo así una sección de pavimento de menor densidad, o una sección que contiene menos material que el área adyacente. Después de la compactación, esta área aparece como una ondulación transversal en el pavimento. Una falta de potencia también puede afectar la operación pareja y consistente de los controles electrónicos del enrasador.

. Tolva, Compuertas de Flujo y Barrenas

La tolva, las tablillas del transportador alimentador, las compuertas de flujo, y las barrenas deberán revisarse para ver si presentan un desgaste excesivo y para estar seguros que están operando correctamente. El contratista deberá efectuar cualquier ajuste necesario para asegurar que los componentes trabajen de acuerdo a su diseño, y para que sean capaces de conducir un flujo parejo de mezcla desde la tolva hasta la vía. Esto incluye el ajuste de los controles automáticos de alimentación.

La velocidad del transportador y la abertura de las compuertas de control, en la parte trasera de la tolva, deberán ser ajustadas por el contratista, tal que solamente se use la cantidad necesaria de material para que las barrenas operen alrededor del 85 por ciento del tiempo. Esto permitirá que se mantenga una cantidad uniforme de mezcla en frente del enrasador. Si se requiere mezcla adicional para obtener un incremento en el espesor de la capa, se deberán ajustar las compuertas de control de flujo. Las barrenas deberán mantenerse tres cuartos llenas durante las operaciones de pavimentación.

 "TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

La cantidad y condición del material que sale de las barrenas puede cambiar el equilibrio de estas fuerzas. Un flujo excesivo de material aumentará la fuerza H. Una mezcla fría y dura aumentará la fuerza H, y hasta cierto punto la fuerza V. Una mezcla excesivamente caliente y fluida disminuirá las fuerzas H y V. Las interrupciones y puestas en marcha del asphaltador también causan cambios en el equilibrio de las fuerzas. La clave para controlar la acción del enrasador es mantener uniformidad en las fuerzas actuantes.

El secreto para conseguir una buena operación de la pavimentadora es, entonces, balance y uniformidad - balance de las fuerzas y uniformidad para mantener esas fuerzas. Cuando se consiguen el balance y la uniformidad, la trayectoria del enrasador sigue la pavimentadora en un plano paralelo al punto de pivotaje. Cuando la pavimentadora se levanta, al pasar por una irregularidad, el punto de pivotaje del enrasador se eleva. El mismo enrasador también comienza a elevarse, pero debido a que reacciona más lentamente a los cambios de elevación, entonces se eleva muy poco, y por consiguiente, mantiene el plano de la superficie de la carpeta, lo cual hace que la irregularidad sea menos quebrada. Este no es el caso cuando hay irregularidades muy extensas (i.e. más extensas que varias veces el tamaño de la pavimentadora). Las irregularidades extensas de rasante deberán corregirse antes de colocar las capas superficiales.

Los enrasadores que contienen barras apisonadoras o mecanismos vibratorios están diseñados para nivelar y compactar ligeramente la mezcla, a medida que esta es colocada. Existen dos propósitos que conciernen a esta acción emparejadora. La acción logra un nivelamiento máximo de la superficie de la carpeta, y garantiza una deformación mínima de la carpeta bajo compactaciones posteriores. Varios sistemas de compactación del enrasador se presentan a continuación, por separado, debido a que trabajan en forma diferente.

Tipo Barra Apisonadora

Los compactadores del enrasador de tipo barra apisonadora, compactan la mezcla, cortan el exceso de espesor, y meten el material debajo de la placa emparejadora para su nivelación. La barra apisonadora tiene dos caras, como se muestra en la Figura 5.14: una cara biselada en el frente, la cual compacta el material a medida que el enrasador es arrastrado hacia adelante, y una cara horizontal que imparte algo de compactación, pero que principalmente corta el exceso de material para que el enrasador pueda moverse suavemente sobre la carpeta que esta siendo colocada.

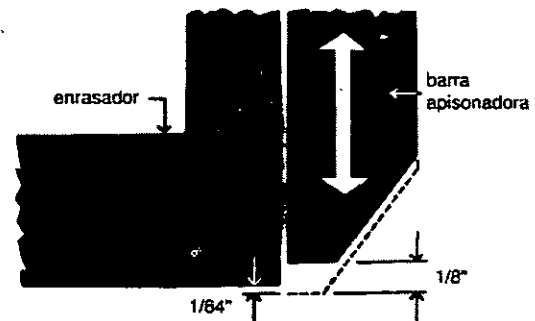


Figura 5.14 - Barra Apisonadora (1 pulgada = 25 mm).

El ajuste que limita el margen del recorrido descendiente de la barra apisonadora es el ajuste que más afecta la apariencia de la carpeta terminada. En la parte baja del recorrido, la cara horizontal deberá extenderse 0.4 mm (1/64 de pulgada) - alrededor del espesor de una uña - por debajo del nivel de la placa emparejadora. Si la barra se extiende demasiado, habrá mezcla que terminará acumulada en la cara del enrasador, lo cual tiende a raspar la superficie de la capa que esta siendo colocada. Adicionalmente, la barra apisonadora levantará ligeramente el enrasador en cada recorrido, causando, con frecuencia, una ondulación en la superficie de la carpeta.

Si el ajuste de la cara horizontal es demasiado alto (debido a un mal ajuste o debido al desgaste de la parte baja de la cara), la barra no cortará el exceso de mezcla de la superficie de la carpeta. En consecuencia, la placa emparejadora comenzará a cortar el material, lo cual resulta en una picadura de la superficie, debido a que el borde de entrada de la placa emparejadora arrastra los agregados grandes hacia adelante. Por lo tanto, siempre se deberán revisar las barras apisonadoras antes de poner en marcha el asphaltador, y si es necesario, se deberán ajustar y reemplazar cuando las caras estén demasiado delgadas.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Es importante, después de ajustar los controles de espesor, dejar que la pavimentadora recorra una distancia suficiente para que se complete la corrección, antes de hacer cualquier otro ajuste. Un ajuste excesivo de los controles de espesor es una de las causas principales de una falta de uniformidad en el pavimento.

La condición de la unidad del enrasador es importante si se quiere obtener una carpeta de alta calidad. Los puntos de desgaste deberán revisarse para estar seguros de que las articulaciones del sistema de control están ajustadas.

La plancha enrasadora deberá revisarse regularmente para ver si presenta señales de desgaste, tales como picaduras y alabeos. El contratista deberá ajustar correctamente la placa antes de comenzar cualquier trabajo de pendiente transversal. Los bordes de entrada y salida del enrasador tienen un ajuste de pendiente transversal. El borde de entrada deberá tener siempre un poco más de pendiente que el borde de salida, para poder proporcionar un flujo parejo de material debajo del enrasador. Si hay demasiada pendiente de entrada, se produce una textura abierta a lo largo de los bordes de la carpeta. Por otro lado, si hay muy poca pendiente de entrada, se produce una textura abierta en el centro de la carpeta. Los ajustes de pendiente pueden hacerse independientemente o simultáneamente durante la operación de pavimentación.

Controles Automáticos del Enrasador - Los controles del enrasador deben ser ajustados por el operador a medida que progresa la pavimentación. Los controles automáticos, sin embargo, están diseñados para ajustarse automáticamente en la colocación de una carpeta con espesor, rasante, y forma deseada (Figura 5.17).

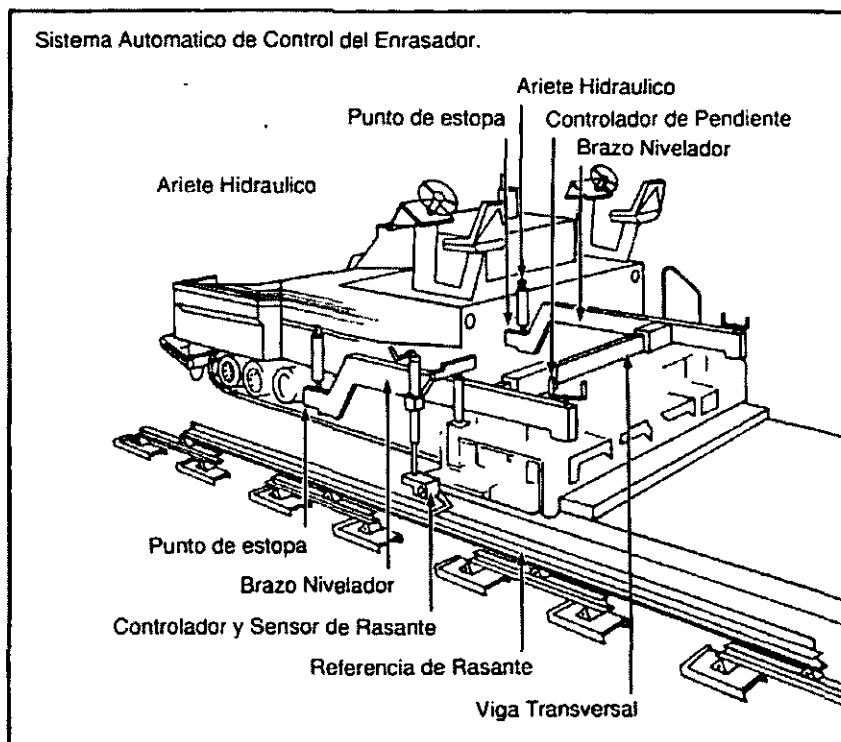


Figura 5.17 - Sistema Automático de Referencia para el Enrasador.

. Tipos y Principios de Operación

Los controles automáticos del enrasador pueden usarse de varias maneras, aunque todas las operaciones automáticas requieren de un sistema de referencia. Esta referencia puede ser la base sobre la cual la mezcla en caliente esta siendo colocada, la vía de tráfico contigua, o una línea de cuerda. Si, por ejemplo, se usa una línea de cuerda como referencia, el control automático seguirá exactamente la altura de la cuerda para colocar la carpeta conforme a esta altura. Obviamente, la instalación de la línea de cuerda (como de cualquier otro sistema de referencia) debe ser precisa. Los controles automáticos del enrasador también pueden guiarse por medio de sistemas móviles

 "TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Las zapatas de corte sirven la función opuesta. Estas son placas de metal encajadas dentro del enrasador para reducir el ancho de la carpeta colocada. Las placas de pendiente son placas de metal usadas para darle una pendiente de 45° a los bordes de la carpeta.

Enganche de Camión- El propósito del enganche de camión, en frente de la tolva de la pavimentadora, es mantener el camión que se encuentra descargando mezcla en caliente en la tolva, en contacto con la pavimentadora. Si el camión y la pavimentadora se separan durante la operación de descarga, la mezcla termina fuera de la tolva, y entonces deberá recogerse antes de que la pavimentadora pase sobre ella.

Existen dos tipos de enganches de camión comúnmente usados:

- . Uno de ellos utiliza una extensión que pasa por debajo del camión y se engancha en el eje trasero.
- . El otro sistema utiliza unos rodillos retráctiles que se fijan en la barra de empuje del camión y agarran el lado exterior de las ruedas traseras del camión. Estos giran con las ruedas mientras el camión descarga el material en la tolva.

Rodillos Pivotados de Empuje para Camión- El rodillo pivotado de empuje es un dispositivo instalado en el frente del asfaltador que se ajusta cuando el alineamiento entre el camión y el asfaltador es desigual. El dispositivo reduce la fuerza desigual ejercida sobre el asfaltador debido al desalineamiento del camión, minimizando así cualquier interferencia en el manejo de ambos vehículos.

Camiones de Transporte- La mezcla en caliente es llevada al lugar de la obra mediante camiones. El inspector debe estar seguro de que la mezcla entregada cumpla con las especificaciones de la obra y que además sea entregada en una manera segura.

Información General- Varios tipos de camiones son usados para transportar la mezcla en caliente al lugar de la obra. Los dos tipos más comunes son: camiones de vaciado por extremo y camiones de descarga inferior (Figura 5.18). Los detalles de cada tipo de camión se presentan mas adelante. A continuación se presenta una información general concerniente a todos los tipos de camiones usados para transportar mezcla en caliente.

