



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

## **FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLAN**

**REHABILITACIÓN DEL TRAMO “Km. 18 + 000 AL Km. 28 + 220” DE LA  
CARRETERA TLALNEPANTLA -VILLA DEL CARBÓN.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERÍA CIVIL**

**PRESENTA**

**LUIS MANUEL HURTADO JIMÉNEZ**

**Asesor: DR. RAÚL PINEDA OLMEDO**

**MAYO DEL 2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

# INDICE

PORTADA.

INDICE.

INTRODUCCIÓN.

**REHABILITACIÓN DEL TRAMO “Km. 18 + 000 AL Km. 28 + 220”  
DE LA CARRETERA TLALNEPANTLA -VILLA DEL CARBÓN.**

*OBJETIVO: Describir y brindar criterios de selección para la utilización de las técnicas de rehabilitación necesarias para la reparación del tramo.*

## **CAPITULO I.- ANTECEDENTES, CARACTERÍSTICAS Y ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS.**

*OBJETIVO ESPECÍFICO: Definir y describir las características y estructura de los pavimentos.*

<b>1.1.- DESARROLLO HISTÓRICO-----</b>	<b>1</b>
<b>1.2.- DEFINICIÓN Y TIPOS DE PAVIMENTOS-----</b>	<b>4</b>
Definición	
Tipos	
<b>1.3.- COMPONENTES ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS-----</b>	<b>5</b>
Terreno natural.	
Terracerías.	
Materiales.	
Subrasante.	
Terraplén.	
Sub-base.	
Base.	
<b>1.4.- DIAGRAMAS DE CARGA Y ESFUERZO -----</b>	<b>12</b>

## **CAPITULO II.- PAVIMENTO FLEXIBLE (ASFALTO).**

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** *Describir lo que es un pavimento flexible y definir su campo de aplicación.*

<b>2.1.- ANTECEDENTES</b> -----	<b>13</b>
<b>2.2.- PAVIMENTO FLEXIBLE</b> -----	<b>15</b>
Definición.	
Uso.	
<b>2.3.- PRINCIPALES TIPOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES</b> -----	<b>19</b>
Pavimento arena-asfalto.	
Lechada asfáltica.	
Mezcla densamente graduada.	
Mezclas asfálticas en frío.	
Mezclas asfálticas en caliente.	
<b>2.4.- COMPONENTES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE</b> -----	<b>21</b>
Agregados pétreos.	
Mezclas asfálticas.	
Asfalto.	
<b>2.5.- CAMPO DE APLICACIÓN</b> -----	<b>25</b>
De la mezcla en frío.	
De la mezcla en caliente.	
<b>2.6.- PUESTO EN OBRA</b> -----	<b>25</b>

## **CAPITULO III.- PRINCIPALES FALLAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.**

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** *Describir las principales fallas de un pavimento.*

<b>3.1.- GRIETAS POR FATIGA</b> -----	<b>29</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	

<b>3.2.- GRIETAS EN BLOQUE-----</b>	<b>31</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
<b>3.3.- GRIETAS POR REFLEJO DE JUNTAS (LOSAS DE CONCRETO)----</b>	<b>33</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
<b>3.4.- GRIETAS TRANSVERSALES -----</b>	<b>34</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
<b>3.5.- FALLAS EN PARCHES -----</b>	<b>36</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
<b>3.6.- BACHES -----</b>	<b>38</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
<b>3.7.- RODAS ACANALADAS -----</b>	<b>40</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
<b>3.8.- PAVIMENTO ONDULADO -----</b>	<b>42</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
<b>3.9.- HUNDIMIENTO DEL ACOTAMIENTO -----</b>	<b>43</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
<b>3.10.- GRIETAS EN LA ORILLA DEL PAVIMENTO -----</b>	<b>44</b>
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	

3.11.- FALLA LONGITUDINAL-----	45
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
3.12.- ALGUNAS MENOS FRECUENTES -----	47
Ejemplos.	
Representación gráfica.	
Causa probable y rehabilitación.	
3.13.- ELEMPLIO DE UN LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN CARPETAS ASFÁLTICAS -----	52

## **CAPITULO IV.- DIAGNOSTICO DE LA CARPETA ASFÁLTICA**

***OBJETIVO ESPECÍFICO: Definir las causa por las cuales fallo la superficie a rehabilitar.***

4.1.- MAPAS DE LOCALIZACIÓN DEL TRAMO -----	53
Justificación técnica de la rehabilitación.	
Condiciones actuales del tramo.	
4.2.- PRINCIPALES CAUSAS DE FALLA DE EL PAVIMENTO -----	55
Mala calidad de la mezcla y/o materiales (concreto asfáltico).	
Mala selección de los espesores.	
Malos procesos constructivos.	
Falta de condiciones propicias de drenaje.	

## **CAPITULO V.- REHABILITACIÓN DEL TRAMO**

***OBJETIVO ESPECÍFICO: Describir las técnicas de rehabilitación de fallas y definir los procesos de rehabilitación.***

5.1.- TÉCNICAS DE SELECCIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN --	66
Introducción.	

**5.2.-TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SUPERFICIES ASFÁLTICAS ----- 71**

Tratamiento superficial. ----- 71

Fresado total o parcial de la superficie. ----- 79

Sobre-carpeta y/o aumento de los espesores. ----- 80

Reconstrucción total y parcial. ----- 87

Algunas alternativas en la rehabilitación de pavimentos asfálticos.

**5.3.- PROCESO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN LA REHABILITACIÓN DEL TRAMO ----- 89**

TRAMO Km. 18 + 000 AL Km. 19 + 860 APROX.----- 89

TRAMO KM. 28+220 APROX.----- 93

NORMAS DE CONSTRUCCIÓN ----- 96

**CONCLUSIONES.**

**BIBLIOGRAFIA**

## INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad del hombre por interactuar y comunicarse con las demás personas que integran la comunidad, se vio en la obligación de crear vías que le faciliten el llevar a cabo sus actividades tanto individual como colectivamente. En los tiempos antiguos se crearon caminos o también llamadas "brechas" para permitir el traslado de las personas de un sitio a otro; pero con la invención de la rueda, y con esto la creación de carros de carga jalados por las mismas personas o en algunos casos por animales, fue necesario el mejoramiento de los caminos ya existentes, para que la circulación no fuera tan difícil, ya que la resistencia que brindaban estos no era la adecuada para la gran cantidad de carga que se movía.

Desde ese tiempo se empezó con ver la forma de mejorar la capacidad de carga de los caminos, estos fueron recubiertos en un principio por piedra labrada extendida, que en ese momento fue una solución muy viable y económica.

Ya con la aparición de los automóviles de mayor peso y capacidad de carga (camiones), el hombre se dio a la tarea de buscar nuevas formas de recubrimiento; lo que lo llevo al descubrimiento de materiales cementantes y con ello el adoquín, este material fue muy usado por los romanos, los que también ya usaban una capa de material granular debajo del adoquín la que llamaban base.

Tiempo después, se crearon otros nuevos materiales, y surgió el nombre de pavimento, lo cual vino a revolucionar la forma de revestir los caminos, existen dos formas o tipos de pavimento principalmente, los llamados flexibles (los hechos con asfalto), y los rígidos (hechos con cemento hidráulicos). Estos pavimentos están constituidos por varias capas que son: el terreno natural, la sub-base, la base y la capa de rodamiento principalmente.

Con el surgimiento de estos pavimentos, surgieron también nuevos problemas, como las grietas, hundimientos, baches, deformaciones, etc.; ocasionados por condiciones extremas del clima (principalmente las lluvias y los escurrimientos), la mala calidad de los materiales utilizados y una mala selección y ejecución de los procesos constructivos. Se experimentó con nuevos materiales para mejorar las cualidades del concreto asfáltico y se descubrieron los aditivos y las emulsiones que realzan e incrementan esas cualidades y ayudan a que se realicen las rehabilitaciones de carreteras con mayor rapidez y de una forma más económica.

Se habla del concreto asfáltico, ya que es el más usado en nuestro país, y no por ser de una mejor calidad, sino por que gracias al subsidio que existe de parte del gobierno en la obtención del asfalto, resulta más económico realizar carreteras con este material, en su inversión inicial; aunque a largo plazo es más viable las construidas con concreto hidráulico, debido a que este necesita menos mantenimiento.

Existen dos formas principales de realizar el concreto asfáltico, que se diferencian por la forma de realizar la mezcla; estas son la mezcla en frío y la mezcla en caliente, que como su nombre lo dice, la diferencia radica en la temperatura en que son mezcladas.

Para la colocación del concreto asfáltico existen varias técnicas o procesos, las cuales varían según el tipo y tamaño de la obra a realizar, así como de la utilidad que se le va a dar, esto es para facilitar la puesta en obra y para hacerla más económica, que en estos tipos de trabajos son de vital importancia en la construcción.

Para facilitar la explicación de lo que es una rehabilitación, hay que tomar en cuenta los diferentes tipos de falla que existen en las carreteras construidas con concreto asfáltico, así como revisar las distintas causas que las generan. Esto nos ayuda para comprender mejor y de una manera más clara las condiciones que dieron origen a que la carpeta asfáltica presente dichas fallas y estudiar de una manera detallada la forma de evitar que estas condiciones nos sigan perjudicando.

También existen otras causas de falla que tiene que ver directamente con la construcción y rehabilitación del pavimento, como pueden ser: la cantidad y tipo de automóviles que circulan por la carretera, y los distintos tipos de drenajes que puedan existir o faltar para que no provoque que la carpeta falle.

Las obras de drenaje son de vital importancia en la construcción de las carreteras, ya que con un buen drenaje, se distribuye el agua de lluvia y se desaloja de la carpeta; con esto se evita tantos problemas de tránsito, como posibles afectaciones a la carretera ocasionadas por las filtraciones y por el empuje que provoca el agua. Con esto se evita la mayoría de las fallas que se generan en el pavimento flexible.

Presentaremos las distintas técnicas de rehabilitación de fallas en pavimento asfáltico, para poder tener un criterio más adecuado en la utilización de estas, y de los procesos constructivos utilizados en la construcción y rehabilitación de las carreteras.

Con lo anterior presentaremos el proceso constructivo utilizado en la rehabilitación del tramo carretero denominado "Km. 18 + 000 al Km. 28 + 220 de la carretera Tlalnepantla-Villa del Carbón", con lo que veremos de una manera práctica como se realiza el trabajo de campo lo que en teoría hemos vertido en el presente trabajo.

## **CAPITULO I.- ANTECEDENTES, CARACTERÍSTICAS Y ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS.**

### **1.1.- DESARROLLO HISTÓRICO**

Desde el principio de la existencia del ser humano se ha observado su necesidad por comunicarse, por lo cual fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos, desde los caminos a base de piedra y aglomerante hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en la experiencia que conducen a grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

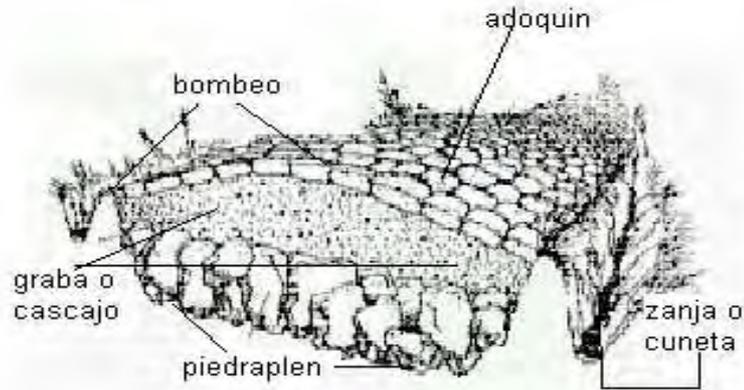
La historia de los pavimentos “con adoquines” se inicia prácticamente con nuestra civilización. Cuando se construyeron la Vías Romanas se emplearon bloques de piedra trabajados especialmente para obtener una superficie lisa. La duración de estas vías, muchas de las cuales todavía se pueden visitar, es el mejor testimonio de la calidad de ejecución de dichos trabajos y de la factibilidad del sistema constructivo de pavimentos segmentados.

Posteriormente aparecieron las superficies para el rodamiento de vehículos constituidas por adoquines de granito, ejecutadas durante muchos años en diversos países de Europa y luego en América, incluyendo nuestro país.

**La siguiente imagen ejemplifica como se realizaban los caminos romanos con adoquines.**



### Sección transversal de un camino romano



Antes de la conquista española, los señoríos indígenas contaban con una red de caminos adecuados a sus necesidades. Desconocían las bestias de carga y la rueda, pero transitaban con sus mercancías por senderos y veredas bien trazadas, efectuando limpieza, conformaciones y mejoramientos del suelo (revestimiento) en lugares con problema de inestabilidad por inundaciones frecuentes.