Eje sencillo- Descarga por extremo
6-8 tons

Eje Tandem - Descarga por extremo
13-15 tons

Semi alto
20-22 tons

Semi de fondo
20-22 tons

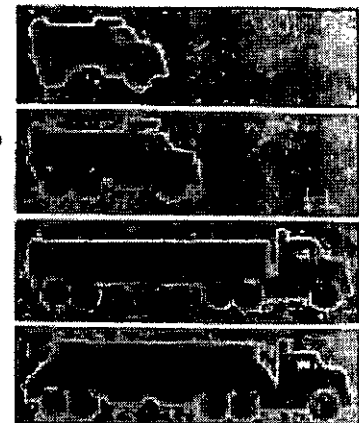


Figura 5.18 Tipos de Camiones Transportadores de Mezcla

Condición de los Camiones de Transporte- Los camiones deben tener cajas de metal, y estos deben estar limpios, lisos y sin hoyos. Todos los camiones deben cumplir con los criterios mínimos de seguridad. Cada camión debe estar numerado correctamente para una identificación fácil, y debe estar equipado con una lona impermeable.

Antes de cargar el camión, deberá limpiarse cualquier material extraño, así como el asfalto endurecido en la caja. Después, la caja deberá revestirse ligeramente con un lubricante para ayudar a prevenir que la mezcla fresca se pegue de las superficies. Luego se debe drenar cualquier exceso de lubricante. Antes de cargar el camión, este debe ser pesado para establecer

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

irregularidades en la superficie sobre la cual se va a colocar el material, causarán variaciones, a su vez, en la cantidad de material alimentado en la tolva. Estas variaciones también causan, con frecuencia, variaciones en la superficie terminada. Por lo tanto, es esencial que el volumen depositado sea lo más uniforme posible. Si el volumen no tiene el tamaño adecuado, se le puede añadir material para evitar que el asfaltador este "hambriento". Si el montón contiene demasiada mezcla, se puede dejar más espacio con el montón del camión siguiente para compensar el exceso. También se debe controlar la longitud del montón, especialmente en tiempo frío, el material amontonado se enfría por debajo de las temperaturas de distribución y compactación, especialmente si ocurren retrasos debido al mal funcionamiento del asfaltador.

Para prevenir un enfriamiento excesivo de la mezcla en tiempo frío, el límite longitudinal del montón no deberá ser mayor que el tamaño de una camionada medido por delante del dispositivo recogedor.

Si el cargador y la pavimentadora están acoplados directamente, cualquier vibración del dispositivo recogedor puede ser transmitida a la pavimentadora, y causar, en consecuencia, ondulaciones y asperezas en la superficie de la carpeta. Estas vibraciones generalmente son el resultado de desgastes y defectos en las partes, o de monturas o ajustes incorrectos.

ENTREGA DE MEZCLA EN CALIENTE

Boletos de Carga

Los boletos de carga proveen los registros esenciales para el control de calidad de las operaciones de la obra, así como para el control de la cantidad de mezcla entregada. Aunque varias agencias usan diferentes sistemas, ciertos detalles de los boletos de carga permanecen generalmente iguales de una obra a la otra. Los boletos de carga - numerados consecutivamente - son generalmente expedidos en la planta. En ellos se encuentra el número del proyecto, el origen de la carga, la hora en que el camión fue cargado, la temperatura y peso de la carga, el número del camión, el tipo de mezcla, y el lugar donde la mezcla fue colocada.

También aparecerá el peso de la mezcla y su temperatura, tal como se registraron en la carretera. En estos boletos hay aspectos de cierta importancia para el inspector. Primero, la numeración consecutiva de los tiquetes mostrará si un camión llegó o no, al lugar de la obra, en un orden diferente al que fue cargado en la planta. Esto puede ocurrir debido a una avería del camión, problemas de tráfico, o cualquier otra razón; pero dará al inspector una idea de que tanto tiempo el camión ha estado cargado. Si este periodo de tiempo es más largo que lo normal, entonces se debe revisar muy bien la mezcla para ver si se encuentra a la temperatura correcta y para ver si no se han formado terrones debido a un posible enfriamiento. Si se detectan problemas serios de temperatura, la carga deberá ser rechazada. Es importante que el inspector recoja todos los boletos de carga de cada camión, a medida que el camión esta descargando. De esta manera, el se puede asegurar de que ninguna de las cargas del proyecto ha sido desviada.

Inspección Visual de la Mezcla

Los procedimientos de inspección de mezclas deberán discutirse a fondo durante la reunión sostenida antes de la construcción. Aunque la mezcla es inspeccionada en la planta, existen ocasiones en que el inspector de planta puede pasar por alto, inadvertidamente, una carga defectuosa que puede ser el resultado de una falla en la planta. Algunas de estas deficiencias pueden ser notadas por el inspector de colocación antes de que la mezcla sea descargada. Estas deficiencias se hacen aparentes cuando se revisa la temperatura o cuando se eleva la caja del camión. Algunas indicaciones de deficiencias en la mezcla en caliente, que pueden requerir una inspección más rigurosa, y posiblemente una rectificación, son:

Calculando la Producción del Asfaltador

El peso de la carga se usa para verificar la producción del asfaltador (longitud de sección de pavimento por camionada de mezcla). Para empezar es necesario saber cuanto pesa la mezcla después de compactada. Una vez se obtenga esta información, se puede proceder a determinar si la producción actual esta cerca a la esperada, usando las medidas de la carpeta colocada y unos cálculos simples. Estúdiese el siguiente problema ejemplo.

Problema Ejemplo Un camión entrega 15 toneladas (33,070 libras) de mezcla en caliente al asfaltador. El asfaltador esta colocando una carpeta de 3.75 metros de ancho por 4 centímetros de espesor (compactado). La mezcla tiene una densidad in-situ de 2.3 ton/m³. ¿Qué sección de pavimento (cuantos metros lineales) puede colocar el asfaltador con las 15 toneladas?

Solución

(1) Un metro cúbico de mezcla pesa 2.3 toneladas. Un metro cuadrado de carpeta de 1 centímetro de espesor contiene 23 kilogramos (0.023 toneladas) de mezcla:

$$\begin{aligned} 2.31100 &= & 0.023 \text{ ton/m}^2 \text{ por centímetro} \\ &= & 23 \text{ kg/m}^2 \text{ por centímetro} \end{aligned}$$

(2) Debido a que la carpeta esta siendo colocada con un ancho de 3.75 metros y 4 centímetros de espesor, el peso de mezcla por metro lineal de pavimentación es:

$$3.75 \times 1 \times 4 \times 23 = 345 \text{ kg.}$$

(3) La cantidad de metros lineales que el asfaltador puede colocar con las 15 toneladas, se determina dividiendo el peso de la carga (15,000 kg) por el peso de mezcla por metro lineal (345 kg/m)

$$15,000/345 = 43.5 \text{ metros lineales}$$

Respuesta

El asfaltador deberá ser capaz de pavimentar 43.5 metros de pavimento con la carga entregada por el camión. Efectuando un cálculo mas, encontramos que una tonelada de mezcla pavimentara 2.9 metros. Esta información puede ser usada para comparar el peso total acumulado, en los boletos de carga, con la cantidad de metros colocados de pavimento. También puede usarse para determinar la cantidad de mezcla en caliente necesaria para pavimentar una sección dada de carretera. Al finalizar el día, la información puede usarse para calcular cuanta mezcla más se necesita para terminar una longitud dada de carretera y, por 10 tanto, saber en que momento la planta debe detener la producción.

PROCEDIMIENTOS DE COLOCACIÓN

Coordinando la Planta y el Asfaltador

La uniformidad en las operaciones es esencial en la pavimentación de mezclas asfálticas en caliente. Las operaciones uniformes y continuas del asfaltador producen un pavimento de alta calidad. No hay ninguna ventaja en operar el asfaltador a una velocidad que requiera que la mezcla deba ser suministrada mas rápido de lo que la planta puede producirla. El tratar de pavimentar demasiado rápido puede ocasionar que la pavimentadora tenga que parar frecuentemente, para esperar que los camiones traigan mas mezcla. Si la parada es demasiado

“TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA”

Capa ligante insuficiente o no-uniforme	Capa ligante, o de imprimación, inadecuadamente curada	Mezcla muy gruesa	Exceso de finos en la mezcla	Insuficiente asfalto	Exceso de asfalto	Mezcla inadecuadamente proporcionada	Cargas no-satisfactorias	Exceso de humedad en la mezcla	Mezcla demasiado caliente o quemada	Mezcla demasiado fina	Operación mala de rociado	Rociador en mala condición	Demasiada humedad en la subrasante	Demasiada capa ligante o de imprimación	Demasiado rastrilleo manual	Mano de obra descuidada o sin experiencia	Demasiada segregación en la colocación	Operación muy rápida de la máquina terminadora	Tipos de imperfecciones del pavimento que pueden ocurrir al colocar mezclas de planta
					X	X	X							X					Exudación
				X				X	X										Apariencia parda y muerta
					X	X	X							X			X		Puntos ricos o grasos
	X	X				X	X			X	X	X				X	X	X	Mala textura superficial
X	X	X				X	X			X	X	X				X	X	X	Superficie aspera desigual
		X		X		X	X			X	X	X				X	X	X	Desmoronamiento o carcomido
		X								X	X	X				X	X	X	Juntas desiguales
			X		X	X				X							X		Marcas de la cilindadora
X	X		X		X	X	X	X			X	X				X			Ondulaciones o Desplazamiento
			X	X		X							X						Agrietamiento (muchas grietas finas)
													X						Agrietamiento (grietas largas y grandes)
		X				X				X	X	X							Rocas fracturadas por la cilindadora
		X		X		X		X	X	X	X	X					X	X	Abatimiento de la superficie durante la colocación
X	X		X		X	X		X	X			X	X						Deslizamiento de la superficie sobre la base

Figura 5.20 – Problemas Típicos de la Carpeta y sus Posibles Causas.

INSPECCIÓN DE LA CARPETA

El inspector debe ser capaz de identificar deficiencias en el pavimento terminado y conocer las posibles causas de esas deficiencias. La Figura 5.20 es una tabla de problemas comunes del pavimento y sus posibles causas. Al referirse a la figura, tenga en cuenta que una deficiencia dada puede tener varias causas posibles. En algunos casos, el muestreo y las pruebas son el único medio confiable para analizar un problema del pavimento. Las siguientes sub-secciones tratan, en detalle, varias de las partidas importantes en una lista de inspección de pavimentos.

Temperatura de la Mezcla

La temperatura de la mezcla es revisada, usualmente, en el camión; sin embargo, debe ser revisada, con frecuencia, detrás del asfaltador. Es muy importante hacer esto en las primeras horas del día porque el aire, y la superficie sobre la cual se está colocando el material, están todavía fríos. La temperatura también deberá revisarse cuando la mezcla aparezca fría o cuando la primera compactadora se este quedando atrás. La temperatura de la carpeta se toma al

Geometría de la Vía

La geometría de una vía se refiere al tamaño y forma física del pavimento terminado, incluyendo la rasante longitudinal, la rasante transversal, el alineamiento, la pendiente, y el espesor. La revisión de la geometría del pavimento comienza por conocer la sección típica de los planos del pavimento. Todas las mediciones deben ser comparadas con los planos para determinar si el tamaño y la forma del pavimento son, o no, aceptables.

La rasante longitudinal, la rasante transversal, y el alineamiento, pueden revisarse usando líneas de cuerda, reglas rectas, y cinta para medir, así como niveles topográficos; utilizando marcadores de rasante y elevación como puntos de referencia.