Fueron causa de admiración para los españoles las cuatro calzadas de tierra firme que de norte a sur y de oriente a poniente cruzaban la gran ciudad lacustre de Tenochtitlan, las cuales partían de Tlatelolco a Iztapalapa y del reino de Tacuba al de Texcoco, apoyando dichos terraplenes arcillosos sobre un entramado de bejuco.

En la religión maya se conserva aún los caminos anteriores a la conquista. Ciudades como Coba y Uxmal fueron centro de donde partían las redes de caminos. El camino de Coba-Chichenitza conocido como el "camino blanco", medía 100 Km. con una anchura de 3m, revestido con laja de piedra blanca y conformado con un material regional llamado sacbe.

De 1522 a 1531 se construyó el primer camino de Tenochtitlan a Veracruz, circulando por primera vez carretas tiradas por bueyes.

A finales del siglo XVII ciudades como la de México, Guanajuato, Taxco, Zacatecas entre otras, presentaban una traza de acuerdo a su configuración topográfica con calles revestidas, mayormente con empedrados de piedra bola o piedra laja, apoyadas en una cama de material conformado y mejorado para dar pendientes longitudinales y transversales para desalojar las aguas de lluvia. Las aguas negras eran conducidas por canales abiertos localizados al centro de las calles, hasta recolectarse en un solo canal de desfogue.

En 1920 se utilizó concreto hidráulico para la construcción del camino al Desierto de los Leones, la Av. Reforma y otras vialidades de la Ciudad de México. En 1925 al crearse la Comisión Nacional de Caminos, se integró al censo de la red de caminos que hasta 1928 era conservada y rehabilitada por dicha comisión y contaba con 695 Km.; de los cuales 209 Km., eran terracerías, 245 Km. se encontraban revestidos y 241 Km. pavimentados con carpetas asfálticas elaborada en el lugar de riegos, encomendados a la empresa extranjera Byrne Brothers Corp.

En 1934 la ciudad de México contaba con calles y avenidas principales pavimentadas con losas de concreto hidráulicos, entre ellas la Av. Juárez, San Juan de Letran, Av. Insurgentes, entre otras. Para la década de los 50's fueron pavimentados fraccionamientos y circuitos como Ciudad Satélite, viaducto Miguel Alemán y ciudad universitaria entre otros.

Por décadas, siendo México un país productor de petróleo y aprovechando el subsidio que se otorgaba a los asfaltos, se utilizó este material para la construcción de carreteras y vialidades urbanas.

A partir de los 60's apareció el concreto asfáltico hecho en plantas y en caliente, adecuándose a las condiciones cambiantes del tránsito con un producto que en su control de producción mejoró su calidad y resistencia.

### **Ejemplo de calle pavimentado con asfalto.**



Los pavimentos urbanos, estructuralmente, no difiere respecto a los pavimentos carreteros; sin embargo las variables que intervienen en su diseño resultan de compleja atención como lo es el volumen de tránsito esperado y su tasa de crecimiento. Regularmente, los pavimentos urbanos la capa de rodamiento es construida con carpeta de concreto asfáltico o emulsión, sin embargo en las ciudades del occidente y norte del país, como Guadalajara, es común el uso de losas de concreto hidráulico o de adoquín.

## 1.2.- DEFINICIÓN Y TIPOS DE PAVIMENTOS

### 1.2.1.- DEFINICIÓN.

“Un pavimento es una estructura, constituida generalmente por una capa de rodamiento, apoyada sobre una capa de material granular clasificado y denominado base. A su vez dicha capa descansa firmemente y coherentemente en la capa de material granular clasificado denominado subbase, capas que en conjunto representan el vocablo pavimento.”<sup>1</sup>

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

### 1.2.2.-TIPOS DE PAVIMENTOS.

Dependiendo de la capa de rodamiento, los pavimentos se clasifican en:\*

- **Tipo rígido:** Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

---

<sup>1</sup> GLOSARIO ESPECIALIZADO DE TERMINOLOGÍA ASFÁLTICA

- **Tipo flexible:** resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base principalmente.
- **Tipo semirígidos:** Son los construidos por una capa base o subbase rígidamente estabilizada con cemento Pórtland.
- **Tipo especial:** Son los pavimentos construidos con adoquín de cemento o piedra debidamente acomodada.

#### **Los objetivos del pavimento, son:**

Proveer una superficie sólida, resistente, antiderrapante, que soporte el tránsito que va a circular por él, sin deterioro.

Transmitir el esfuerzo que recibe la superficie a las capas inferiores del pavimento, (base, sub-base, terracería).

Impermeabilizar las estructuras inferiores que lo forman.

### **1.3.- COMPONENTES ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS**

#### **1.3.1.- SUBESTRUCTURA:**

##### **I.-Terreno natural**

El reconocimiento geológico y los estudios de mecánica de suelos proporcionan los elementos necesarios para identificar, valorar y reconocer de antemano el comportamiento a futuro del terreno de cimentación al ser sometido a la gravitación de las cargas impuestas por el pavimento y el tránsito. Las pruebas básicas que se realizan al terreno natural predominantemente arenoso son:

- Granulometría (SUCS)
- Límites de consistencia (LL, LP, IP)
- Contenido de humedad natural ( w )
- Peso volumétrico del lugar, suelto y compacto
- Densidad
- Absorción
- VRS (Valor Relativo de Soporte) representando las condiciones del lugar y compactado al 90, 95 y 100% de su peso volumétrico.

En macizos rocosos resulta conveniente el conocimiento geológico de la piedra, su fracturamiento, dureza (resistencia a la compresión) y el r<sub>qd</sub>.

Para suelo fino cohesivo (arcillas y limos) es importante determinar primeramente las pruebas índice (LL, LP y IP), clasificación del material utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Para arcillas y limos de alta plasticidad CL, ML se prosigue a la determinación de las pruebas básicas y en el caso de los suelos clasificados como CH y OH deberá determinarse si el material es susceptible a expandirse o contraerse a consecuencia de un cambio en su estado de esfuerzos o en su humedad de equilibrio.

Para cada caso en particular deberán ser estudiados por especialistas en Mecánica de Suelos, con el propósito de cuantificar la capacidad de carga y el procedimiento constructivo más adecuado para sobreponer la estructura del pavimento. Por ejemplo, en arcillas de alta compresibilidad como las presentes en una extensión importante de la Ciudad de México y en el ex Lago de Texcoco, resulta extremadamente perjudicial el remodelar el terreno natural, rompiendo de esta manera la estructura de cadenas solidificadas del suelo, provocando un comportamiento inestable.

## **II.- Terracerías**

Es el material colocado encima del terreno natural previamente despalmado el suelo orgánico, con la finalidad de obtener un alineamiento longitudinal y transversal constante, siguiendo la trayectoria de la línea rasante calculada. En las secciones transversales se producen zonas de corte (arriba de la línea rasante) o de terraplén (debajo de la línea de rasante). En el proyecto geométrico de carreteras, la línea de rasante se calcula de manera de compensar los volúmenes de corte con los de terraplén, sin embargo en vialidades urbanas, en muchas ocasiones esto no debe ser considerado, ya que la rasante deberá adecuarse lo mejor posible a los niveles de construcciones existentes, descompensándose notoriamente los volúmenes de corte y terraplén.

Es el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial, ejecutados hasta el nivel de la capa subrasante.

Lo primero que se realizan son los trabajos de topografía. Estos tienen como objetivo la localización de los puntos de apoyo y los límites de los puntos que definen el área de trabajo, la remoción de la capa vegetal, retiro de postes, tuberías, así como de cualquier interferencias dentro del área de trabajo.

Estos trabajos constan de:

- Un inventario físico de guarniciones, banquetas, parámetros de casa, camellones y carpetas asfálticas ya existentes, así como la descripción de su estado actual y su localización, incluyendo una breve descripción de los cruces con otras vías.

- Levantamiento de niveles existentes indicando niveles de guarniciones, y todo tipo de registros y elementos fijos que sirvan de punto de referencia.
- Debe recopilarse cualquier información de trabajos de terracerías o perfiles longitudinales y secciones transversales. Estas mediciones deben hacerse antes y después de los trabajos para garantizar la cubicación de los volúmenes.
- Localización de coordenadas y de perfiles longitudinales y transversales de acuerdo con el proyecto.

### **Remoción de la capa vegetal o desmonte**

Cuando exista vegetación en el área de trabajo, se deberá realizar el retiro de la capa vegetal y del material que no se considere adecuado para el desplante de las terracerías, así como su acarreo fuera de la obra.

### **Alcantarillado y drenaje**

Se debe verificar el estado actual del alcantarillado y del drenaje pluvial existente en la vialidad y, en caso necesario, hacer la reposición de la tubería.

Cuando el alcantarillado se encuentre a cargo de las dependencias municipales, éstas deben ser informadas para que se hagan el retiro o la sustitución de los drenajes que interfieran en la ejecución de los trabajos.

Deben realizarse todas las instalaciones necesarias para el drenaje pluvial y/o sanitario, antes de empezar los trabajos de pavimentación.

### **Cortes**

Son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en la corona de cortes y/o terraplenes existentes. Incluyendo las operaciones de extracción, carga y acarreo de materiales.

## **III.-Materiales<sup>2</sup>**

### **Suelo**

Los materiales producto de excavaciones de corte y/o cajas se clasifican en tres tipos de suelo, dependiendo de la dificultad que se presente para su extracción o carga.

---

<sup>2</sup> INVENTARIO NACIONAL DE BANCOS DE MATERIALES

### **TIPO “A”**

Material blando o suelto, fácilmente excavado con motoescrepas. Entran en esta clasificación las arcillas, limos y arenas, poco o nada cementadas con partículas hasta de 7.6 cm. Clasificación: 100%-0-0.

### **TIPO “B”**

Material que solo puede ser excavado eficientemente con tractor de orugas con cuchillas variable, sin uso de arado. Se consideran materiales tipo B los suelos medianamente cementados, rocas muy alteradas, sueltas menores de 75cm, y mayores de 7.6cm. Clasificación: 0-100%-0.

### **TIPO “C”**

Material que por su dificultad de extracción sólo puede ser excavado mediante el uso de explosivos. Entran dentro de esta clasificación las rocas ígneas sanas sedimentarias, los conglomerados fuertemente cementados y las piedras mayores de 75 cm. Clasificación: 0-0-100%.

## **BANCOS DE PRESTAMO**

Generalmente el material que se emplea en un terraplén es el que se encuentra sobre la misma ruta producto de cortes o prestamos laterales. Los bancos deberán contener como mínimo 10,000m<sup>3</sup> de material para que sea explotable. Los bancos para sub-rasante deberán ser homogéneos, y de esta manera evitar que los espesores del pavimento varíen con demasiada frecuencia, los podemos encontrar en formaciones de roca muy alterada o en bancos arenosos estratificados.

### **Tipos de bancos de préstamo:**

- Longitudinales: son producto de los cortes.
- Laterales: distancia al eje del camino de hasta 20 metros.
- Banco de préstamo: distancia al eje del camino de hasta 100 mts. Más de 10 Km. No es costearable.

### **Clasificación de los materiales según la SCT<sup>3</sup>**

Se llama roca a toda formación que tenga un diámetro mayor de 2m.

**FRG** f < 2.00 > 0.75 m

**FRM** f < 0.75 > 0.20m

**FRCH** f < 0.20 > 0.075 m que es el f de la malla # 3

---

<sup>3</sup> INVENTARIO NACIONAL DE BANCOS DE MATERIALES

Todo lo que pase la malla de 3" se considera como un suelo

**FRG** = Fragmento de roca grande.

**FRM** = Fragmento de roca mediana.

**FRCH** = Fragmento de roca chica.

#### **IV.-Características de la base y sub-base**

De acuerdo con el criterio usado en la actualidad se tiene que para carreteras con un tránsito menor a 1000 vehículos pesados, se recomienda que el espesor de la bases sea de 12 cm. Y cuando el tránsito sea mayor, se recomienda que el espesor mínimo sea de 15cm. Para las sub-bases la SCT recomienda un espesor mínimo de 10 cm.

#### **V.-Las funciones de estas son:**

##### **SUBRASANTE.**

La función de la sub-rasante es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, además de considerarse la cimentación del pavimento. Entre mejor calidad se tenga en esta capa el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad. Las características con las que debe cumplir son: f máximo de 3", expansión máxima del 5%, grado de compactación mínimo del 95%; espesor mínimo de 30cm para caminos de bajo tránsito y de 50cm en caminos con un TPDA > de 2000 vehículos. Otra de las funciones de la sub-rasante es evitar que el terraplén contamine al pavimento y que sea absorbido por las terracerías.