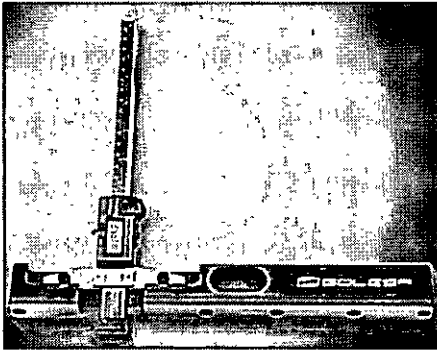


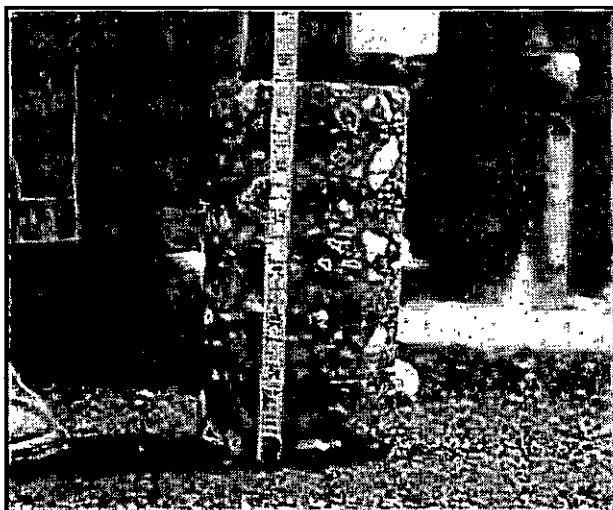
Figura 5.21 Medidor de profundidad

El espesor del pavimento se debe medir antes y después de la compactación para poder determinar la diferencia en espesor debido a la compactación. Antes de la compactación se puede revisar el espesor usando un medidor de profundidad (Figura 5.21), o extendiendo una regla recta sobre el borde de la carpeta y midiendo la distancia entre la regla y la base. Después de la compactación, se puede repetir la medición de espesor usando la regla recta.



También se pueden extraer núcleos de la mezcla compactada de pavimento para efectuar pruebas y hacer mediciones (Figura 5.22).

Figura 5.22 Extracción de Núcleos de Muestra del Pavimento Terminado



Generalmente, es mas fácil medir el espesor de la carpeta usando este ultimo método (Figura 5.23).

Figura 5.23 Midiendo el Espesor de la Carpeta en el Núcleo.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

escaso de material en estos últimos metros. Si este es el caso, se debe cortar un borde transversal nuevo justo detrás de donde comienza a adelgazarse la carpeta.

- (3) Se aplica material de liga a la cara vertical del borde de la carpeta.
- (4) Se retrocede la pavimentadora hasta el borde de la carpeta y se deja descansar el enrasador sobre la misma.
- (5) El enrasador es calentado mientras descansa sobre la carpeta. Esto también proporciona algo de calor al material del borde de la carpeta.
- (6) El enrasador caliente se eleva y luego se colocan planchas de relleno debajo de sus extremos. Estas planchas deben ser tan gruesas como la diferencia entre la carpeta sin compactar y la carpeta compactada.
- (7) El camión con la primera carga de mezcla se retrocede cuidadosamente hasta la tolva. Es importante, durante la descarga de la mezcla, que el camión no golpee la pavimentadora, haciendo que esta se mueva.
- (8) La pavimentadora comienza a avanzar adelante en marcha lenta.
- (9) Una vez la pavimentadora se ha movido lo suficiente, se procede a limpiar el exceso de mezcla caliente de la superficie de la carpeta, y se revisa el emparejamiento de la junta usando una regla recta.
- (10) Si la junta es adecuada, se rodilla transversalmente un ancho de 150 mm de mezcla, y luego se revisa la lisura de la junta. Si la lisura es satisfactoria, se procede a compactar transversalmente en incrementos de un ancho de 150 a 300 mm, hasta que el ancho completo de la compactadora se encuentre sobre la mezcla nueva. Si la regla recta revela una desigualdad en la junta, se deberá escarificar la superficie de la carpeta nueva mientras está todavía caliente y manejable. Es preferible efectuar esta escarificación usando un rastrillo de púas. Luego, el material sobrante puede ser removido, o puede añadirse material adicional si es el caso, para después compactar la junta. Durante la compactación se deberán colocar tirantes a lo largo de los extremos de la carpeta para prevenir que el rodillo aplanador dañe los bordes longitudinales.

Juntas Longitudinales - Las juntas longitudinales ocurren dondequiera que se coloquen carpetas, una al lado de otra. Existen dos tipos de juntas longitudinales: juntas calientes y juntas frías.

. Juntas Calientes

Las juntas calientes son formadas por dos pavimentadoras trabajando en escalón. El enrasador de la pavimentadora de atrás está ajustado para traslapar, de 25 a 50 mm, la carpeta de la pavimentadora delantera. Las ventajas de una junta caliente consisten en que las dos carpetas terminan, automáticamente, con el mismo espesor, que la densidad a ambos lados de la junta es uniforme (los dos lados son compactados al mismo tiempo); y que las carpetas calientes forman una ligazón fuerte. La desventaja es que el tránsito no puede pasar por ninguno de los dos carriles por un tiempo determinado.

. Juntas Frías

En una junta fría, los carriles son colocados y compactados individualmente, uno después del otro. Se deben tener ciertas precauciones para garantizar una junta de buena calidad. Si es necesario, se deberá barrer la base sobre la cual se va a colocar el carril compañero. Se debe aplicar material de liga al borde que va ser unido. El enrasador de la pavimentadora deberá estar ajustado para superponer, de 25 a 50 mm, la primera carpeta. La elevación del enrasador sobre la superficie de la primera carpeta deberá ser igual a la cantidad de asentamiento (compactación) esperada en la colocación de la carpeta nueva. El agregado grueso en el material que traslapa la junta fría deberá ser cuidadosamente removido y desechado. Esto deja solamente la porción fina de la mezcla, la cual será comprimida, energicamente, cuando la junta sea compactada.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La compactación es un proceso que consiste en comprimir un volumen dado, de mezcla asfáltica en caliente, en uno más pequeño. Esto se consigue al comprimir las partículas de agregado revestidas de asfalto, eliminando así la mayoría de los vacíos (espacios) en la mezcla y aumentando la densidad (proporción de peso a volumen) de la misma. Se considera que la compactación ha sido exitosa cuando la carpeta terminada tiene contenidos óptimos de vacíos y de densidad. La necesidad de compactar un pavimento hasta lograr su densidad óptima puede entenderse mejor si se advierten los efectos del agua, el aire, y el tránsito en una mezcla subcompactada.

Los vacíos en una mezcla subcompactada tienden a estar interconectados y permiten la penetración de aire y agua a través del pavimento. El aire y el agua contienen oxígeno, el cual oxida el ligante asfáltico en la mezcla, causando que esta se vuelva frágil. En consecuencia, el pavimento no podrá resistir las deformaciones repetidas causadas por el tránsito, lo cual conducirá a su falla. Por otro lado, la presencia interna de agua, a temperaturas bajo cero, puede causar una falla prematura en el pavimento como resultado de la expansión del agua congelada.

Un pavimento que no ha sido compactado correctamente durante la construcción presentará huellas o surcos a causa de la canalización del tránsito. Además, si no se dejan suficientes vacíos en la mezcla compactada, entonces el pavimento presentará afloramiento, y tenderá a volverse inestable debido a la reducción del contenido de vacíos causada por el tránsito y por la expansión térmica del asfalto.

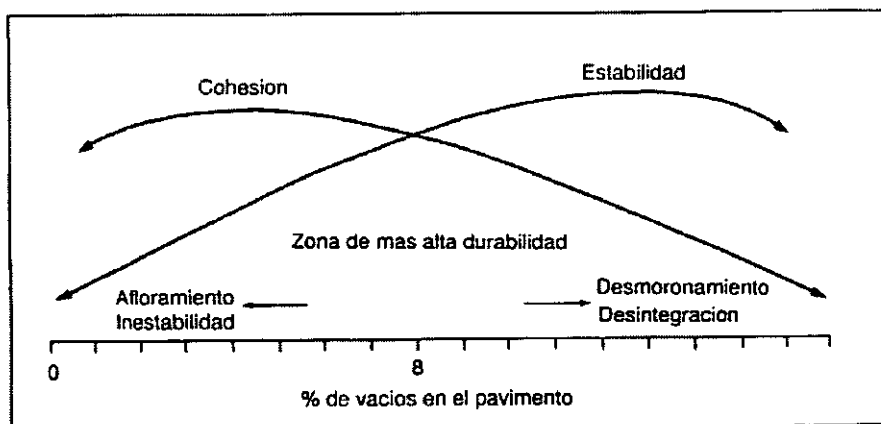


Figura 6.1 - Durabilidad del Pavimento versus Contenido de Vacíos.

El contenido óptimo de vacíos, en un pavimento recién construido, es de 8 por ciento o menos para mezclas densamente gradadas. En este nivel, los vacíos no están, generalmente, interconectados. La Figura 6.1 es una representación gráfica del efecto de los vacíos sobre la durabilidad del pavimento. Cuando el contenido de vacíos es demasiado alto, el pavimento tiende a presentar desmoronamiento y desintegración. Cuando el contenido de vacíos es demasiado bajo, hay peligro que el pavimento presente afloramiento y se vuelva inestable.

La compactación logra dos objetivos importantes al comprimir las partículas de agregado. Estos son: la resistencia y la estabilidad de la mezcla. Adicionalmente, la compactación cierra los espacios a través de los cuales el agua y el aire pueden penetrar y causar un envejecimiento rápido, daños por congelación-deshielo, y desprendimiento.

Descripción General

La compactación se efectúa usando cualquiera de los diferentes tipos de compactadores o aplanadores - vehículos que con su peso, o con fuerzas dinámicas, compactan la carpeta de pavimento, al transitar sobre ella en un patrón específico.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Propiedades de la Mezcla - Ciertas propiedades del asfalto y el agregado tienen un efecto pronunciado sobre la trabajabilidad de la mezcla, a diferentes temperaturas. Estas propiedades, así como la temperatura de la mezcla en la compactación, deben tenerse en cuenta cuando se selecciona un procedimiento de compactación.

. Agregado

La granulometría, la textura superficial, y la angulosidad del agregado son las principales características que afectan la trabajabilidad de la mezcla. A medida que aumenta el tamaño máximo de agregado, o el porcentaje de agregados gruesos en la mezcla trabajabilidad disminuye, y por consiguiente se requiere un mayor esfuerzo de compactación para obtener la densidad de referencia. Igualmente, una textura superficial áspera en el agregado, en vez de una textura lisa y vidriosa, resulta en una mezcla más estable y requiere de un mayor esfuerzo de compactación. Las mezclas producidas con grava son, frecuentemente, más trabajables que las producidas con piedra de cantera.

Las arenas naturales son añadidas a las mezclas, con frecuencia, para buscar economía. Una mezcla con demasiada arena, especialmente en los tamaños medianos (alrededor del tamiz de 0.60 mm (No. 30)) puede resultar en una mezcla con alta trabajabilidad pero poca estabilidad.

Estas mezclas son fácilmente sobreesforzadas por los rodillos, como también por el exceso de pasadas del rodillo. Frecuentemente, estas mezclas son susceptibles a desgarrarse y deformarse bajo el tránsito, aún después de varias semanas de haber sido compactadas.

El contenido de finos o relleno mineral en la mezcla también afectará el proceso de compactación. La combinación de relleno mineral y asfalto proporciona la fuerza ligante en los pavimentos de mezcla en caliente; por consiguiente, la mezcla debe tener suficientes finos para que se combinen con el asfalto y puedan producir la cohesión necesaria cuando la mezcla se enfríe. La adición de relleno mineral ayudará a compensar las propiedades desfavorables de las mezclas que contienen demasiada arena. Por otro lado, si la mezcla contiene demasiados finos, se volverá "gomosa" y será muy difícil de compactar.