##### **TERRAPLEN**

La finalidad del cuerpo del terraplén es proporcionar la altura necesaria para cumplir con el proyecto, deberá resistir las cargas de las capas superiores y distribuirlas adecuadamente en el terreno natural. Por normatividad no se acepta material del tipo MH, OH, y CH cuando su límite líquido sea mayor del 80%, deberá tener un VRS mínimo de 5%. Si esta compuesto de rocas, se recomienda formar capas del espesor del tamaño máximo y se pasará un tractor de oruga en tres ocasiones por cada lugar con un movimiento de zig-zag que se conoce como bandeo, el grado de compactación mínima será del 90% y si es necesario realizar modelos en barrancas donde no es fácil el empleo del equipo, se permite que el material se coloque a volteo hasta una altura donde ya pueda operar la maquinaria. Se recomienda el compactador pata de cabra con equipo de vibrado y un peso aproximado de 20 a 30 toneladas.

### **SUB-BASE.**

Cumple una cuestión de economía ya que nos ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de sub-base (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la sub-rasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías.

### **BASE.**

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitirlos en forma adecuada a las capas inferiores. El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales. En el caso de la granulometría, no es estrictamente necesario que los granos tengan una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas, siendo de mayor importancia que el material tenga un VRS (valor relativo de soporte) y una plasticidad mínima; además se recomienda no compactar materiales en las bases que tengan una humedad igual o mayor que su límite plástico.

### **VI.-Los materiales para construirlas son:**

Los materiales para sub-base y base estarán sujetos a los tratamientos mecánicos que lleguen a requerir para cumplir con las especificaciones adecuadas, siendo los más usuales: la eliminación de desperdicios, el disgregado, el cribado, la trituración y en algunas ocasiones el lavado, los podemos encontrar en cauces de arroyos de tipo torrencial, en las partes cercanas al nacimiento de un río y en los cerros constituidos por rocas andesitas, basálticas y calizas. Es de gran importancia conocer el tipo de terreno con el que se va a trabajar ya que en base a esto se elige el tipo de maquinaria y el personal suficiente para trabajar en forma adecuada. El material que se manda del banco para efectuar el análisis correspondiente, deberá traer las etiquetas adecuadas y al llegar al laboratorio se le efectuará un secado, su disgregación y se le cuarteará. En pavimentos se realizan básicamente **3 tipos de ensayos** que serán para clasificar el suelo, para controlar la obra y para proyectar el espesor y los porcentajes óptimos de aglutinante de las diferentes **capas que se enlistan a continuación:**

### **TERRAPLEN.**

- Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg
- Control. Peso volumétrico seco máximo y grado de compactación

### **SUB-RASANTE**

- Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg.
- Control. Peso volumétrico seco máximo y grado de compactación.
- Diseño. VRS y prueba de placa.

### **BASE Y SUB-BASE.**

- Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg
- Control. Valor cementante, índice de durabilidad, PVSM, GC, equivalente de arena y expansión, adherencia con asfalto.  
Diseño. Prueba de placa, VRS, y cuerpo de ingenieros.

### **CARPETA ASFÁLTICA**

- Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg
- Control. Adherencia con asfalto, equivalente de arena, intemperismo, forma de la partícula, desgaste, densidad y absorción. Todas las pruebas que se realizan a los asfaltos.
- Diseño. Marshall, HUEEM, compresión simple

#### 1.4.-DIAGRAMAS DE CARGA Y ESFUERZO

Diagrama de distribución de cargas en un pavimento.

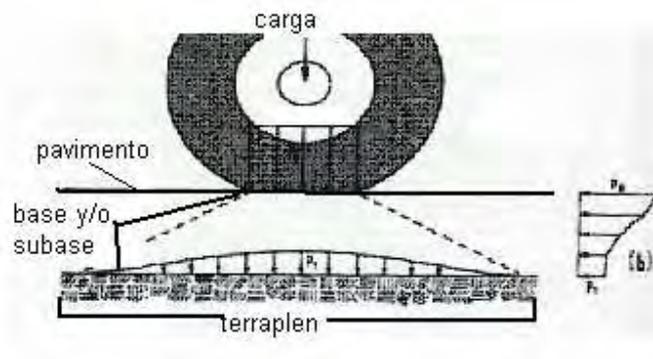
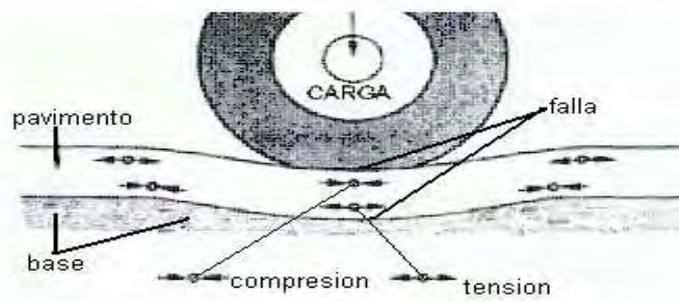


Diagrama de esfuerzo sobre el pavimento que generan las fallas.



## **CAPITULO II: PAVIMENTO FLEXIBLE**

### **2.1.- ANTECEDENTES.**

Se cree que la palabra “asfalto” se deriva del antiguo término Acadio “asfáltico”. Este término fue adoptado por los griegos en la época de Homero y significaba “hacer firme o estable”. “Asfáltico” se adoptó después en el latín tardío, después al francés “asfhalte” y por último al inglés “asphalt”.

La historia del asfalto comienza hace miles de años. El asfalto se encuentra de forma natural tanto en lagos de asfalto, rocas asfálticas, que es una combinación de arena, roca caliza y asfalto.

Desde el pasado hasta el presente, el asfalto se ha utilizado como cemento para pegar, recubrir e impermeabilizas objetos. El asfalto es verdaderamente uno de los productos más versátiles de la naturaleza.

Los antiguos habitantes de Mesopotamia lo utilizaban para impermeabilizar los baños en los templos y los tanques de agua. Los fenicios rellenaban las juntas de sus barcos mercantes con asfalto. En los días de los faraones, los egipcios usaban el material como mortero para colocar piedras a lo largo de las orillas del río Nilo para prevenir la erosión.

El asfalto es el producto de construcción más antiguo del hombre, se ha utilizado desde los albores de la civilización. En Sumeria, por el año 6000 AC., existía una industria de construcción de barcos próspera que producía y utilizaba asfalto. En la construcción de monumentos, de los cuales la Torre de Babel es sólo uno de tantos, el asfalto se utilizó como mortero. Cerca de las ciudades de Sodoma y Gomorra, se producía asfalto en abundancia. Los egipcios utilizaron el asfalto como material impermeabilizante desde el año 2600 AC. El asfalto se continuó utilizando en el mundo antiguo como mortero para construir bloques de construcción y pavimento, calafateado de barcos e impermeabilizantes en un sin número de aplicaciones.

En el año 625 AC. se tuvo el primer registro del uso del asfalto como material para la construcción de caminos en Babilonia. Los antiguos griegos también estaban familiarizados con el asfalto. Esta palabra proviene del griego “asphaltos” que significa “seguro”. Los romanos lo utilizaban para sellar sus baños, cisternas y acueductos.

Estos primeros asfaltos se obtenían de forma natural. Se podían encontrar en estratos geológicos en forma de morteros suaves y trabajables y también en forma de betas negra friables dentro de las formaciones rocosas. Por el año 1595 los europeos que exploraban en nuevo mundo descubrieron depósitos naturales de asfalto. Sir Walter Raleigh descubrió una planicie o lago de asfalto en la isla Trinidad, cerca de Venezuela. Él lo utilizó para carenar sus barcos. El material asfáltico suave se tipifica en el depósito del Lago Trinidad, en la isla Trinidad, en el

Lago Bermúdez, en Venezuela y en las extensas “arenas asfálticas” a lo largo de Canadá Occidental. Estos productos de asfalto suave han sido descritos como asfaltos naturales y se utilizaron de manera extensiva hasta principios del siglo 20.

A principios del siglo 19, Tomás Telford construyó más de 900 millas de caminos en Escocia, perfeccionando el método de construcción de caminos con piedra quebrada. Su contemporáneo, John Loudon McAdam, utilizó piedra quebrada y junteada para formar una superficie dura en la construcción de una barrera Escocesa. Mas tarde, para reducir el mantenimiento, los constructores utilizaron brea caliente para pegar las piedras quebradas, produciendo así pavimentos tipo “tramacadam”.

El químico belga Edmundo J. DeSmedt en 1870, tendió el primer pavimento asfáltico verdadero en los Estados Unidos, en la ciudad de Newark N. J. DeSmedt también pavimento la avenida Pennsylvania en la ciudad de Washington, utilizando 54,000 yardas cuadradas de hoja de asfalto proveniente del Lago Trinidad. La compañía Cummer inauguró la primera central de producción de mezcla en caliente en los Estados Unidos. La primera patente en asfalto fue obtenida por Nathan B. Abbott de la ciudad de Brookyin, N. Y. en 1871.

A principios de 1900, el descubrimiento de cómo refinar asfalto del petróleo crudo y de la gran popularidad del automóvil, provocaron la expansión de la industria. El asfalto parecía ser un recurso barato e inagotable que sería utilizado para construir caminos suaves y modernos, además de otro sinnúmero de aplicaciones.

A medida que la industria del asfalto florecía, se necesitaba determinar las propiedades físicas y las características del asfalto. Para asegurar que los caminos asfaltados fueran durables y confiables, durante los primeros años de los 1900 se desarrollaron numerosas pruebas y procedimientos. Probablemente el primer acercamiento científico para diseñar mezclas de pavimento asfáltico fue el determinar el contenido de asfalto basado en los huecos de aire del agregado.

Frederick J. Warren obtuvo una patente para pavimento “bitulítico”, que era una mezcla de bitúmen y agregados (“bitu” por bitúmen y “lítico” por “lithos” la palabra griega para piedra). La primera instalación moderna para asfalto se construyó en 1901 por la compañía Warren Brothers en East Cambridge, Massachussets.

La producción de asfalto refinado del petróleo superó el uso del asfalto natural. A medida que el uso del automóvil se popularizaba, creció la demanda de más y mejores caminos, esto llevo a la innovación tanto en la producción como en el tendido del asfalto. Los pasos hacia la mecanización incluían mezcladoras de tambor y extendedoras de concreto de cemento Pórtland con lo que se construyeron los primeros pavimentos asfáltico y de concreto hidráulico.

Para que las muestras en el diseño representaran el desempeño en el campo, las muestras compactadas necesitan tener huecos de aire y el contenido de cemento asfáltico deseado. A mitad de los años 20's, uno de los primeros métodos para evaluar las características físicas de una mezcla asfáltica compactada fue desarrollado por Prevost Hubbard y F. C. Field of the Asphalt Institute. La prueba empírica Hubbard – Field indicaba la estabilidad de una mezcla por medio de la falla por picado – cortante.

Francis Hveem desarrolló otra prueba en 1930 para asegurar que las mezclas de pavimento asfáltico compactadas fueran estables y que no lloraran asfalto en exceso. Los principios de la prueba de Hveem se basan en la compresión triaxial y un estímulo del contenido de asfalto determinado por el área de la superficie del agregado. La prueba de Hveem se practica todavía hoy en día.

Con el comienzo de la Segunda Guerra Mundial, se requería de una prueba simple para el diseño y construcción apropiados de bases aéreas militares. Bruce Marshall concibió un método de diseño de mezclas asfálticas para determinar la densidad deseada y el contenido de asfalto que pudiera soportar las cargas pesadas de las ruedas de los aviones. El método Marshall proveyó un criterio de diseño satisfactorio. Hoy en día, este método empírico se utiliza extensivamente en todo el mundo.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la tecnología del asfalto se mejoró substancialmente, por la necesidad de los aviones militares de tener superficies que pudieran soportar mayores cargas.

En 1955, se funda la Asociación Nacional de Concreto Bituminoso, predecesora de la Asociación Nacional del Pavimento Asfáltico o NAPA. Una de sus primeras actividades fue un programa de Mejoramiento de Calidad. Que patrocinaba pruebas al asfalto en universidades y laboratorios privados.

El congreso de E. U. en 1956, aprueba la ley de carreteras interestatales dotando a los estados con recursos para la construcción de vías. Los contratistas necesitaban más grande y mejor equipo. Las innovaciones desde entonces incluyen: controles de niveles electrónicos, pavimentadotas extra anchas para pavimentar dos carriles a la vez y compactadores vibratorios con rodillos de acero.