. Asfalto

A temperatura ambiente el asfalto es virtualmente sólido, mientras que a temperaturas entre 120 y 150°C (250 a 300°F) es completamente fluido. Para que una mezcla pueda ser compactada correctamente, el asfalto debe tener suficiente fluidez para permitir que las partículas de agregado se muevan unas respecto a otras. En efecto, el asfalto trabaja como un lubricante durante la compactación. A medida que la mezcla se enfría, el asfalto pierde su fluidez (se vuelve más viscoso). Es así como a temperaturas por debajo de 85°C (185°F), el asfalto, en combinación, con los finos de la mezcla, comienza a ligar firmemente las partículas de agregado. En consecuencia, la compactación de la mezcla se hace extremadamente difícil cuando se ha enfriado por debajo de 85°C.

La viscosidad del asfalto esta determinada por el grado de asfalto usado, y por la temperatura a la cual se produce la mezcla. Un asfalto de alta viscosidad puede requerir una temperatura ligeramente mayor de compactación y/o un mayor esfuerzo de compactación, siempre y cuando todos los demás factores permanezcan constantes.

La trabajabilidad también esta afectada por la cantidad de asfalto en la mezcla. A medida que aumenta el contenido de asfalto, el espesor de la película de asfalto sobre partículas de agregado también aumenta. Este aumento de espesor de película aumenta, a su vez, el efecto lubricante del asfalto a las temperaturas de compactación, y hasta cierto punto hace que la compactación sea más fácil de efectuar.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

La Figura 6.4 muestra una vista de planta de las grietas de pelo. Estas tienen, por lo general, un largo de 75 a 100 mm (3 a 4 pulgadas), y están aisladas unas de otras. Si estuvieran conectadas y extendidas formarían una media luna como la que se muestra en la figura. Las grietas en forma de media luna, en la mezcla, son típicas de un movimiento de deslizamiento. Esto es exactamente lo que sucede debajo de un rodillo de compactación cuando se presenta un cuarteo por calor. En este caso el plano de deslizamiento esta representado por la línea punteada de la Figura 6.3.

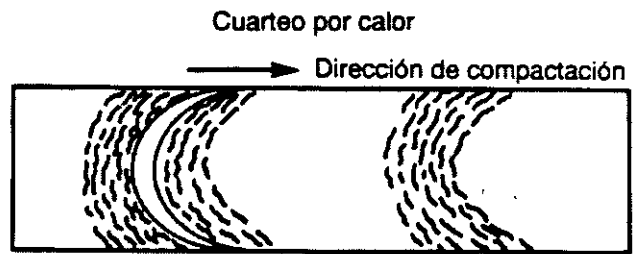


Figura 6.4 - Cuarteo por Calor (Vista de Planta).

Como en cualquier tipo de falla por deslizamiento; la 'media luna se abre en la dirección de las fuerzas que causan el deslizamiento. En el caso del cuarteo por calor, el patrón de grietas de pelo se abre, usualmente, en la dirección de la compactación, cuando la rueda de dirección se encuentra por delante.

El patrón de grietas mostrado para el cuarteo por calor también puede ocurrir cuando el plano de deslizamiento se encuentra a una profundidad mayor, como es el caso de la superficie sobre la cual se coloca la carpeta. En este caso, las grietas tienen la misma forma. Sin embargo, estas son más largas, se abren más (6 a 25 mm), y se extienden a través de la mezcla hasta el nivel del movimiento horizontal.

Es muy raro el caso cuando ocurre cuarteo por calor debajo de la rueda impulsora de un rodillo de acero. Casi siempre ocurre debajo de la rueda de dirección. Los rodillos de ruedas de acero no deberán tener balastos en la rueda de dirección. Cuanto mas peso tenga la rueda pequeña, mas se hundirá dentro de la mezcla, resultando en un aumento de la fuerza horizontal que esta siendo transmitida durante la compactación. Este aumento de fuerza horizontal ocasionará, muy probablemente, cuarteo por calor, u otro tipo de falla por deslizamiento.

Efectos Ambientales - Como se explicó anteriormente, la velocidad a la cual se enfría la mezcla afecta la duración de tiempo durante el cual se puede, y se debe, lograr la densidad deseada. La temperatura ambiental, la humedad, el viento, y la temperatura de la superficie debajo de la mezcla afectan la velocidad de enfriamiento. Las temperaturas ambientales frías, la humedad alta, los vientos fuertes, y las superficies frías acortan el tiempo durante el cual se debe efectuar la compactación. Además, estos factores pueden hacer más difícil la compactación.

Espesor de Capa - En general, es mas fácil lograr la densidad de referencia con capas gruesas de concreto asfáltico que con capas delgadas. Esto se debe a que entre mas gruesa sea la carpeta, mas tiempo demora en enfriarse y por lo tanto, hay más tiempo para lograr una compactación adecuada. Este hecho puede usarse ventajosamente para colocar capas de mezclas con alta estabilidad que sean difíciles de compactar, o cuando es necesario pavimentar bajo condiciones ambientales que causen enfriamiento rápidos en capas delgadas. Por otro lado, un aumento en el espesor de la capa permite que las temperaturas de la mezcla sean mas bajas debido a la disminución en la velocidad de enfriamiento.

COMPACTADORES

Normalmente se requieren compactadoras automotrices para la compactación de mezclas de concreto asfáltico. No se deben usar compactadoras tipo remolque, pero se pueden usar compactadoras de mano o placas vibratorias en las áreas que sean inaccesibles a las

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Note que las líneas de fuerza se extienden a través de la carpeta hasta la capa inmediatamente inferior. Esta capa firme inferior ejerce una fuerza igual y opuesta. Por consiguiente, la mezcla entre la compactadora y la capa inferior es compactada por las dos fuerzas iguales y opuestas.

Sin embargo, las líneas de fuerza en los bordes del rodillo siguen una trayectoria circular hacia la superficie de la carpeta, donde no hay fuerzas opuestas.

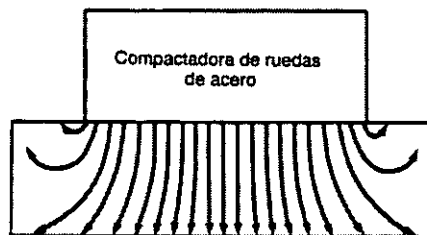


Figura 6.6 - Fuerza Ejercida sobre la Carpeta por los Rodillos de Acero.

La única resistencia, a lo largo de estas líneas de fuerza, proviene de la resistencia interna de la mezcla. Por consiguiente, la compactadora debe traslapar las pasadas anteriores con nuevas pasadas, debido a que la falta de confinamiento en los bordes del rodillo produce una densidad inadecuada en estas áreas de la carpeta. Por lo tanto, la compactación se completa por la interacción de las fuerzas provenientes del rodillo, la capa inferior, y el confinamiento lateral de la mezcla compactada. La orientación de la compactadora es crítica, especialmente durante la compactación inicial. La dirección del recorrido de la compactadora debe ser tal que la rueda impulsora pase primero sobre la mezcla sin compactar.

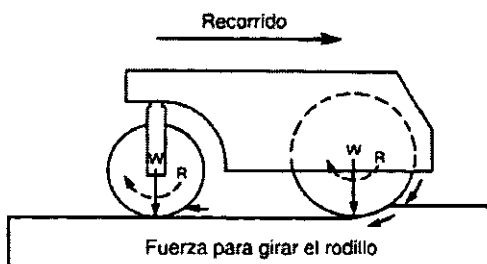


Figura 6.7 - Dirección Correcta del Recorrido de la Compactadora.

La Figura 6.7 ilustra el uso correcto de una compactadora tándem de ruedas de acero. La rueda impulsora está por delante de la rueda de dirección, en la dirección del recorrido de la compactadora. Puede observarse que hay una fuerza vertical hacia abajo causada por el peso de la rueda (W). Por otro lado, las flechas concéntricas con la rueda representan la fuerza de rotación en la rueda (R), la cual es transmitida a la mezcla a medida que el rodillo es impulsado.

Esta fuerza concéntrica tiende a mover la mezcla debajo del rodillo en vez de empujarla hacia fuera. La resultante de estas fuerzas (W y R) se aproxima más, en la rueda impulsora, a una fuerza vertical, que la resultante de las fuerzas en la rueda del timón.

La Figura 6.8 ilustra el uso incorrecto de una compactadora tándem de ruedas de acero. La rueda de dirección está al frente, en la dirección del recorrido de la compactadora. Este puede ser un error grave con algunas mezclas, especialmente durante la primera pasada de compactación. Debido a que la rueda de dirección es una rueda "muerta", sin fuerza automotriz, tiene una tendencia a empujar la mezcla hacia fuera, causando una ondulación por delante de la rueda.

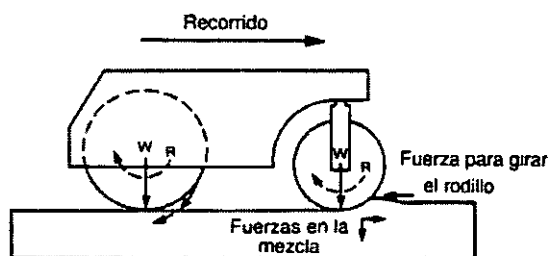


Figura 6.8 - Dirección Incorrecta del Recorrido de la Compactadora

Un análisis interno de la mezcla revela dos fuerzas. Una de ellas es una fuerza vertical hacia abajo, y la otra es una fuerza horizontal hacia delante. La fuerza más importante, para lograr una compactación adecuada de la mezcla, es la fuerza vertical. Es esta la que proporciona el movimiento deseado de las partículas de agregado.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

La Figura 6.10 ilustra las fuerzas ejercidas por la rueda neumática de la compactadora cuando esta usada para la primera compactación y la compactación intermedia. Las flechas indican las líneas típicas de fuerza dentro de la carpeta.

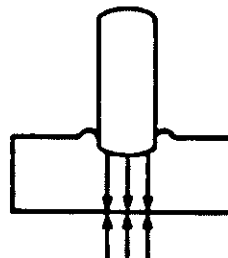


Figura 6.10 - Fuerzas Ejercidas Durante la Compactación por una Compactadora Neumática.

Cuando se usan compactadoras de ruedas neumáticas, la mezcla que esta siendo compactada debe estar adecuadamente confinada, como en el caso de las compactadoras de ruedas de acero, para poder obtener una correcta densificación. Además, es muy importante tener una resistencia uniforme en la capa inferior, cuando se usan ruedas neumáticas, debido a que las ruedas individuales pueden ejercer fuerzas grandes sobre pequeñas áreas de poca resistencia - áreas que los tambores anchos de acero rígido tienden a salvar con puente.

Durante la primera pasada, la compactadora de ruedas neumáticas produce muy poco movimiento horizontal de la mezcla en la dirección del recorrido. Esto se debe al hecho de que cada rueda se aplana ligeramente a medida que pasa sobre la mezcla, lo cual permite que casi toda la fuerza de compactación sea aplicada sobre la carpeta en el sentido vertical. El movimiento horizontal de la mezcla en la dirección del recorrido solo ocurre si el diámetro de la rueda es demasiado pequeño, tal que permita que la rueda se hunda dentro de la carpeta. Los hundimientos excesivos indican que la compactadora usada no es adecuada para la primera pasada. Así como en el caso de las compactadoras de ruedas de acero, las ruedas impulsoras de la compactadora neumática deberán ir por delante, en dirección hacia el asfaltador.

Existe un movimiento horizontal de la mezcla debajo de una rueda neumática pero este tiende a ocurrir en ángulos rectos a la dirección del recorrido. Este movimiento puede ocasionar abultamientos pequeños en la mezcla que esta inmediatamente contigua a la rueda. Estos abultamientos son, generalmente, de poca importancia, y serán eventualmente compactados por las pasadas subsiguientes. De todas maneras, deberá haber suficientes pasadas para eliminar dichos abultamientos, así como también cualquier marca de las ruedas (huellas) que se encuentre sobre la superficie de la carpeta. Por otro lado, el agua no se utiliza en las compactadoras neumáticas debido a que es necesario dejar que las ruedas se calienten lo suficiente para evitar que la mezcla se pegue a ellas durante la primera pasada de compactación y durante la compactación intermedia. De todos modos, la mezcla se pegará a las ruedas durante el periodo de calentamiento, pero esto cesará una vez estas se calienten. Los faldones que se colocan alrededor de las ruedas acortan el periodo de calentamiento y ayudan a mantener calientes las ruedas durante más tiempo, especialmente en las épocas de frío o de viento. Los requerimientos deseados, en las compactadoras de ruedas neumáticas, para la primera compactación y la compactación intermedia son:

- . Un peso de rueda de 1350 a 1600 kg. (3000 a 3500 lb.). . Un diámetro mínimo de rueda de 510 mm. (20 pulgadas).
- . Una presión de rueda de 480 a 520 kPa (70 a 75 psi) cuando la rueda esta fría, y de 620 kPa (90 psi) cuando esta caliente.