Para 1970, la crisis energética dejó de manifiesto la necesidad de la conservación de los recursos naturales. Desde ese tiempo, una cantidad que se incrementa constantemente de asfalto se ha incorporado a las mezclas. Hoy en día es uno de los materiales más reciclados en E. U. con más de 70 millones de toneladas métricas de pavimento asfáltico por año.

En el año 2002 la agencia de protección al ambiente, anuncio que las plantas de asfalto ya no son industrias consideradas como fuentes contaminantes de aire.

## **2.2.- PAVIMENTO FLEXIBLE (ASFÁLTICO)**

### **2.2.1.-DEFINICIÓN<sup>4</sup>**

Los concretos asfálticos constituyen la clase superior de los pavimentos bituminosos.

El concreto asfáltico mezclado en vía, consiste en una o varias capas compactadas de una mezcla de agregados minerales, asfalto líquido, producido en la vía por medio de plantas viajeras, motoniveladoras, arados agrícolas o cualquier otro tipo capaz de mezclar agregados y asfalto sobre la superficie de la vía. Este tipo de concreto asfáltico se puede emplear como capa de rodamiento para tráfico liviano y mediano, como base de pavimentos flexibles para tráficos mediano y pesado o como capa intermedia.

#### **Vista de la superficie de un pavimento flexible terminado.**



### **2.2.2.-USO**

El concreto asfáltico mezclado en planta y colocado en frío se usa por lo general para reparaciones y obras pequeñas, en las cuales no se justifica la operación de una planta de mezcla en caliente, consiste en una combinación de áridos y materiales asfálticos producida en una planta sin calentamiento previo de los materiales y cuya colocación en la vía y la consiguiente compactación se hacen a la temperatura ambiente.

---

<sup>4</sup> GLOSARIO ESPECIALIZADO DE TERMINOLOGÍA ASFÁLTICA

El concreto asfáltico mezclado en planta y compactado en caliente es el pavimento asfáltico de mejor calidad y se compone de una mezcla de agregados graduados y asfalto, realizada a una temperatura aproximada de 150°C colocada y compactada en caliente. Las plantas para la producción de mezclas en caliente se construyen de tal manera que, después de calentar y secar los agregados, los separa en diferentes grupos de tamaños, los recombina en las proporciones adecuadas, los mezcla con la cantidad debida de asfalto caliente y finalmente los entrega a los vehículos transportadores, que a su vez la colocan en la máquina pavimentadora para que esta la deposite sobre la vía con un espesor uniforme, después de lo cual se compacta mediante rodillos mientras la temperatura se conserva alta.

Para la construcción de este tipo de pavimento se usan cementos asfálticos de penetración 60-70 (AC-20), y 85-100 (AC-10), que son los más comercializados en nuestro país.

Se dividen en dos grupos mezclas de granulometría densa y abierta que son especificadas en las Normas COVENIN 200-87

Los tratamientos superficiales con asfalto pueden utilizarse para cumplir las siguientes funciones:

- Proveer una superficie de bajo costo para toda condición del tiempo atmosférico, en caminos de categoría ligera y mediana.
- Sellar una superficie de rodamiento existente.
- Ayudar a un revestimiento sobrepuesto a adherirse al revestimiento previo.
- Proveer una superficie resistente al deslizamiento.
- Rejuvenecer las superficies existentes deterioradas por el intemperismo.
- Proveer una cubierta temporal para una nueva base granular que no va a recibir su cubierta final por un amplio período.
- Cubrir los pavimentos existentes y proveer cierto aumento en resistencia.
- Servir como paliativo para el polvo.
- Guiar el tráfico y mejorar la visibilidad en la noche; por ejemplo, a través de agregados con contraste en colores.

Los tipos de tratamientos para superficies con asfalto incluyen los siguientes: tratamientos de superficie simple, que consiste en una aplicación de material asfáltico cubierta con una capa de agregado, estos tratamientos asfálticos también llamados en monocapa se usan como capas de protección sobre bases flexibles o semirígidas o para tráfico liviano o como pavimento provisional sobre bases destinadas a soportar tráfico pesado mientras se construye la carpeta asfáltica definitiva, y también existe el tratamiento superficial múltiple que resulta de repetir dos o más veces el procedimiento constructivo de los tratamientos de una capa. Generalmente se disminuye el tamaño del agregado a medida que la capa se construye es más superficial. El tipo más empleado es el de las dos capas, que se conoce también como tratamiento superficial de doble riego y tiene su aplicación

más frecuente como pavimento provisional en carreteras para tráfico mediano o pesado que se construye por etapas.

Las guías más detalladas para el uso y aplicación de varios tratamientos para superficie con asfalto, están dadas en Asphalt Surface, The Asphalt Institute Manual MS-13.

**Capa de Adherencia:** una capa de adherencia es una aplicación muy ligera asfáltica diluida. Es utilizada para asegurar la adherencia entre la superficie pavimentada y la nueva carpeta ó capa. Puesto que la emulsión (se supone) no debe penetrar el pavimento, la cantidad aplicada debe ser bien limitada. Aunque otros asfaltos líquidos pueden ser utilizados como capa de adherencia (RC-70, RC-250), las emulsiones diluidas dan los mejores resultados. Esto se debe a que pueden diluirse para dejar luego un cubrimiento ligero y uniforme de asfalto residual.

En la mayoría de los casos es necesaria una capa de pega, tal vez la única excepción sería cuando se coloca una capa adicional dentro de los dos o tres días, sobre una carpeta recién hecha. En este caso se puede producir una buena adherencia entre las dos capas sin la necesidad de poner la capa de pega.

Los tipos de emulsiones más conocidas son las emulsiones diluidas, SS-1, SS-1h, CSS-1 YCSS-1h. La emulsión es diluida agregando una cantidad igual de agua. El material diluido se aplica en las cantidades de 0.25 a 0.70 litros/m<sup>2</sup>. No se debe regar más de la longitud de adherencia que pueda ser cubierta en un día de trabajo.

El objetivo es obtener una película de asfalto residual, delgada y uniforme cuando la emulsión rompa. Una capa de adherencia en exceso puede crear un plano de deslizamiento entre las dos capas de pavimento ya que el asfalto actúa más bien como un lubricante en lugar de un adherente. Puede crear en la superficie del nuevo pavimento áreas blandas o de "sangrado", condiciones que no solamente son invisibles sino que producen pavimentos peligrosamente estabilizados.

La compactación con rodillo de neumático de las áreas irregulares de la capa de adherencia, facilitará la distribución de asfalto para un mejor cubrimiento. También ayudará a reducir la probabilidad de áreas blandas.

Luego de riego de adherencia, se debe permitir el tiempo suficiente para que la emulsión rompa totalmente antes de colocar la capa siguiente. El tráfico se debe mantener fuera del área regada. Si esto no es posible, los vehículos deben de controlar su velocidad a 30 Km/h.

El área recién regada del pavimento es muy resbaladiza y no se puede tener un manejo seguro si se permiten velocidades elevadas, especialmente antes de que la emulsión rompa.

Una capa de pega o adherencia también es una parte esencial de una buena operación de bacheo. En primer lugar el área del bacheo debe ser completamente limpiada y todo material suelto removido. Luego se coloca un riego denso de emulsión asfáltica, o pintada, sobre el área total del parche, incluyendo los bordes (lados verticales). El riego ayuda a mantener el parche en sitio y da un sello impermeable entre el parche y el pavimento circundante.

### **2.3.- PRINCIPALES TIPOS DE FLEXIBLE<sup>5</sup>**

#### **Pavimento de Arena-Asfalto:**

Son pavimentos compuestos de agregado sin picar y cemento asfáltico, mezclados en planta, en caliente. Los materiales asfálticos que se deben utilizar para la construcción de este tipo de pavimento son cementos asfálticos de penetración 60-70 y 80-100.

#### **Lechada Asfáltica**

Son sellos que se utilizan para tratamientos superficiales, sirven para proteger contra la infiltración del agua superficial si está agrietada o porosa, proporcionar un revestimiento antideslizante al pavimento antiguo u obtener una superficie de un color determinado. En todos los casos el proceso constructivo es el mismo y consiste en regar sobre la superficie existente una pequeña cantidad de material asfáltico de acuerdo con dosificaciones establecidas previamente.

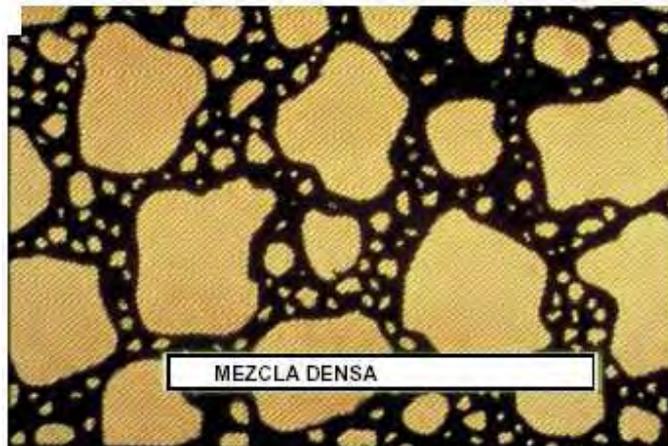
#### **Mezclas densamente graduadas**

Son mezclas que contienen cantidades de agregados en proporciones adecuadas de todos los tamaños, de grueso a fino, incluyendo filler, proporcionados de tal forma de obtener una mezcla densa con pocos vacíos. Las mezclas densamente graduadas tienen un gran número de puntos de contacto entre las partículas, que pueden dar una alta resistencia friccional y reducir la posibilidad de trituración de las partículas en los puntos de contacto. Como el contenido de vacíos es bajo son poco permeables. En las mezclas asfálticas en caliente, deben preferirse agregados con granulometría densa, o muy cercana a la densa.

---

<sup>5</sup> GLOSARIO ESPECIALIZADO DE TERMINOLOGÍA ASFÁLTICA

### Vista ampliada de la mezcla densamente graduada



### Vista microscópica.

### Mezclas Asfálticas en frío <sup>6</sup>

**Definición:** Pavimento compuesto de agregado sin triturar y cemento asfáltico, mezclados en planta, y este se coloca en frío. Los concretos asfálticos en frío son mezclas utilizadas como carpeta de rodamiento en la pavimentación urbana.

### Vista interna de un mezclador asfáltico



---

<sup>6</sup> GLOSARIO ESPECIALIZADO DE TERMINOLOGÍA ASFÁLTICA

## **Mezclas Asfálticas en Caliente <sup>7</sup>**

**Definición:** Pavimento compuesto de agregado sin triturar y cemento asfáltico, mezclados en planta, en caliente. Este, es el más utilizado en la construcción de carreteras en nuestro país.

### **2.4.-COMPONENTES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE**

#### **2.4.1.-AGREGADOS PETREOS**

Debe ser grava sin picar o combinaciones de grava sin picar y arena, debe proceder de rocas duras y resistentes, no debe tener arcilla en terrones ni como película adherida a los granos; y debe estar libre de todo material orgánico.

El agregado se clasifica en: grueso, fino, polvo mineral y llenante.

I.- El agregado grueso es la fracción del agregado que queda retenida en el cedazo n°8 y no debe tener más de 5%, de su peso de trozos alargados o planos, el porcentaje de desgaste (Ensayo de los Ángeles), no debe ser mayor de 50%.

II.- El agregado fino es la fracción que pasa el cedazo n°8 y queda retenido en el cedazo n°200. Debe estar constituido por arena o residuos de grava, en forma de granos limpios y duros.

III.- El polvo mineral es la fracción del agregado que pasa el cedazo n°200.

IV.- El agregado llenante debe estar constituido por polvillo calcáreo o cemento Pórtland, o cualquier otro polvillo, no plástico.

---

<sup>7</sup> GLOSARIO ESPECIALIZADO DE TERMINOLOGÍA ASFÁLTICA

**Granulometría del Agregado en el momento de ser mezclado:** <sup>8</sup>

% en peso, de material que pasa por los cedazos.

<i>Cedazo</i>	<i>Tipo BAC-1</i>
1-1/2"	
1"	100
1/2"	72-100
3/8"	60-94
4"	49-79
8"	38-63
30"	18-40
50"	10-30
100"	6-21
200"	2-12

Cribado del material.



---

<sup>8</sup> INVENTARIO NACIONAL DE BANCOS DE MATERIALES

## 2.4.2.-MEZCLAS ASFÁLTICAS

- **Material asfáltico.** Puede ser cemento asfáltico (AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20, AC-30 y AC-40. los AC-5 normalmente son emulsiones.
- **Emulsión asfáltica.** Aniónicas (-), catiónicas (+) y de rompimiento rápido, medio y lento.

### DEFINICION DE ASFALTO<sup>9</sup>

“Sustancia negra, pegajosa, sólida o semisólida según la temperatura ambiente; a la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad, es un material termoplástico. Se utiliza para revestir carreteras, impermeabilizar estructuras, depósitos, techos o tejados y en la fabricación de baldosas, pisos y tejas. No se debe confundir con el alquitrán, que es también una sustancia negra, pero derivada del carbón, la madera y otras sustancias”.

Anteriormente los cementos asfálticos se clasificaban por su dureza en:

CA-0 para climas fríos.

CA-6 para climas templados.

CA-10 para climas cálidos.

### Regionalización de los productos asfálticos.

El asfalto es un material bituminoso, sólido o semisólido con propiedades aglutinantes y que se licua gradualmente al calentarse, se obtiene de la destilación del petróleo. En México este tipo de producto se emplea para la construcción de carpetas desde aproximadamente 1920; anteriormente se le clasificaba de acuerdo a su dureza, siendo el cemento asfáltico más usado el que tenía una dureza media (CA-6). Con la entrada de México al TLC se tuvieron que adecuar las normas Mexicanas a las de la ACTM y a las especificaciones del SEP (Programa Estratégico de investigación de Carreteras.) de la ASTM (American Standard Test Materials.) de ese tiempo a la fecha, los materiales asfálticos se clasifican de acuerdo a la viscosidad que presentan. A continuación se anotarán las recomendaciones generales para cada uno de los productos asfálticos con la finalidad de darles un mejor uso

---

<sup>9</sup> GLOSARIO ESPECIALIZADO DE TERMINOLOGÍA ASFÁLTICA

ASFALTO	REGION RECOMENDADA
AC-5	Sirve para elaborar emulsiones y concretos asfálticos que se utilicen en la zona de la sierra madre occidental, en Durango o Chihuahua, y en algunas regiones altas de los estados de México, Morelos y Puebla.
AC-10	Se recomienda para la región central y el altiplano de la república mexicana.
AC-20	Para el sureste de la república y las regiones costeras del golfo y el pacífico, pasando por Sinaloa e inclusive hasta Baja California.
AC-30	Norte y noreste del país, excluido el estado de Tamaulipas.

Esta distribución se basa en condiciones climáticas y no incluye otras variables importantes como el tipo de agregado pétreo, la intensidad del tránsito y otros factores como el NAF. Por lo que para realizar un concreto asfáltico de calidad deberán tomarse en cuenta las siguientes características: a) enviar pétreos sanos, limpios y bien graduados, b) utilizar procedimientos constructivos adecuados y c) aplicar las temperaturas recomendadas. En algunas ocasiones será necesario adicionar algún aditivo.

### **Aplicación de los productos asfálticos.<sup>10</sup>**

Cemento asfáltico o emulsión.	Trabajos recomendados en forma general.
AC-5, AC-10, AC-20, y AC-30 (solos o modificados)	Para realizar concretos asfálticos en las regiones señaladas y sobre todo en carreteras de alta circulación con alta intensidad de tránsito y con un elevado número de carga por eje.

---

<sup>10</sup> GLOSARIO ESPECIALIZADO DE TERMINOLOGÍA ASFÁLTICA

## **2.5.-CAMPO DE APLICACION**

### **De la mezcla en frío.**

Son ideales para la pavimentación urbana de arterias que serán sometidas a un bajo volumen de tránsito y en donde ese tránsito será casi exclusivamente de automóviles.

Por ser elaboradas en frío, generalmente en plantas especiales, requieren de un bajo consumo de energía para su obtención.

Resultan económicas en aquellos lugares en donde no se justifica económicamente la instalación de una planta para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente.

Si se elaboran siguiendo algunos parámetros básicos pueden ser almacenables por días e incluso semanas.

Se recomienda su puesta en obra a temperaturas no inferiores a los 20 °C ni superiores a los 40 °C. Este es el motivo por el que se recomienda su utilización en el periodo comprendido entre los meses de septiembre y marzo y el extenderla solo por la mañana durante los meses de enero y febrero.

### **De la mezcla en caliente.**

Estas son para carreteras de tránsito más elevado y pesado, y para aplicarse en grandes extensiones de terreno por su fácil aplicación. Se recomienda no utilizarse en superficies blandas ya que tiende a deformarse rápidamente.

También se recomienda en donde la cantidad de la obra sea elevada para bajar los costos de producción. Y se puede colocar a la temperatura ambiente tratando de evitar ponerlo en la temporada de lluvia.

## **2.6.-PUESTA EN OBRA**

### **De las dos mezclas es muy parecido.**

Previo al extendido de la mezcla debe efectuarse sobre la base un riego de liga sobre el que se hará un graneado, con la propia mezcla, para evitar que el riego se levante con el paso de las maquinarias.

### Ejemplificación del riego y granceado del asfalto



El extendido se realiza con terminadoras de las comúnmente utilizadas para la pavimentación con mezclas en caliente pero, obviamente, con la plancha sin calentar cuando es para la mezcla en frío.

### Volcado de la mezcla a la terminadora.



En experiencias realizadas por el LEMaC se han podido observar que fueron necesarios 7 cm de espesor de terminadora para obtener 4 cm de mezcla compactada.

Se recomienda como un paso siguiente la resolución manual de imperfecciones y el acomodado del material sobre los cordones cunetas, si estos existiesen, previos a la compactación.

La compactación inicial se realiza con rodillo neumático de 8 tn. Se ha podido determinar que para un espesor de 4cm son necesarias al menos 50 pasadas de neumático como para lograr la compactación buscada para la mezcla en frío y para la caliente se necesita pasar rodillos lisos o aplanadoras que dan una mejor compactación en este tipo de mezcla asfáltica.

### **Compactación con rodillo neumático.**

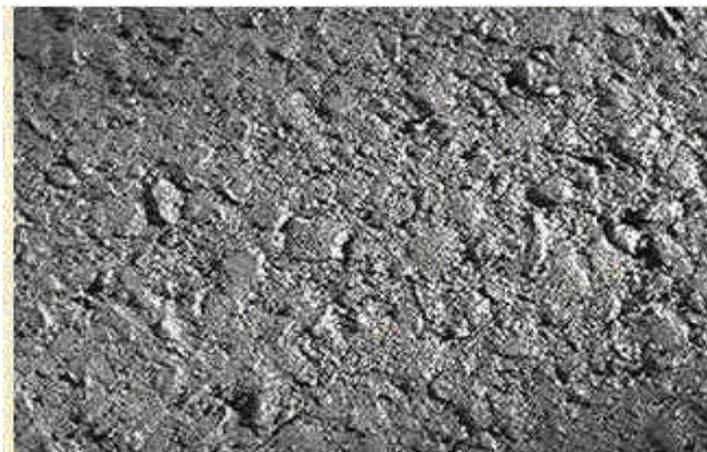


En caso de utilizarse materiales, espesores o granulometrías sensiblemente diferentes a las del ejemplo se recomienda la elaboración de un compactograma para poder determinar de manera más acabada el número de pasadas mínimo conveniente.

Luego del paso del rodillo neumático la superficie queda levemente irregular. El acabado se puede mejorar con algunas pasadas de un rodillo liso de 8 tn.

El tiempo mínimo de curado antes de la apertura al tránsito es de 15 días para la mezcla en frío y en caliente se necesita algunas horas solamente.

### **Textura del pavimento terminado.**



## CONTROLES POSTERIORES

Se tomo muestra de la mezcla utilizada en obra y se confeccionaron con estas, en laboratorio, las probetas correspondientes, siguiendo el método Marshall Modificado ya citado. Los valores obtenidos fueron los siguientes.

Estabilidad promedio (kg) 425

Densidad Marshall prom. ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) 2,298

Fluencia promedio (mm) 2,5

Densidad Rice ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) 2,509

Vacíos promedios (%) 9,16

Para evaluar la puesta en obra de esta mezcla se realizo a 28 días de extendida la extracción de testigos. Estos presentaron una densidad promedio de  $2,265 \text{ gr}/\text{cm}^3$  que representa un 98,6 % de la densidad lograda en laboratorio y que es superior al 95%, valor mínimo exigido para la aceptación de los mismos.



Durante todo el proceso de puesta en obra es recomendable el control de la temperatura ambiente y de la humedad relativa.

### **CAPITULO III.-PRINCIPALES FALLAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE**

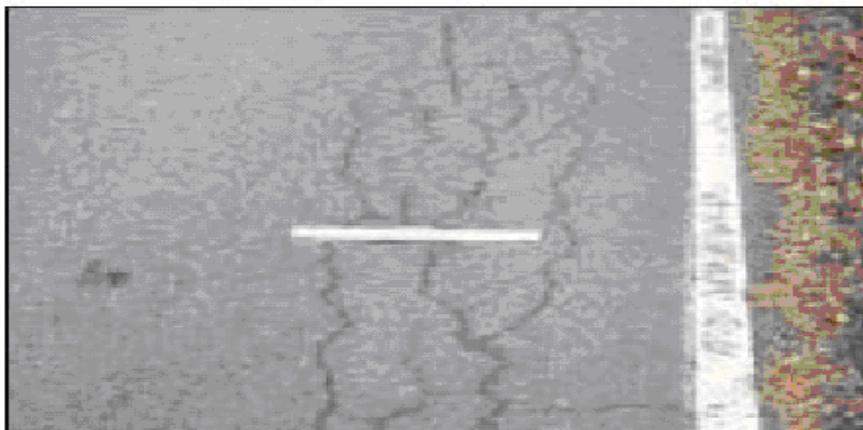
#### **GRIETAS POR FATIGA.**



**Cocodrileado o tela de gallinero**

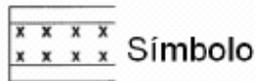
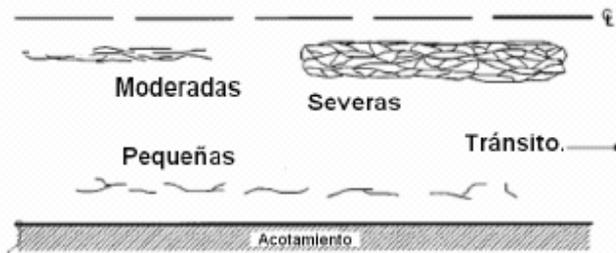


**Grietas por fatiga**





**Grietas severas, profundas e interconectadas.**



**Representación gráfica.**

CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Falla Estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Incremento en el espesor de la carpeta,</li> <li>◆ Reconstrucción agregando el fresado de la carpeta vieja a la nueva base.</li> <li>◆ Reconstrucción total.</li> </ul>

### **GRIETAS EN BLOQUE.**

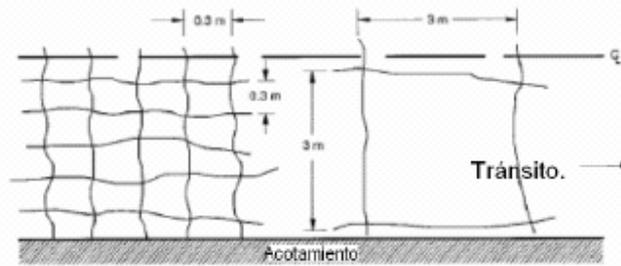


**Grietas en bloque y por fatiga en la rodada.**

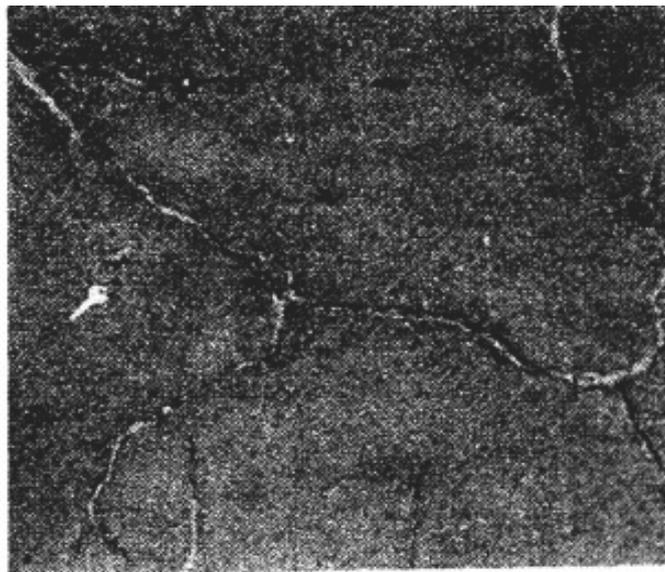
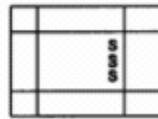