Estas presiones de rueda se aplican a casi todos los tipos de mezclas pero pueden ser reducidas, si es necesario, para las mezclas con estabilidades bajas.

La acción amasadora de una compactadora de ruedas neumáticas también puede emplearse para mejorar o fortalecer una superficie asfáltica después que han sido completadas las operaciones

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"



Figura 6.12 Compactadora Vibratoria de Tambor Sencillo

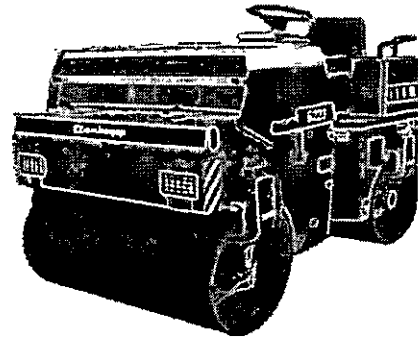


Figura 6.13 Compactadora Vibratoria de Tambor doble

La propulsión de los modelos de tambor sencillo es proporcionada por ruedas de acero o ruedas neumáticas. La propulsión de los modelos de tambor doble es proporcionada, usualmente, por ambos tambores, aunque existe al menos una clase de compactadora que posee dos ruedas impulsoras de acero situadas entre los dos tambores vibratorios. Los tambores de las compactadoras vibratorias varían en diámetro desde 0.9 hasta 1.5 m (3 a 5 pies), y en ancho desde 1.2 hasta 2.4 m (4 a 8 pies). Sus pesos estáticos, en términos del ancho del tambor, están generalmente entre 29 y 32 kilogramos por centímetro (160 a 180 lb por pulgada) de ancho. El motor que proporciona la potencia para la propulsión también suministra potencia a la unidad vibratoria. Las vibraciones son generadas por la rotación de un peso excéntrico dentro del tambor. Esta velocidad de rotación determina la frecuencia, o vibraciones por minuto (vpm), del tambor. El peso y la longitud de excentricidad (distancia desde el eje) determinan la amplitud (cantidad) de la fuerza de impacto generada. La frecuencia y la amplitud de las vibraciones están controladas independientemente de la velocidad del motor y del recorrido de la compactadora.

La frecuencia de vibración de los tambores usados para la compactación de concreto asfáltico se encuentra generalmente entre 2000 y 3000 vpm, dependiendo del modelo y el fabricante. Algunos modelos tan solo permiten un ajuste de una o dos frecuencias, mientras que otros permiten un margen de frecuencias (e.g. de 1800 a 2400 vpm).

Principios de Operación - Las compactadoras vibratorias consiguen la compactación a través de una combinación de tres factores. Estos son:

- . Peso
- . Fuerzas de impacto (vibración del tambor)
- . Respuesta a la vibración en la mezcla

El factor peso ha sido ya discutido en conexión con las compactadoras de ruedas de acero y las de ruedas neumáticas. Las fuerzas de impacto son aquellas generadas por la vibración del tambor de compactación, y están reguladas mediante el control de la frecuencia y la amplitud de la vibración. La cantidad de fuerza de impacto necesaria para obtener la densificación óptima en la carpeta varía con la temperatura y las propiedades de la mezcla asfáltica, el espesor de la carpeta, y el soporte proporcionado por la superficie sobre la cual se coloca la carpeta. Esta cantidad de fuerza también varía con el diámetro y el ancho del tambor, y con la proporción entre el peso estático y la fuerza dinámica (de impacto).

La respuesta a la vibración de la mezcla consiste en la manera como la mezcla reacciona a las fuerzas ejercidas sobre ella. Como con los otros tipos de compactadoras, la mezcla será fácilmente o difícilmente compactada dependiendo de su temperatura, su cohesión, la textura y forma de las partículas, el confinamiento, y otros factores. Lo único que varía en el caso de las compactadoras vibratorias es la presencia de fuerzas repetitivas dinámicas sobre la carpeta.

Para cada compactadora se debe utilizar la recomendación del fabricante respecto a la amplitud que debe ser usada.

Uso de las Compactadoras Vibratorias – La frecuencia y la velocidad de la compactadora deben ser igualadas tal que por lo menos se produzcan treinta impactos de vibración por cada metro de recorrido. Esta condición asegura una superficie lisa bajo una compactación vibratoria. La relación entre velocidad y frecuencia esta ilustrada en la Figura 6.16. A medida que la velocidad de la compactadora aumenta, para una frecuencia dada, el espaciamiento de los impactos también aumenta.

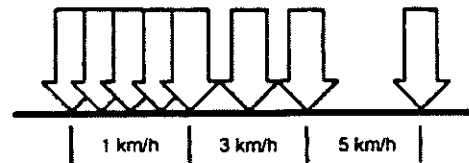


Figura 6.16 - Relación entre Velocidad y Frecuencia.

Generalmente, para mezclas asfálticas, se recomienda usar la frecuencia nominal máxima con una velocidad de compactadora ajustada para proporcionar el espaciamiento deseado.

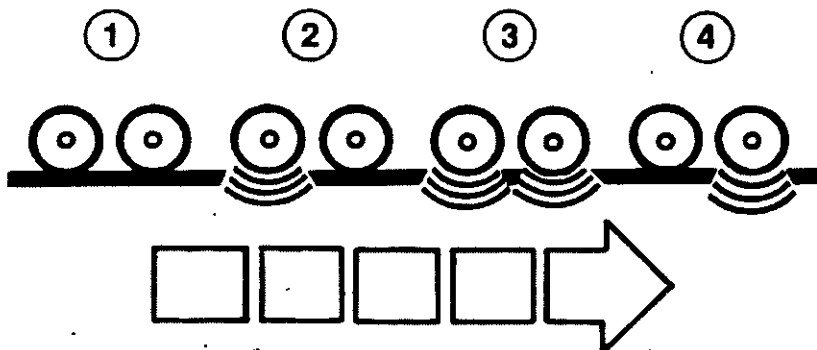


Figura 6.17 - Modos de Vibración.

La Figura 6.17 ilustra cuatro modos diferentes de usar una compactadora vibratoria equipada con dos ruedas vibratorias. El primer modo muestra el uso de la compactadora sin vibración. En este caso, la compactadora actúa simplemente como una compactadora tándem estática de ruedas de acero. El segundo modo muestra el uso de la vibración en la rueda trasera, mientras que la rueda delantera se encuentra sin vibración.

Este modo puede ser recomendado en mezclas que tienen estabilidades medias (no muy altas y no muy bajas). El tercer modo ilustra el uso de la vibración en ambas ruedas, sobre una mezcla estable, para conseguir la energía máxima de la compactación. El cuarto modo ilustra el uso de la vibración en la rueda delantera, mientras que la rueda trasera se encuentra sin vibración. Este modo puede ser usado para conseguir compactación con la rueda delantera y conseguir una superficie lisa con la rueda trasera. El modo a ser usado depende de las características de la mezcla y las condiciones del proyecto. Al utilizar equipo vibratorio se debe tener en cuenta que la energía impartida por la rueda vibratoria debe ser absorbida por la mezcla que esta siendo compactada. El control de la amplitud permite al operador variar la fuerza desarrollada en la rueda, regulando de esta manera la energía impartida. Puede ser necesario ajustar la amplitud cuando hay cambios en las condiciones de colocación de la mezcla. Por ejemplo, un cambio en el espesor de la capa, en la temperatura de la mezcla, en la graduación de la mezcla, en el contenido de relleno mineral, y en el contenido de asfalto, puede requerir de ajustes en la amplitud usada.

Es muy importante que la compactadora este vibrando solamente cuando esta en movimiento. Si las vibraciones continúan cuando la compactadora esta en reposo, o cuando esta cambiando de dirección, entonces cada rueda vibratoria dejará una indentación en el pavimento. La mayoría de las compactadoras modernas tienen un regulador automático para detener la vibración tan pronto los tambores cesan su movimiento.

Generalmente, no se debe usar vibración para compactar sobrecapas delgadas.

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

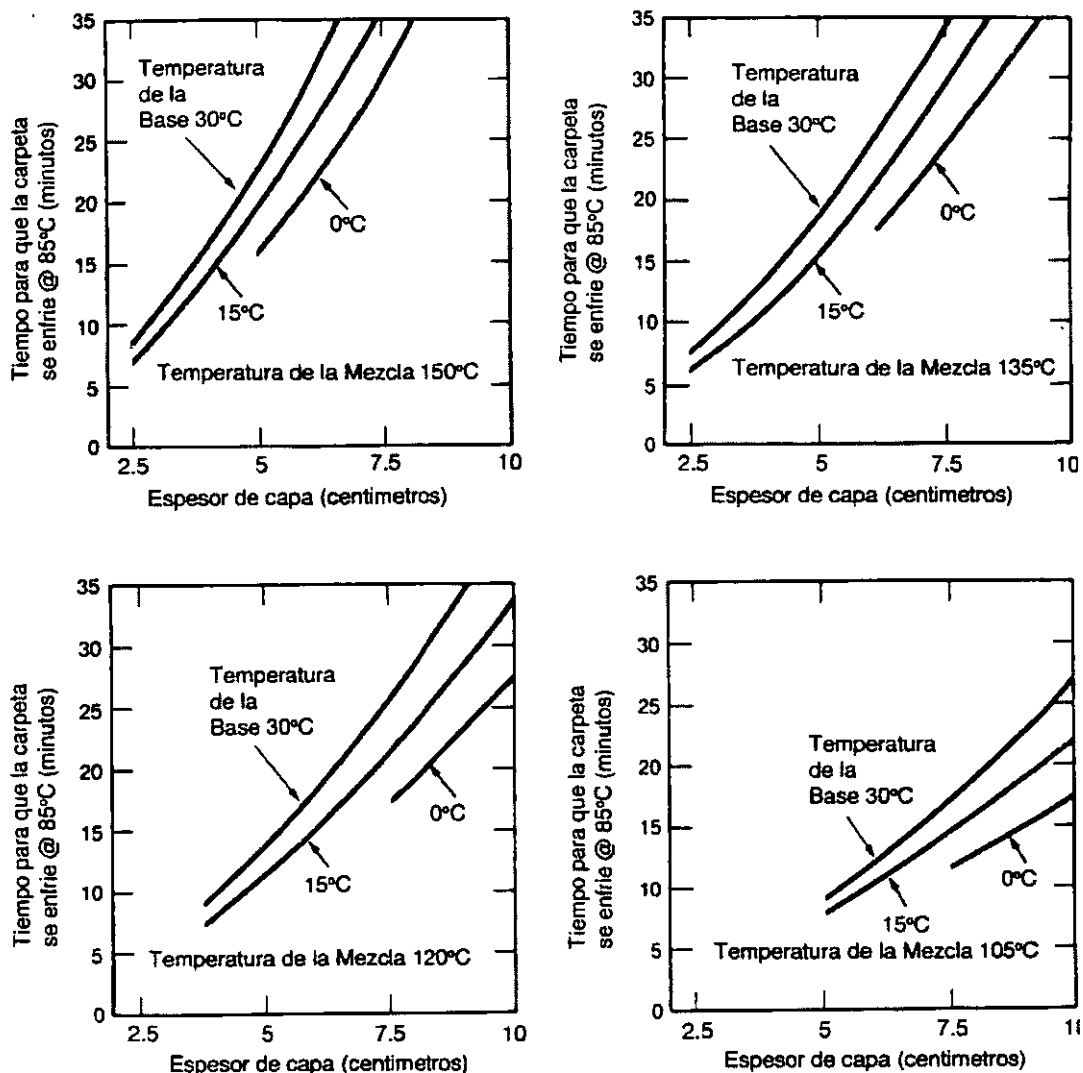


Figura 1-Tiempos para que el asfalto se enfríe a 85°

Velocidad del viento-10 nudos. Temperatura ambiente igual que la base.