**Grietas severas en bloque en toda la superficie.**

**Representación gráfica**



Simbolo



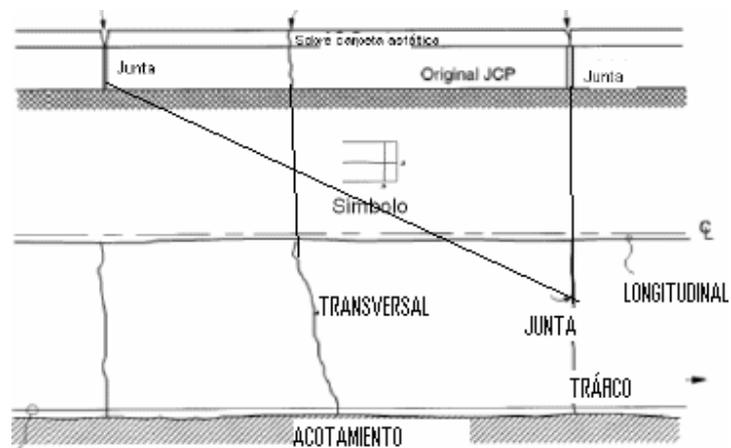
**Falla en bloque**

CAUSA PROBLABLE	REHABILITACION
Composición de la mezcla asfáltica.	Fresado de la superficie
Cambios de temperatura o humedad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Tratamiento Superficial.</li> <li>◆ Sobre carpeta, incrementando su espesor.</li> </ul>

**GRIETAS POR REFLEJO DE JUNTAS DE CONCRETO.**



**REPRESENTACIÓN GRÁFICA.**



CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Cambios de la temperatura o humedad.	Fracturación del concreto viejo y sobre carpeta

### **GRIETAS TRANSVERSALES**



**Pequeña.**

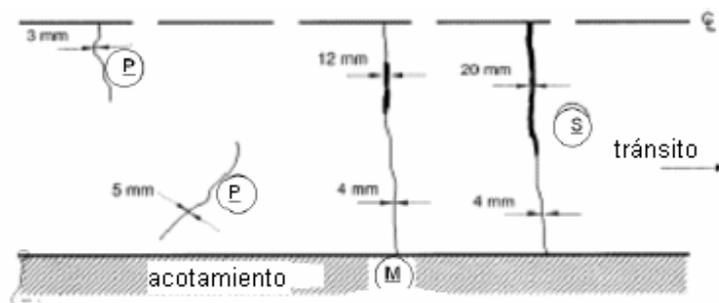


**Mediana.**



**Severa.**

**Representación gráfica**



CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Construcción	Fresado y nueva carpeta

### FALLAS EN PARCHES



**Pequeña.**

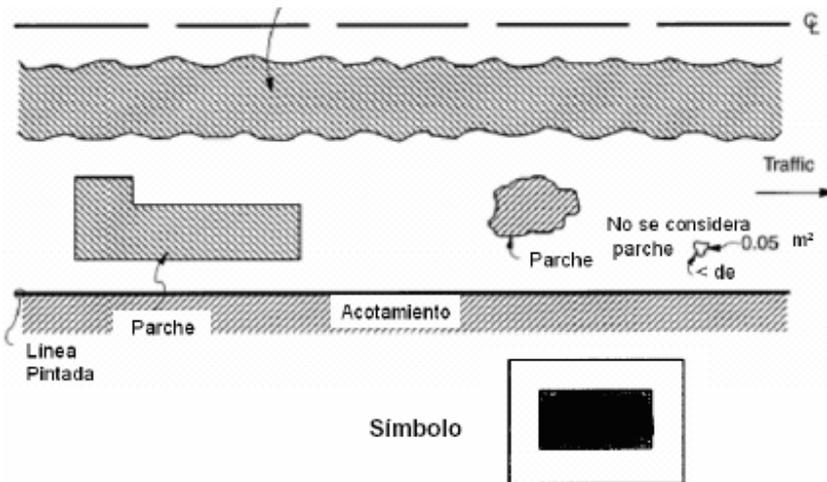


**Moderada.**



Severa.

Representación gráfica.



CAUSA PROBABLE	REHABILITACION
Falla estructural	Reconstrucción
Composición de la mezcla	Fresado
Construcción	Fresado y hacer nuevo

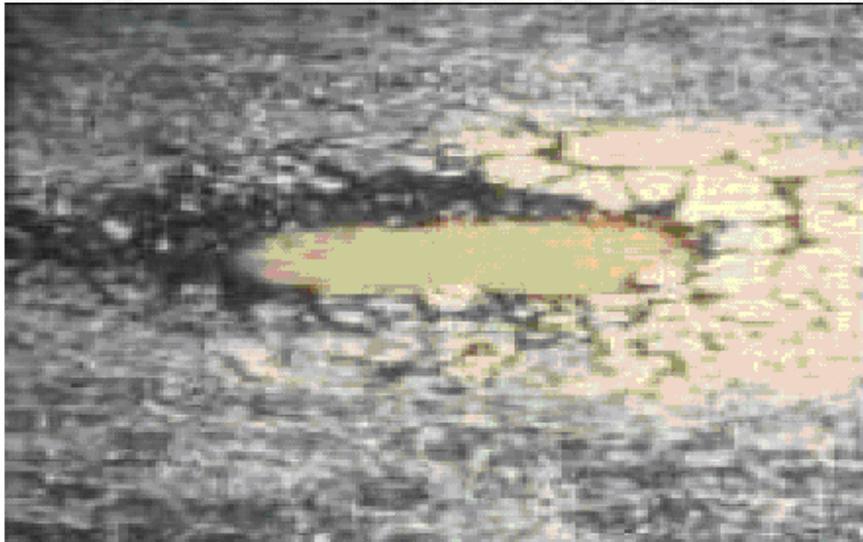
### **BACHES**



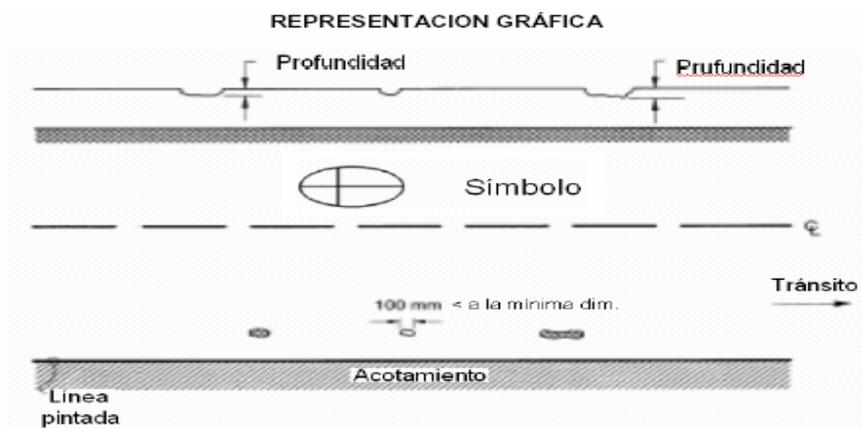
**Pequeño < 25mm de profundidad**



**Moderado de 25mm a 50mm de profundidad.**



**Severo > a 50mm de profundidad.**



CAUSA PROBABLE	REHABILITACION
Todas las anteriores	Rellenarlo, compactándolo.

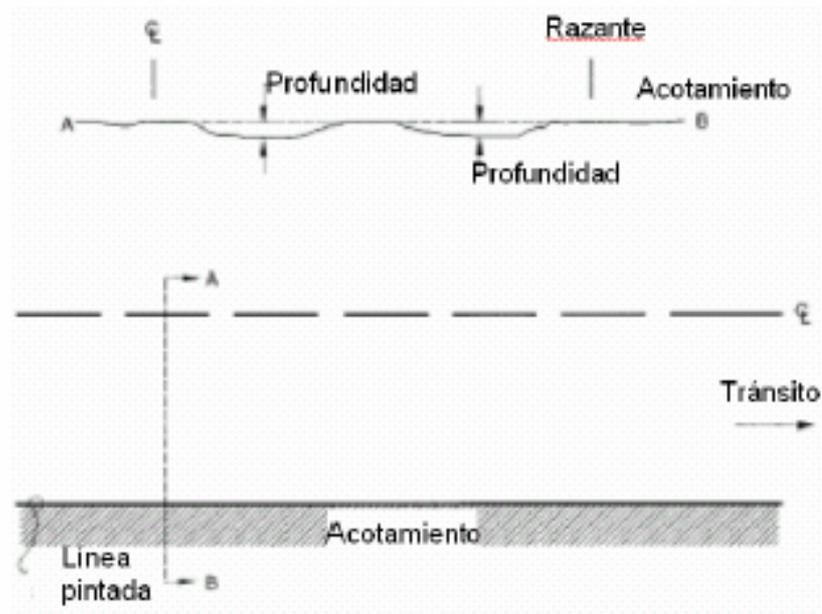
### **RODAS ACANALADAS**



### **ALMACENAMIENTO DE AGUA EN LOS CANALES**

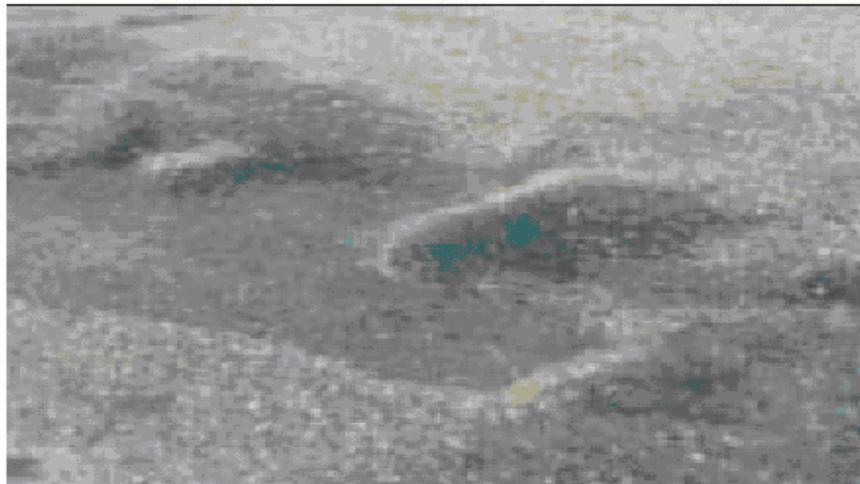


REPRESENTACIÓN GRÁFICA

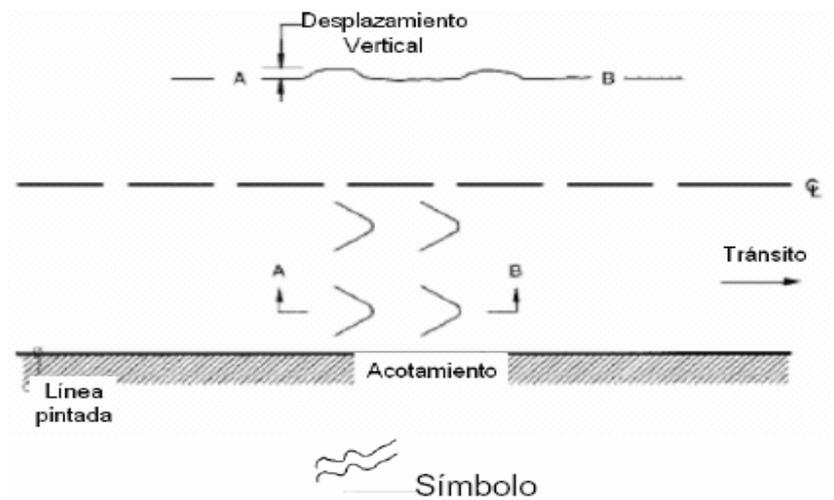


CAUSA PROBABLE	REHABILITACION
Composición de la mezcla asfáltica	Fresado de la superficie
Cambios de la temperatura o humedad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Tratamiento superficial.</li> <li>◆ Sobre carpeta, incrementando su espesor.</li> </ul>

**Pavimento ondulado.**

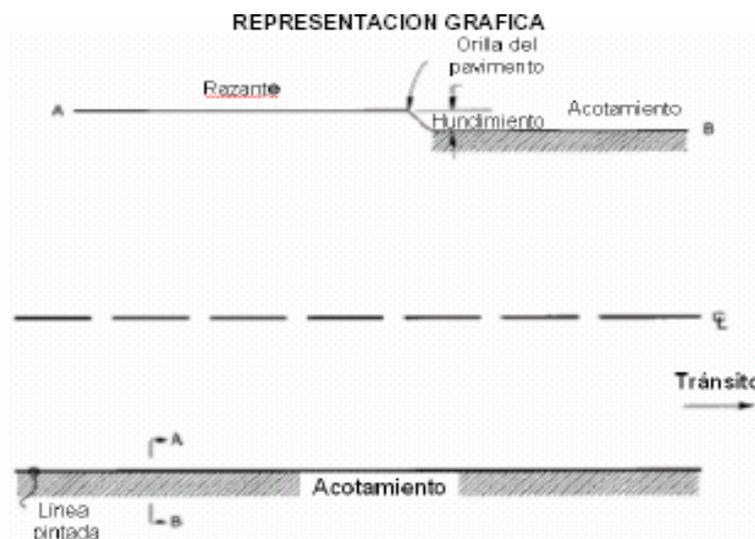
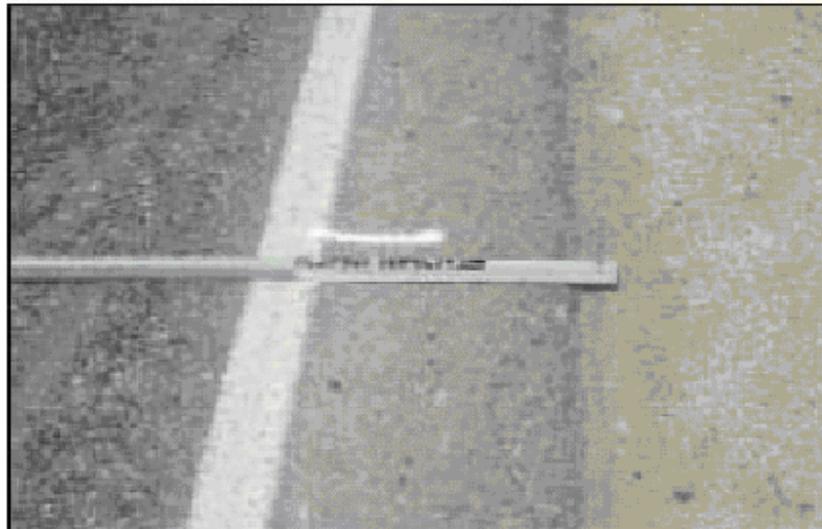


**Representación gráfica.**



CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Composición de la mezcla asfáltica.	Fresado superficial
Construcción.	Incremento en el espesor de la carpeta.
Estructural.	Fresado total.

**Hundimiento de acotamiento.**

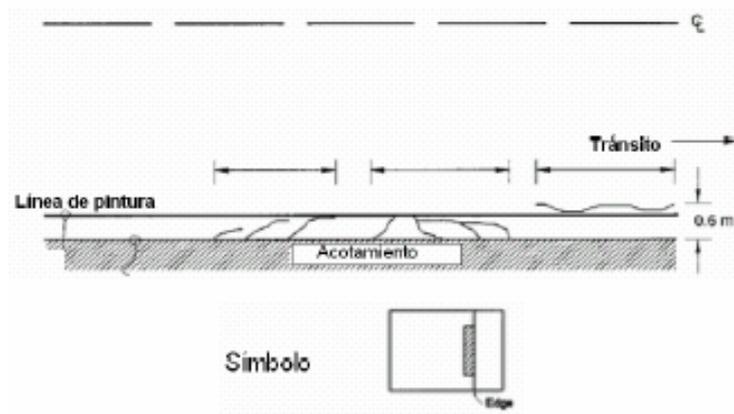


CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Falla estructural.	Fresado total.
Construcción.	Reconstrucción.

**Grietas a la orilla del pavimento.**



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

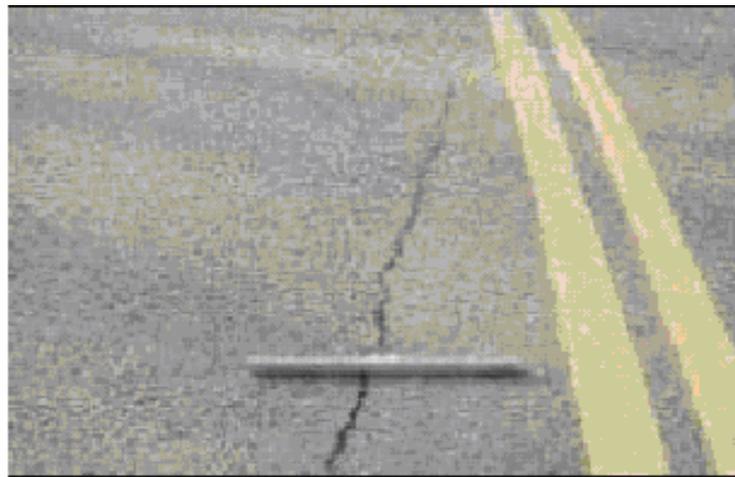


CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Falla estructural.	Fresado total.
Construcción.	Reconstrucción.

**Falla longitudinal.**



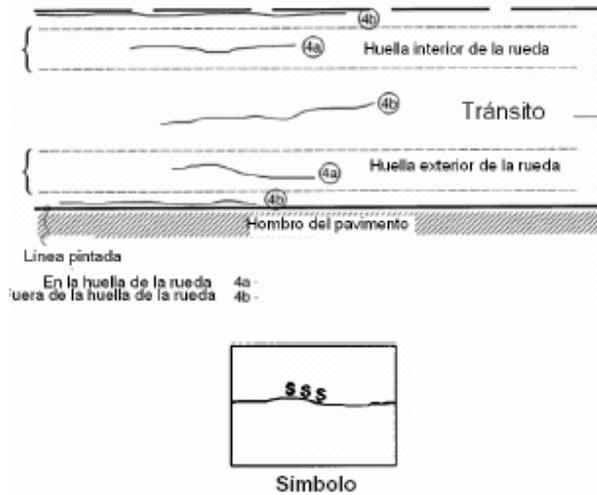
**En la huella exterior de la rueda.**



**En la huella interna de la llanta.**

**Fallas longitudinales.**

**Representación gráfica.**



CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Falla estructural.	Fresado total.
Construcción.	Reconstrucción.

### Oxidado de la superficie y perdidas de arena



CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Composición de la mezcla.	Sobre carpeta.
Cambio en la temperatura o humedad.	Reconstrucción.

### Llorado de asfalto.



**Llorado de asfalto.**



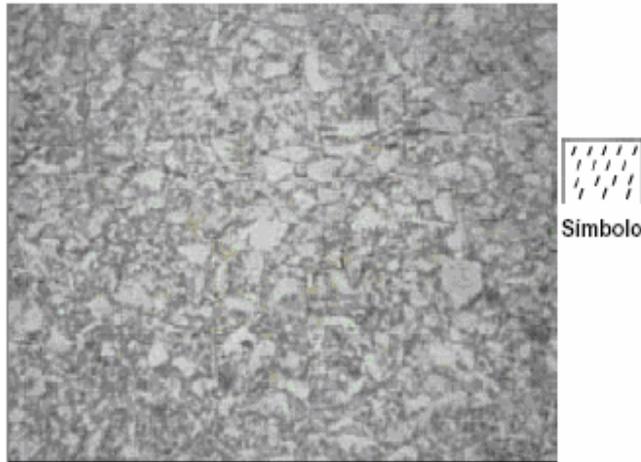
 Símbolo

<b>CAUSA PROBABLE</b>	<b>REHABILITACIÓN</b>
Composición de la mezcla.	Fresado de la carpeta.
Construcción.	Reconstrucción.

**Superficie pulida.**



REHABILITACIÓN DEL TRAMO KM 18+000 AL KM 28+220 DE LA CARRETERA  
TLALNEPANTLA VILLA DEL CARBON

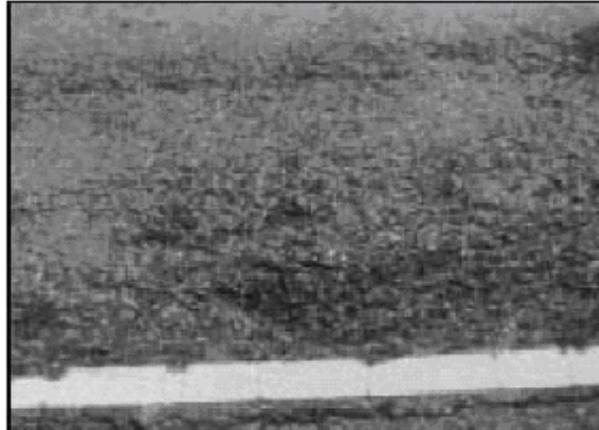


CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Composición de la mezcla.	Fresado y tratamiento superficial.
Construcción.	Sobre carpeta.

**Perdida del agregado medio.**

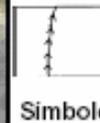


**Perdida del agregado grueso.**

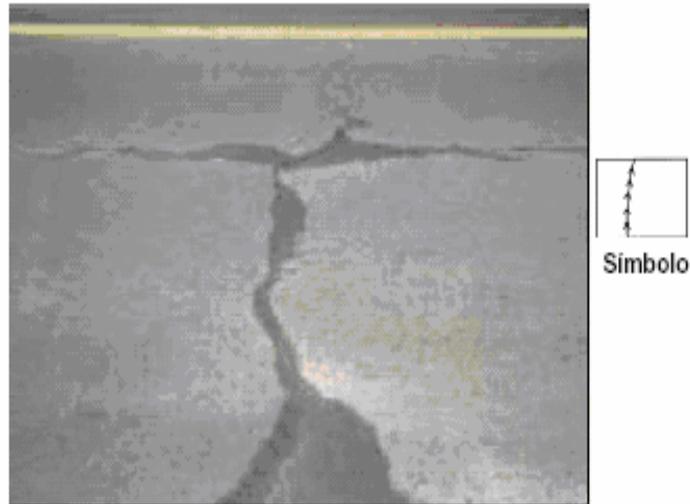


CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Composición de la mezcla.	Fresado y tratamiento superficial.
Construcción.	Sobre carpeta.

**Salida de agua sobre la carpeta.**



**Salida de agua sobre la superficie dejando rastro de arcilla.**



CAUSA PROBABLE	REHABILITACIÓN
Cambio en la temperatura.	Fracturación superficial y sobre carpeta.
Construcción.	Reconstrucción.
Estructural.	Fresado total.



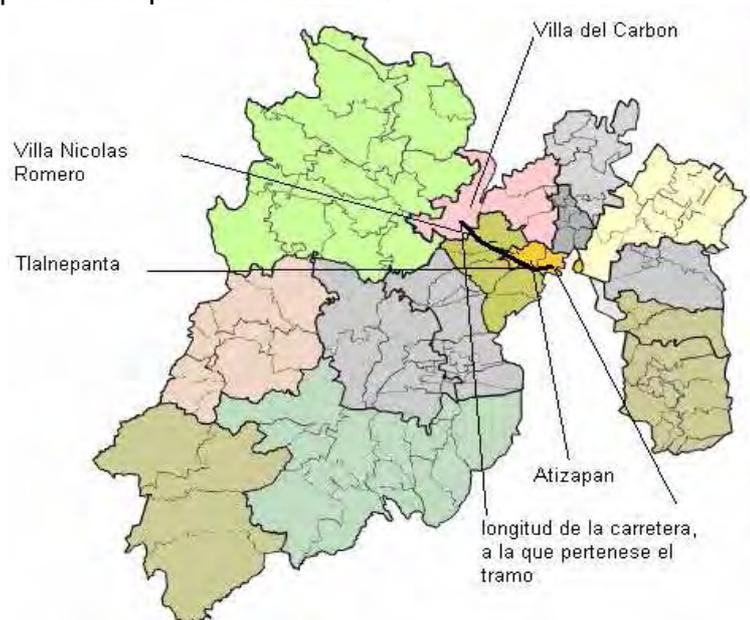
## CAPITULO IV.- DIAGNOSTICO DE LA CARPETA ASFÀLTICA

### 4.1.-MAPAS DE LOCALIZACIÓN DEL TRAMO.

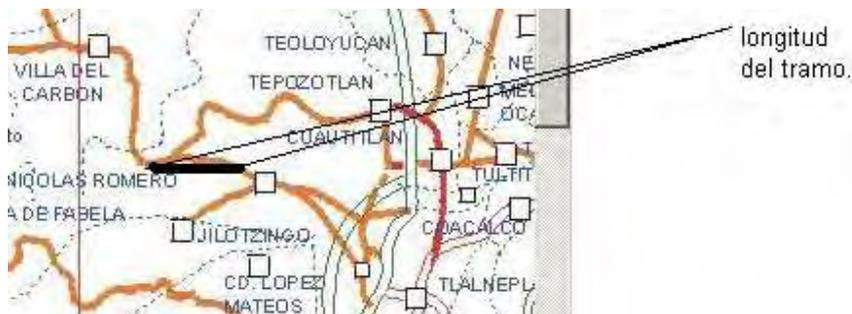


El tramo carretero se encuentra ubicado en el municipio de Villa Nicolás Romero. Perteneciente al Estado de México. Pero la carretera va desde Tlalnepantla a Villa del Carbón.