Nota: "Temperatura de la Base" es la temperatura de la superficie sobre la cual se coloca la carpeta.

85°C es la temperatura de la carpeta medida 6 @ 12mm debajo de la superficie. La temperatura promedio del espesor total de la carpeta es de aproximadamente 80°C.

No se recomienda colocar espesores menores que los que figuran en las curvas cuando la temperatura base es menor de 0°C.

Figura 6.18 -Tiempo Permitido para la Compactación, Basado en la Temperatura y Espesor de la Mezcla, y la Temperatura de la Capa de Soporte.

Se debe planear y usar un patrón de compactación que proporcione el cubrimiento mas uniforme posible en el carril que esta siendo pavimentado. Debido a que las compactadoras son producidas con diferentes anchos, es imposible diseñar un patrón que pueda aplicarse a todas las compactadoras. Por esta razón, el mejor patrón, para un tipo dado de compactadora, se obtiene por medio de un tramo de prueba.

- (1) Antes de usar un patrón de prueba se debe tomar una decisión respecto a la manera como se van a operar los siguientes aspectos de la compactadora:
 - a. Velocidad

“TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA”

Capas Delgadas - Adopte la siguiente secuencia cuando este compactando una capa delgada (espesor compactado menor que 100 mm (4 pulgadas) en anchos de un solo carril o en anchos completos:

- (1) Juntas transversales.
- (2) Borde exterior.
- (3) Compactación inicial o primera pasada, comenzando en el lado bajo y avanzando hacia el lado alto.
- (4) Compactación intermedia, usando el mismo procedimiento del numeral (3).
- (5) Compactación final.

Cuando este pavimentando en escalón, o empalmado un carril previamente colocado o cualquier otra barrera, compacte la mezcla en la siguiente secuencia:

- (1) Juntas transversales. (2) Juntas longitudinales.
- (3) Borde exterior.
- (4) Compactación inicial o primera pasada, comenzando en el lado bajo y avanzando hacia el lado alto.
- (5) Compactación intermedia, usando el mismo procedimiento del numeral (4).
- (6) Compactación final.

Capas Gruesas - Adopte la siguiente secuencia cuando este compactando una capa gruesa (espesor compactado mayor que 100 mm (4 pulgadas) en anchos de un solo carril o en anchos completos:

- (1) Juntas transversales.
- (2) Compactación inicial o primera pasada, comenzando a una distancia de 300 a 380 mm (12 a 15 pulgadas) del borde bajo sin soportar, y progresando hacia el otro borde.
- (3) Borde exterior. La compactadora deberá avanzar hacia el borde exterior no confinado en incrementos de 100 mm (aproximadamente) en pasadas consecutivas, cuando se encuentre a 300 mm, o menos, del borde.
- (4) Compactación intermedia, comenzando en el lado bajo y avanzando hacia el lado alto.
- (5) Compactación final.

Cuando este pavimentando en escalón, o empalmado un carril previamente colocado o cualquier otra barrera, compacte la mezcla en la siguiente secuencia:

- (1) Juntas transversales. (2) Juntas longitudinales.
- (3) Compactación inicial o primera pasada, comenzando en la junta longitudinal y progresando hacia el borde exterior. (4) Borde exterior. La compactadora deberá avanzar hacia el borde exterior no confinado en incrementos de 100 mm (aproximadamente) en pasadas consecutivas, cuando se encuentre a 300 mm, o menos, del borde.
- (5) Compactación intermedia, comenzando en el lado bajo y avanzando hacia el lado alto.
- (6) Compactación final.

Procedimientos Específicos de Compactación

Compactación de Juntas Transversales - Cuando la junta transversal es construida al lado de un carril contiguo, la primera pasada se hace con una compactadora estática de ruedas de acero a 10 largo de la junta longitudinal, sobre unos cuantos metros. Luego la superficie es nivelada con regla recta y si es necesario, se efectúan las correcciones del caso. A continuación, la junta es compactada en el sentido transversal con todo el ancho de la rueda sobre el material previamente

. Juntas Frías

Una junta fría es aquella entre dos carriles, uno de los cuales se ha dejado enfriar de un día para otro, o más, antes de colocar el carril contiguo. Debido a la diferencia de temperatura entre los dos carriles, casi siempre resulta una diferencia en densidad entre los dos lados de la junta, sin importar la técnica de compactación usada.

La compactación longitudinal casi nunca produce una densidad uniforme en ambos lados de la junta. En la mayoría de los casos hay una zona de baja densidad en la junta en el primer carril colocado, y una zona de alta densidad en la junta en el carril de empalme. La única solución práctica para este problema parece estar en la pavimentación en escalón o en la pavimentación de ancho integral (total). La pavimentación en escalón permite que la junta sea compactada mientras la mezcla asfáltica todavía está caliente a ambos lados. En realidad, la mayoría de la pavimentación se hace en carriles individuales. En este caso es recomendable compactar la junta tan pronto como sea posible. En cualquier caso, las juntas longitudinales deberán compactarse directamente detrás del asfaltador.

Compactación de Bordes - Los bordes del pavimento deberán compactarse al tiempo con la junta longitudinal, excepto en el caso de la pavimentación en escalón o la pavimentación de capa gruesa. Al compactar los bordes, las ruedas de la compactadora deberán extenderse de 50 a 100 mm más allá del borde, con tal que el desplazamiento lateral de la mezcla no sea excesivo. Después de haber compactado las juntas longitudinales y los bordes, se deberá proceder a la compactación inicial (primera pasada).

Compactación Inicial - Esta compactación puede efectuarse con compactadoras estáticas, o vibratorias, de ruedas de acero. Es importante comenzar la operación de compactación en la parte baja de la carpeta (usualmente la parte exterior del carril que está siendo pavimentado), avanzando hacia la parte alta. La razón es que las mezclas calientes tienden a migrar hacia la parte baja de la carpeta durante la compactación. Esta migración de mezcla es más pronunciada cuando se comienza a compactar el lado alto de la carpeta. Cuando se colocan carriles contiguos, se debe seguir el mismo procedimiento pero solamente después de haber compactado la junta longitudinal.

Compactación Intermedia - La compactación intermedia debe seguir a la compactación inicial tan pronto como sea posible, mientras la mezcla asfáltica todavía se encuentra muy por encima de la temperatura mínima a la cual todavía se logra densificación (85°C). La compactación intermedia debe ser continua hasta que toda la mezcla colocada haya sido completamente compactada. El patrón de compactación deberá desarrollarse de la misma manera que para la compactación inicial, sin importar el tipo de compactadora usada.

Compactación Final - La compactación final se efectúa solamente para mejorar la superficie de la carpeta. Esta compactación deberá hacerse con ruedas tándem estáticas de acero, o con ruedas vibratorias (sin la vibración), mientras el material todavía está lo suficiente caliente para permitir la eliminación de marcas o huellas causadas por las compactadoras.

Compactación de Áreas Inaccesibles - Cuando la mezcla asfáltica se ha distribuido en áreas inaccesibles a las compactadoras, la compactación puede hacerse usando compactadoras de mano de placas vibratorias. Las placas de estas compactadoras tienen, generalmente, un área entre 0.1 y 0.3 m².

Procedimientos Especiales de Compactación

Rasantes con Pendiente Pronunciada - Las rasantes normales no ofrecen ningún problema durante la compactación. Para las rasantes empinadas, sin embargo, puede ser necesaria una variación en el procedimiento de compactación. En estas situaciones, gran parte de las fuerzas

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

Tolerancia de la Superficie – Las variaciones en la lisura de la carpeta no deberán exceder 6 mm bajo una regla recta de 3 metros colocada perpendicularmente a la línea central, y 3mm cuando esta sea colocada paralelamente a la línea central. En algunos casos se usa una regla recta con rodamientos, la cual mide y registra, sobre un gráfico continuo, variaciones de la superficie. Las variaciones registradas son luego sumadas y reportadas como aspereza de superficie en milímetros por kilómetro.

Densidad - La densidad del pavimento se considera aceptable, o no, cuando se compara con la densidad de referencia establecida en el laboratorio usando una muestra de campo. La densidad del pavimento puede variar en un porcentaje promedio, establecido por las especificaciones, respecto a la densidad de referencia.

Existen tres métodos básicos para determinar la densidad de referencia. Estos son: porcentaje de la densidad de laboratorio, porcentaje de la densidad máxima teórica, y densidad de la sección de prueba (franja de control). El objetivo de los tres métodos es el de obtener un pavimento compactado que tenga, en promedio, un contenido de vacíos de 8 por ciento, o menos.

. Porcentaje de la Densidad de Laboratorio

Este método se aplica, con frecuencia, a los procedimientos Marshall de compactación en aquellas obras grandes donde se dispone de laboratorios de campo. Para cada lote o unidad de mezcla (usualmente la producción de un día) se determina una densidad de referencia tomando la densidad promedio de cuatro o más probetas de laboratorio, preparadas con mezcla proveniente de los camiones que están entregando en el lugar de la obra. Las probetas son compactadas en el aparato Marshall de acuerdo a la norma AASHTO T 245, con dos excepciones:

- . La temperatura de la mezcla deberá aproximar la temperatura del asfáltador sin permitir un recalentamiento, y
- . El número de golpes de compactación (35, 50, o 75) deberá ser igual al que se utilizó en el diseño de la mezcla.

La ventaja de este procedimiento es que las densidades de referencia obtenidas serán bastante representativas de la producción real diaria de mezcla, y compensarán las ligeras variaciones que ocurren en la mezcla de un día para otro.

. Porcentaje de la Densidad Máxima Teórica

La densidad de referencia se determina, en este método, calculando cuál sería el peso unitario de mezcla si esta se compacta hasta un punto donde no tenga vacíos. Esta densidad se determina usando la norma AASHTO T 209.

. Densidad de la Sección de Prueba (Tramo de Control)

La densidad de referencia se determina a partir de un tramo de control de pavimento, construida al comienzo de cada capa que se va a colocar. El tramo de control es parte de la obra de pavimentación. Este tramo debe tener por lo menos 150 metros de longitud y estar construida con el mismo ancho y espesor que el resto de la capa que representa. El contratista coloca y compacta el tramo de control con el equipo, el patrón de compactación, y la temperatura que propone usar en la obra.

La compactación comienza tan pronto como sea posible, después de que la mezcla se ha colocado, y continúa hasta que no se obtenga un aumento apreciable de densidad y/o hasta que la mezcla se enfríe a una temperatura de 85°C. La densidad de referencia se determina al promediar los resultados de un número específico de pruebas de densidad, tomadas de lugares aleatorios dentro del tramo de control.

Si la densidad de referencia del tramo de control esta por debajo del 92 por ciento de la densidad máxima teórica o 96 por ciento de la densidad de laboratorio, para la misma mezcla, entonces la

RESUMEN

La compactación es un proceso en donde se comprime un volumen dado de mezcla asfáltica en caliente hasta obtener un volumen más pequeño, con el fin de aumentar la resistencia y estabilidad de la mezcla, y de cerrar los espacios por donde puedan entrar el agua y el aire y ocasionar daños. La Figura 6.23 contiene un resumen de los factores que afectan la compactación.

Varios factores determinan la facilidad y eficacia con que una mezcla puede ser compactada. Entre estos factores se encuentran: las propiedades de la mezcla, los factores ambientales, el espesor de la capa, y otros como la resistencia de la subrasante.

Tres tipos de compactadoras son comúnmente usadas en la compactación: compactadoras de ruedas de acero, que consisten en rodillos de acero montados sobre dos o mas ejes tándem, compactadoras de ruedas neumáticas, las cuales usan ruedas de caucho, y compactadoras vibratorias, las cuales usan tambores de acero diseñados para vibrar sobre la carpeta.

La compactación debe ser completada antes de que la mezcla se enfríe por debajo de 85°C. El objetivo de la compactación es de producir una carpeta con cierta densidad. La densidad de la carpeta puede ser medida por medio de núcleos o con un densímetro nuclear. Los resultados de estas pruebas son comparados con una "densidad de referencia" establecida para la obra. La densidad de referencia se determina usando uno de los siguientes parámetros: porcentaje de la densidad de laboratorio, porcentaje de la densidad máxima teórica, o densidad de la sección de prueba (tramo de control).

Se deben tomar en cuenta la textura superficial y las tolerancias de la superficie de la carpeta, además de la densidad, para determinar si el procedimiento de compactación ha sido exitoso.

8. REQUISITOS DE CALIDAD Y PRUEBAS DE LABORATORIO.**N-CMT-4-04/03****LIBRO: CMT. CARACTERÍSTICAS DE
LOS MATERIALES****PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS****TÍTULO: 04. Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas****A. CONTENIDO**

Esta Norma contiene los requisitos de calidad de los materiales pétreos que se utilicen en la elaboración de mezclas asfálticas.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Los materiales pétreos que comprende esta Norma son los materiales naturales seleccionados o sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado, que aglutinados con un material asfáltico se emplean en la elaboración de las mezclas asfálticas a que se refiere la Norma N-CMT-4-05-003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras*.

Según el tipo de mezcla en el que se vayan a utilizar, los materiales pétreos se clasifican como se indica a continuación y se detalla en las Cláusulas D. a H. de esta Norma.

- Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría densa
- Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría abierta
- Materiales pétreos para mortero asfáltico
- Materiales pétreos para carpetas por el sistema de riegos
- Materiales pétreos para mezclas asfálticas para guarniciones

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

"TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA"

NORMAS

N-CMT-4-04:05

esta Norma. Se hace notar que no podrán utilizarse materiales con granulometrias entre una u otra zona granulométrica.

TABLA 1.- Requisitos de granulometria del material pétreo para carpetas asfálticas de granulometria densa (únicamente para $\Sigma L \leq 10^6$)

Malla		Tamaño nominal del material pétreo mm (in)				
Abertura mm	Designación	12,5 (1/2)	19 (3/4)	25 (1)	37,5 (1 1/2)	50 (2)
Porcentaje que pasa						
50	2"	—	—	—	—	100
37,5	1 1/2"	—	—	—	100	90 - 100
25	1"	—	—	100	90 - 100	78 - 90
19	3/4"	—	100	90 - 100	78 - 92	68 - 83
12,5	1/2"	100	90 - 100	72 - 92	64 - 81	53 - 74
9,5	3/8"	90 - 100	72 - 82	67 - 82	58 - 75	47 - 68
6,3	1/4"	78 - 89	62 - 81	52 - 71	47 - 65	39 - 59
4,75	Nº4	68 - 82	52 - 74	52 - 64	42 - 58	35 - 53
2	Nº10	48 - 62	41 - 55	52 - 42	30 - 42	28 - 38
0,85	Nº20	33 - 49	25 - 42	25 - 35	21 - 31	19 - 28
0,425	Nº40	23 - 37	20 - 32	15 - 27	15 - 24	13 - 21
0,25	Nº60	17 - 29	15 - 25	13 - 21	11 - 19	9 - 16
0,15	Nº100	12 - 21	11 - 18	9 - 16	8 - 14	6 - 12
0,075	Nº200	7 - 19	6 - 9	5 - 9	4 - 7	3 - 6

TABLA 2.- Requisitos de calidad del material pétreo para carpetas asfálticas de granulometria densa (únicamente para $\Sigma L \leq 10^6$)

Característica	Valor
Densidad relativa, mínimo	2,4
Desgaste Los Angeles: %, máximo	35
Partículas alargadas y lameladas: %, máximo	40
Equivalente de arena: %, mínimo	50
Pérdida de estabilidad por inmersión en agua: %, máximo	25

- D.2. Si el tránsito esperado (ΣL) es mayor de un (1) millón de ejes equivalentes, el material pétreo cumplirá con las características granulométricas que se establecen en la Tabla 3 y con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 4 de esta Norma.

E. REQUISITOS DE CALIDAD DE MATERIALES PÉTREOS PARA CARPETAS ASFÁLTICAS DE GRANULOMETRIA ABIERTA

El material pétreo que se emplea en la elaboración de carpetas asfálticas de granulometria abierta, generalmente con mezcla en caliente, cumplirá con las características granulométricas que se establecen en la Tabla 5, en función del espesor de la carpeta, así

NORMAS

N-CMT-4-04/03

TABLA 5.- Requisitos granulométricos del material pétreo para carpetas asfálticas de granulometría abierta

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	Para espesores ≤ 4 cm	Para espesores > 4 cm
25	1"	—	100
19	3/4"	100	62 - 100
12,5	1/2"	65 - 100	45 - 70
9,5	3/8"	45 - 72	33 - 55
6,3	1/4"	30 - 52	22 - 43
4,75	Nº4	15 - 35	14 - 33
2	Nº10	5 - 12	5 - 12
0,075	Nº200	2 - 4	2 - 4

TABLA 6.- Requisitos de calidad del material pétreo para carpetas asfálticas de granulometría abierta

Característica ⁽¹⁾	Valor
Densidad relativa, mínimo	2,4
Desgaste Los Angeles; %, máximo	30
Partículas alargadas y lamelares; %, máximo	25
Equivalente de arena; %, mínimo	50
Pérdida de estabilidad por inmersión en agua; %, máximo	25

(1) El material debe ser 100% producto de trituración de roca sana

TABLA 7.- Requisitos de granulometría del material pétreo para carpetas de mortero asfáltico

Malla		Porcentaje que pasa
Abertura mm	Designación	
4,75	Nº4	100
2	Nº10	89 - 100
0,85	Nº20	43 - 72
0,425	Nº40	22 - 53
0,25	Nº60	17 - 41
0,15	Nº100	10 - 30
0,075	Nº200	5 - 15

NORMAS

N-CMT-4-04:03

H. REQUISITOS DE CALIDAD DE MATERIALES PÉTREOS PARA GUARNICIONES

El material pétreo que se utilice en la elaboración de mezclas asfálticas para guarniciones cumplirá con las características granulométricas que se establecen en la Tabla 11 y con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 12 de esta Norma.

TABLA 11.- Requisitos de granulometría del material pétreo que se utilice en mezclas asfálticas para guarniciones

Malla		Porcentaje que pasa
Abertura mm	Designación	
19	3/2"	100
12,5	1/2"	87 - 100
9,5	3/4"	79 - 100
6,3	1/4"	68 - 100
4,75	Nº4	60 - 100
2	Nº10	40 - 81
0,85	Nº20	29 - 61
0,425	Nº40	20 - 42
0,25	Nº60	14 - 33
0,15	Nº100	10 - 25
0,075	Nº200	3 - 15

TABLA 12.- Requisitos de calidad del material pétreo para guarniciones asfálticas

Característica	Valor
Equivalente de arena; %, mínimo	50

I. ALMACENAMIENTO DE MATERIALES PÉTREOS

Con el propósito de evitar la alteración de las características de los materiales pétreos antes de su utilización en la obra, ña de tenerse cuidado en su almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

- I.1. El material pétreo, una vez tratado, se almacenará en tolvas o silos metálicos sin orificios, con superficie interior lisa y limpia, o bien en un sitio específicamente destinado para tal uso. Cuando en dicho sitio no se cuenta con un firme, previamente a su utilización se deberá:

NORMAS

N-CMT-4-04:03

entregará a la Secretaría un certificado de calidad que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma, expedido por su propio laboratorio o por un laboratorio externo aprobado por la Secretaría.

- J.3. Durante el proceso de producción, con objeto de controlar la calidad del material pétreo en la ejecución de la obra, el Contratista de Obra, por cada doscientos cincuenta (250) metros cúbicos o fracción del material de un mismo tipo, extraído del banco, realizará las pruebas necesarias que aseguren que cumple con la granulometría y el equivalente de arena establecidos en esta Norma y entregará a la Secretaría los resultados de dichas pruebas. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas y preparadas como se establece en el Manual M-MMP-4-04-001, *Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Será motivo de rechazo por parte de la Secretaría, el incumplimiento de cualquiera de los requisitos mencionados en esta Fracción.
- J.4. Además de lo señalado en la Fracción anterior, el Contratista de Obra, por cada dos mil quinientos (2 500) metros cúbicos de producción del banco, realizará las pruebas necesarias que aseguren que el material pétreo cumple con todos los requisitos establecidos en esta Norma, según el tipo de material de que se trate y entregará a la Secretaría los resultados de dichas pruebas. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas y preparadas como se establece en el Manual M-MMP-4-04-001, *Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Será motivo de rechazo por parte de la Secretaría, el incumplimiento de cualquiera de los requisitos establecidos.
- J.5. En cualquier momento, la Secretaría puede verificar que el material suministrado cumpla con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, según el tipo de material de que se trate, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-4-05-001/05

TABLA 1.- Clasificación de los materiales asfálticos

Material asfáltico	Vehículo para su aplicación	Usos más comunes
Cemento asfáltico	Calor	Se utiliza en la elaboración en caliente de carpetas, morteros y estabilizaciones, así como elemento base para la fabricación de emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.
Emulsión asfáltica	Agua	Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas, morteros, riegos y estabilizaciones.
Asfalto rebajado	Solventes	Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas y para la impregnación de subbases y bases hidráulicas.

B.1. CEMENTOS ASFÁLTICOS

Los cementos asfálticos son asfaltos obtenidos del proceso de destilación del petróleo para eliminar solventes volátiles y parte de sus aceites. Su viscosidad varía con la temperatura y entre sus componentes, las resinas le producen adherencia con los materiales pétreos, siendo excelentes ligantes, pues al ser calentados se licúan, lo que les permite cubrir totalmente las partículas del material pétreo.

Según su viscosidad dinámica a sesenta (60) grados Celsius, los cementos asfálticos se clasifican como se indica en la Tabla 2 de esta Norma, donde se señalan los usos más comunes de cada uno.

Cuando en el mercado no esté disponible el asfalto AC-30, el Residente de la obra podrá solicitar a la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría, la autorización para sustituirlo por AC-20, haciendo los ajustes correspondientes al precio unitario del producto.

B.2. EMULSIONES ASFÁLTICAS

Las emulsiones asfálticas son los materiales asfálticos líquidos estables, constituidos por dos fases no miscibles, en los que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de cemento asfáltico. Se denominan emulsiones asfálticas aniónicas cuando el agente emulsificante contiene polaridad electronegativa a los glóbulos y emulsiones asfálticas catiónicas, cuando les contiene polaridad electropositiva.

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-4-05-001/05

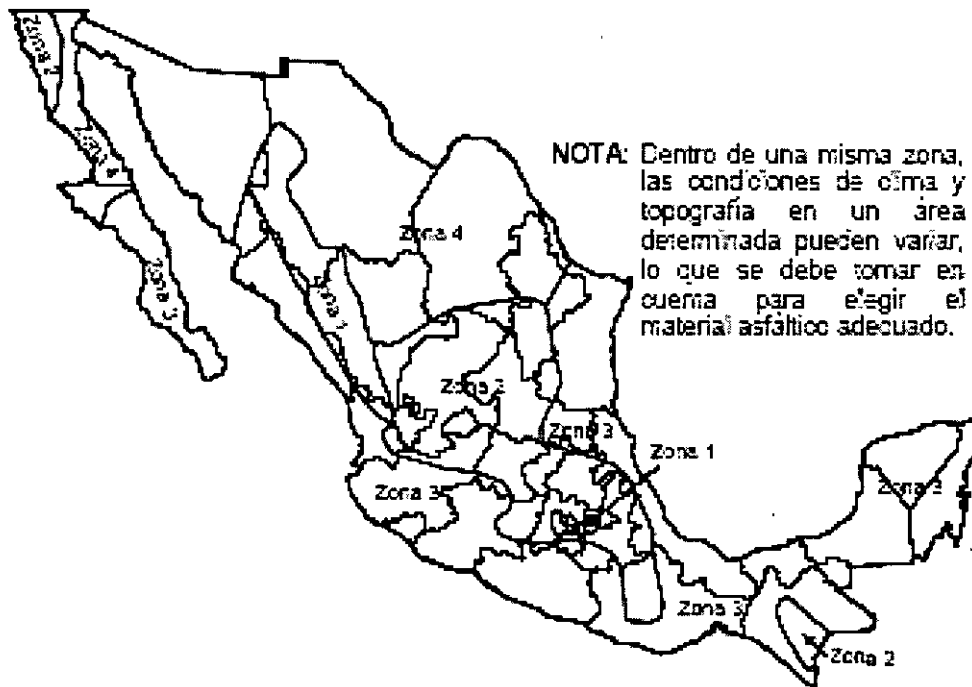


FIGURA 1.- Regiones geográficas para la utilización de asfaltos clasificados según su viscosidad dinámica a 60°C. (Ver Tabla 2)

- De rompimiento lento, que comúnmente se utilizan para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.
- Para impregnación, que particularmente se utilizan para impregnaciones de subbases y/o bases hidráulicas.
- Superestables, que principalmente se emplean en estabilizaciones de materiales y en trabajos de recuperación de pavimentos.

Según su contenido de cemento asfáltico en masa, su tipo y polaridad, las emulsiones asfálticas se clasifican como se indica en la Tabla 3 de esta Norma.

B.3. ASFALTOS REBAJADOS

Los asfaltos rebajados, que regularmente se utilizan para la elaboración de carpetas de mezcla en frío, así como en impregnaciones de bases y subbases hidráulicas, son los materiales asfálticos líquidos compuestos por cemento asfáltico y un solvente, clasificados según su velocidad de fraguado como se indica en la Tabla 4 de esta Norma.

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-4-05-001/05

Viscosidad Dinámica de Cementos y Residuos Asfálticos	M-MMP-4-05-002
Viscosidad Cinemática de Cementos Asfálticos	M-MMP-4-05-003
Viscosidad Saybolt-Furol en Materiales Asfálticos	M-MMP-4-05-004
Penetración en Cementos y Residuos Asfálticos	M-MMP-4-05-006
Punto de Inflamación Cleveland en Cementos Asfálticos	M-MMP-4-05-007
Solubilidad de Cementos y Residuos Asfálticos	M-MMP-4-05-008
Punto de Reblandecimiento en Cementos Asfálticos	M-MMP-4-05-009
Pruebas en el Residuo de la Película Delgada de Cementos Asfálticos	M-MMP-4-05-010
Ductilidad de Cementos y Residuos Asfálticos	M-MMP-4-05-011
Destilación de Emulsiones Asfálticas	M-MMP-4-05-012
Asentamiento de Emulsiones Asfálticas	M-MMP-4-05-013
Retenido en las Mallas N°20 y N°60 en Emulsiones Asfálticas	M-MMP-4-05-014
Cubrimiento del Agregado en Emulsiones Asfálticas.	M-MMP-4-05-015
Miscibilidad con Cemento Portland de Emulsiones Asfálticas	M-MMP-4-05-016
Carga Eléctrica de las Partículas de Emulsiones Asfálticas	M-MMP-4-05-017
Demulsibilidad de Emulsiones Asfálticas	M-MMP-4-05-018
Índice de Ruptura de Emulsiones Asfálticas Catiónicas	M-MMP-4-05-019
Punto de Inflamación Tag en Asfaltos Rebajados	M-MMP-4-05-020
Destilación de Asfaltos Rebajados	M-MMP-4-05-021

D. REQUISITOS DE CALIDAD PARA CEMENTOS ASFÁLTICOS

Los cementos asfálticos deben satisfacer los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 5 de esta Norma.

E. REQUISITOS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ASFÁLTICAS

Las emulsiones asfálticas deben satisfacer los requisitos de calidad que se indican a continuación:

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-4-05-001/05

TABLA 6.- Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas aniónicas

Características	Clasificación						
	EAR-55	EAR-60	EAM-60	EAM-65	EAL-55	EAL-60	EAL-60
De la emulsión:							
Contenido de cemento asfáltico en masa; %, mínimo	55	60	60	65	55	60	60
Viscosidad Saybot-Furol a 35°C; s. mínimo	5	--	--	--	20	20	5
Viscosidad Saybot-Furol a 50°C; s. mínimo	--	40	50	25	--	--	--
Asentamiento en 5 días; diferencia en %, máximo	5	5	5	5	5	5	5
Retenido en malla N° 20 en la prueba del tamiz; %, máximo	2,1	0,1	0,1	0,1	2,1	0,1	0,1
Fasa malla N° 20 y se retiene en malla N° 60 en la prueba del tamiz; %, máximo	0,25	0,25	2,25	2,25	0,25	0,25	0,25
Cubrimiento del agregado seco; %, mínimo	--	--	90	90	90	90	--
Cubrimiento del agregado húmedo; %, mínimo	--	--	75	75	75	75	--
Miscelibles con cemento Portland; %, máximo	--	--	--	--	2	2	--
Carga eléctrica de las partículas	(-)	1-1	(-)	(-)	(-)	(-)	1-1
Demulsibilidad; %	60 min	50 min	30 máx	30 máx	--	--	--
Del residuo de la destilación:							
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa·s (P ¹⁸)	50 ± 10 (500 ± 100)	100 ± 20 (1000 ± 200)	50 ± 10 (500 ± 100)	100 ± 20 (1000 ± 200)	50 ± 10 (500 ± 100)	100 ± 20 (1000 ± 200)	50 ± 10 (500 ± 100)
Penetración a 25°C. en 100-g y 5 s; 10 ⁻¹ mm	100-200	50-90	100-200	50-90	100-200	50-90	150-250
Solubilidad; %, mínimo	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5
Ductilidad a 35°C; cm. mínimo	40	40	40	40	40	40	40

[1] Poles

G. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES ASFÁLTICOS

Con el propósito de evitar la alteración de las propiedades de los materiales asfálticos antes de su utilización en la obra, ha de tenerse cuidado en su transporte y almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-4-05-001/05

adecuadas para evitar fugas y contaminaciones. El transporte se hará observando las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

TABLA 8.- Requisitos de calidad para asfaltos rebajados

Características	Grado	
	FM-1	FR-3
Del asfalto rebajado:		
Punto de inflamación Tag; °C, mínimo	38	27
Viscosidad Saybolt-Furoi a 50°C; s	75 - 150	—
Viscosidad Saybolt-Furoi a 60°C; s	—	250 - 500
Contenido de solventes por destilación a 360°C, en volumen, %:		
Hasta 225°C	20 max	25 min
Hasta 280°C	25 - 85	55 min
Hasta 315°C	70 - 90	83 min
Contenido de cemento asfáltico por destilación a 360°C, en volumen, %, mínimo	60	73
Contenido de agua por destilación a 360°C, en volumen, %, máximo	0.2	0.2
Del residuo de la destilación:		
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa·s (P ¹⁰⁰), máximo	200 ± 40 (2 500 ± 400)	200 ± 40 (2 900 ± 400)
Penetración a 25°C, en 100 g y 5 s; 10 ⁻¹ mm	120 - 300	90 - 120
Ductilidad a 25°C; cm, mínimo	100	100
Solubilidad; %, mínimo	99.5	99.5

[1] Poises

G.1.2. Antes de cargar el material asfáltico, los tanques han de ser limpiados cuidadosamente, eliminando residuos de productos transportados anteriormente, grasas, polvo o cualquier otra sustancia que lo pueda contaminar. Una vez cargado el material asfáltico, las tapas y llaves del tanque se sellarán en forma inviolable. Los sellos se retirarán en el momento de la descarga del material en el almacenamiento. No se aceptará el material en el caso de que los sellos hayan sido violados.

G.2. ALMACENAMIENTO DE MATERIALES ASFÁLTICOS

G.2.1. Los materiales asfálticos se almacenarán en depósitos adecuadamente ubicados, con la capacidad suficiente para recibir cada entrega, que reúnan los requisitos necesarios para evitar la contaminación de los productos que contengan, que estén protegidos contra incendios, fugas y pérdida

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-4-05-001/05

garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma, según el tipo de material asfáltico establecido en el proyecto autorizado por la Secretaría, expedido por su propio laboratorio o por un laboratorio externo. Además, con objeto de controlar la calidad del material asfáltico durante la ejecución de la obra, el Contratista de Obra realizará las pruebas necesarias, en muestras obtenidas como se establece en el Manual M-MMP-4-05-001 *Muestreo de Materiales Asfálticos* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma, en el número y con la periodicidad que se establezca en el proyecto autorizado por la Secretaría, que verifiquen que las características indicadas en la Tabla 9 cumplan con los valores establecidos en esta Norma, entregando a la Secretaría los resultados de dichas pruebas.

TABLA 9.- Características de calidad que se deben revisar en los materiales asfálticos durante la ejecución de la obra

Cementos asfálticos	Emulsiones asfálticas	Asfaltos rebajados
En el cemento asfáltico original:	En la emulsión:	En el asfalto rebajado:
<ul style="list-style-type: none"> •Viscosidad dinámica a 60°C •Punto de inflamación Cleveland 	<ul style="list-style-type: none"> •Contenido de cemento asfáltico en masa •Viscosidad Saybolt-Furoi a 25 y 50°C •Cubrimiento del agregado seco y húmedo •Carga eléctrica de las partículas 	<ul style="list-style-type: none"> •Punto de inflamación Tag •Viscosidad Saybolt-Furoi a 25 y 50°C •Contenido de solvente por destilación a 360°C •Contenido de cemento asfáltico por destilación a 360°C
En el residuo de la película delgada:	En el residuo de la destilación:	En el residuo de la destilación:
<ul style="list-style-type: none"> •Viscosidad dinámica a 60°C •Pérdida por calentamiento •Ductilidad a 25°C y 5 cm/min •Penetración a 25°C, 100 g, 5 s 	<ul style="list-style-type: none"> •Viscosidad dinámica a 60°C •Ductilidad a 25°C y 5 cm/min •Penetración a 25°C, 100 g, 5 s 	<ul style="list-style-type: none"> •Viscosidad dinámica a 60°C •Ductilidad a 25°C y 5 cm/min •Penetración a 25°C, 100 g, 5 s

En cualquier momento la Secretaría puede verificar que el material asfáltico suministrado cumpla con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

I. BIBLIOGRAFÍA

Asphalt Institute, *Manual MS-22 Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente*, Lexington, KY, EUA.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual del Asfalto. The Asphalt Institute. Ediciones Urmo
- Materiales Asfálticos utilizados en Pavimentación. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Dirección General de Servicios Técnicos.
- The Asphalt Institute. Serie de Manuales Núm. 22.
- Emulsiones Asfálticas. The Asphalt Institute. Serie de Manuales Núm. 19.
- Norma SCT M-MMP-4-04 Métodos de Muestreo y Pruebas de los Materiales; Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas.
- Norma SCT M-MMP-4-05 Métodos de Muestreo y Pruebas de los Materiales; Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas.
- Norma SCT N-CMT-4-04 Características de los Materiales; Materiales para Pavimentos; Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas.
- Norma SCT N-CMT-4-05-001 Características de los Materiales; Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas: Calidad de Materiales Asfálticos.
- Norma SCT N-CMT-4-05-001 Características de los Materiales; Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas: Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras.
- Norma SCT N-CTR-CAR-1-04-006 Construcción; Conceptos de Obra; Pavimentos; Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente.
- Norma SCT N-CTR-CAR-1-04-007 Construcción; Conceptos de Obra; Pavimentos; Carpetas Asfálticas con Mezcla en Frío.