Municipios por donde pasa la carretera.



Aquí vemos aprox., donde se localiza el tramo en estudio.



#### **4.1.1.- JUSTIFICACION TÉCNICA DE LA REHABILITACIÓN.**

Como se explica en el siguiente apartado, las condiciones de la carpeta asfáltica son muy malas, lo que impide circular con facilidad a los vehículos y esto ocasiona en las horas de mayor tránsito mucho tráfico, principalmente en la zona urbana por donde pasa la carretera.

Esta es la principal razón por la que se decidió realizar la rehabilitación de la carretera, y también por la gran carga vehicular que ha estado aumentando en los últimos años.

#### **4.1.2.- CONDICIONES ACTUALES DE LA CARPETA (POR SECCIONES).**

##### **Condiciones actuales:**

Subtramo km. 18 + 000 a km. 19 + 860 aproximadamente, este tramo presenta actualmente algunas zonas de baches.

Del km. 19 + 860 al km. 24 + 360 aproximadamente, presenta deformaciones longitudinales y transversales, zonas de baches, agrietamientos en forma de piel de cocodrilo y zona de agrietamientos tanto longitudinales como transversales.

#### **EJEMPLO DEL ESTADO ANTERIOR DEL TRAMO.**



Del km. 24 + 360 al km. 28 + 220 aproximadamente, presenta zonas de baches, agrietamiento en forma de piel de cocodrilo, zonas de agrietamiento longitudinales y transversales.

#### **EJEMPLO DEL ESTADO ANTERIOR DEL TRAMO.**



Por lo que en el siguiente capítulo veremos la rehabilitación que se necesite.

#### **4.2.- PRINCIPALES CAUSAS DE FALLAS EN PAVIMENTOS<sup>11</sup>**

En pruebas de campo realizadas en pavimentos ya construidos y que no cumplieron con la capacidad del valor soporte, se deterioraron, se clasifican como un mal pavimento.

Son varias las causas que ocasionaron las fallas; como se explican a continuación:

---

<sup>11</sup> MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DEL DETERIORO DE LOS PAVIMENTO

#### **4.2.1.- Mala calidad de la mezcla y/o materiales (concreto asfáltico).**

Como ya se ha mencionado anteriormente, los materiales que se necesitan para realizar una mezcla asfáltica son los siguientes:

**Materiales pétreos:** que son principalmente arena y grava, estos deben estar dentro del rango de granulometría indicado para evitar tener material muy grande o con exceso de finos lo que alteraría a la mezcla.

También, es importante que el material pétreo tenga una resistencia adecuada a la carga que se pretenda que el pavimento resista, para evitar que el pavimento falle por esta causa.

**Mezclas asfálticas<sup>12</sup>:** Estas pueden ser cemento asfáltico o emulsiones; la importancia de estar radica principalmente en la cohesión que necesita tener el material pétreo, que se debe a la cementación que proporciona según la cantidad de mezcla asfáltica usada y a la calidad que debe de tener esta. Y en mantener impermeabilizada la carpeta asfáltica para evitar que el agua la fracture o erosione; tanto a la carpeta como a la estructura total del pavimento.

La mala calidad de la mezcla también viene a razón de un mal mezclado, ya que en la práctica es muy difícil alcanzar la resistencia especificada en el proyecto; porque se requiere de un personal con mucha experiencia en todas las etapas de la construcción, en este tipo de obras y una supervisión directa. Estos trabajos entran en una categoría de “arte”.

La mezcla en el lugar, tiene menos probabilidades de éxito que una mezcla en planta, ya que no puede asegurarse que la mezcla sea uniforme, no importan las pruebas que se tomen. Esto también se aplica, a los materiales estabilizados con cemento o cal o con asfalto mezclado en el lugar. En este tipo de mezclas, durante su elaboración, se produce degradación, aumentan los finos, con ello se altera la curva granulométrica de diseño y es propensa a que se clasifique el material produciendo un tendido de granulometría heterogéneo.

Las bases elaboradas con material pétreo y emulsiones asfálticas también requieren de un “arte” en la construcción. La compactación debe hacerse, cuando el agua de la emulsión se haya evaporado de la mezcla, si la compactación se anticipa, el agua puede quedar encapsulada en el estrato, dificultando alcanzar la resistencia de proyecto y posteriormente cuando se libera el agua, puede ocasionar grietas en la superficie. Si la compactación se atrasa, la densidad del estrato varía, es difícil de lograr saber exactamente cuando iniciar la compactación, para lograr los valores de proyecto. Actualmente, las posibilidades de éxito y rapidez en la construcción de pavimentos elaborados con emulsiones, es mayor en los elaborados en planta y en caliente.

---

<sup>12</sup> MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DEL DETERIORO DE LOS PAVIMENTO

En la pruebas de campo efectuadas por la ASSHO en concretos asfálticos y bases cementadas, la resistencia de estas base está dada por la cementación, por lo cual, los materiales no cementado, deberán compactarse hasta alcanzar altas densidades para obtener resistencias mayores.

#### **4.2.2.- Mala selección de los espesores**

Esto consiste, en que no se toma en cuenta, o no se le da mucha importancia al espesor tanto de la base, la subbase y la carpeta; lo que da como consecuencia fallas estructurales por demasiada carga a la que son sometidas y para las cuales no fueron diseñadas.

Esta mala selección de espesores, obedece a varios factores; como son un mal diseño de la carpeta, cambios en las cargas de diseño, alteraciones en la puesta de la carpeta, un mal proceso constructivo, etc.

El espesor de los pavimentos de tipo flexible se puede determinar empleando diferentes métodos, sin embargo, en México se fija según el valor relativo de soporte modificado (V.R.S.) del suelo que forma las terracerías ya compactadas al mínimo especificado.

Para fijar este mínimo de compactación es necesario que las terracerías se estudien con mucho cuidado mediante la *Razón de compactación* a fin de que en el campo se de un peso volumétrico seco adecuado.

Se aconseja el método de la *Razón de compactación* porque el permite calificar con bastante preescisión el grado de compactación de una estructura de suelo y establecer concretamente los requisitos que deben cumplir los terraplenes, sub-bases y bases para comportarse con eficacia.

Es necesario recordar que algunos materiales en especial las arcillas expansivas, si se les compacta en forma excesiva presentan cambios volumétricos mayores, y además, con el tiempo, pierden algo de su alta compactación

#### **Los espesores equivalentes<sup>13</sup>**

Los espesores equivalentes, son valores para relacionar los estratos o capas que constituyen el espesor total de un pavimento flexible. La unidad en la tabla de espesores equivalentes, representa el valor soporte obtenido con un material de trituración total de alta densidad, graduado de grueso a fino, dentro de la curva granulométrica optima.

---

<sup>13</sup> CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

La AASHO, hizo 1'100,000 pruebas de campo sobre caminos de diferentes tipos y procesos de construcción y obtuvo una relación de espesores tomando en cuenta el valor relativo soporte y le llamó espesores equivalente.

La teoría de estratos o capas de Burmister, señala que la resistencia al esfuerzo aplicado a un estrato (además de otros), está en función y en razón directa del valor del su módulo de elasticidad y del módulo de elasticidad de la capa superior donde se aplica la carga. Una base con el módulo de elasticidad elevado, distribuirá mejor la carga a la capa inferior, que una con un módulo menor.

Si la capa inferior es suave o su valor soporte es muy bajo, será difícil obtener altas densidades y altas resistencias, en las capas superiores.

**TABLA DE ESPESORES EQUIVALENTES.<sup>14</sup>**

<b>CARPETA (CARPETA SOBRE CARPETA RENIVELACIONES)</b>	<b>ESPESORES EQUIVALENTES</b>
Mezcla en caliente, materiales triturados graduados	3.00
Mezcla en caliente, materiales graduados	2.75
Mezcla en caliente, arena graduada	2.50
Mezcla fría, planta sobre camino	1.25
Carpeta de riego	1.00

<b>BASE</b>	<b>ESPESOR EQUIVALENTE</b>
Mezcla en caliente, materiales triturados graduados	2.50
Mezcla en caliente, materiales graduados	2.25
Mezcla en caliente, arena graduada	2.00
Mezcla fría, con emulsión asfáltica y material triturado	1.25
Mezcla fría, planta o en camino	0.75
Macadam	0.75
Concreto hidráulico	3.00
Estabilizada Cemento 650 psi	1.50
Estabilizada Cemento 400-650 psi	1.25
Estabilizada Cemento <400 psi	1.00
Suelo cemento	0.75
Estabilizada cal en planta	1.00
Estabilizada cal planta camino	0.75
Material triturado alta densidad	1.00
Macadam compuesto seco/húmedo	0.75
Material triturado parcial	0.75
Grava	0.50

<sup>14</sup> CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

<b>SUB BASE</b>	<b>ESPESOR EQUIVALENTE</b>
Material triturado parcial	0.75
Grava	0.50
Arena	0.40

En esta tabla el concreto asfáltico, tiene un valor de 2.50 esto nos indica que por cada unidad en el espesor de esta carpeta, equivale a 2.5 unidades de una base elaborada con material triturado. Ejemplo.- Si colocamos una sobre carpeta de 8 cm. en un pavimento, es como si colocaremos una base de 20 cm. de material triturado.

La resistencia real en las carpetas y base asfálticas, varía de acuerdo a un sin fin de factores que intervienen, y son los responsables de esta variación en la tabla de espesores equivalentes. A continuación, señalaremos los más importantes.

- ◆ Los agregados triturados, dan mayor resistencia que los no triturados. Las mezclas que contengan mayor cantidad de agregado pétreo grueso, tienen mayor resistencia de las elaboradas con material fino.
  
- ◆ Las mezclas de alta densidad, tienen mayor resistencia que las mezclas de graduación abierta.
  
- ◆ La mezcla elaborada con sistemas de control en la graduación de los agregados, es de mejor calidad y más confiable que la mezcla elaborada con un solo material, procedente de un banco de material. La resistencia de la carpeta, o base elaborada con mezcla asfáltica está en función de la granulometría y la forma angular del material pétreo.
  
- ◆ La mezcla elaborada con emulsión asfáltica, es de menor calidad y confianza que la mezcla elaborada en planta, en caliente y con cemento asfáltico.

#### **4.2.3.-Malos procesos constructivos<sup>15</sup>**

Estos pueden fallar de dos formas principalmente:

I.- Que se realice o lleve acabo un proceso constructivo que no es el adecuado para las condiciones tanto climáticas como del tipo de terreno y material que existan en el lugar; lo que hace la construcción y colocación del pavimento más difícil.

Si no se toma en cuenta el clima del lugar; la precipitación media anual, la humedad relativa, entre otras, se pueden presentar diferentes fallas en el pavimento que afectan directamente a la estructura del mismo y es posible que se tenga que reencarpetar por completo.

II.- La mala ejecución de proceso constructivo, es la principal causa de falla de mismo, ya que la ejecución de este necesita de un gran conocimiento de la persona encargada de la ejecución y supervisión, para poder controlar todas las etapas en que se lleva acabo la realización del pavimento asfáltico.

Aquí también entran, las variaciones climáticas que alteran las condiciones establecidas para llevar acabo el proceso, la habilidad de los trabajadores y el dominio que tengan de su función durante la puesta del pavimento y las condiciones de calidad que tengan los materiales que se van a colocar.

**Aquí podemos ver un ejemplo de colocación de la carpeta.**



---

<sup>15</sup> CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

#### **4.2.4.- Falta de condiciones propicias de drenaje.** <sup>16</sup>

##### **Obras de drenaje (superficiales y menores).**

Estas obras son importantes para el buen funcionamiento y conservación de los pavimentos flexibles ya que una de las principales causas de falla de estos, es debido a la filtración de agua a las capas inferiores y a la erosión que produce esta en la carpeta asfáltica; así como la desestabilización que produce al desgastar el terreno natural y los terraplenes que sostienen a los pavimentos.

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad.

Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- a. Dar salida al agua que se llegue a acumular en el camino.
- b. Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.
- c. Evitar que el agua provoque daños estructurales.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil, facilidad de acceso y tránsito del camino.

##### **Tipos de drenaje:**

Para llevar a cabo lo anteriormente citado, se utiliza el drenaje superficial y el drenaje subterráneo.

**Drenaje superficial.-** Se construye sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo.

En el drenaje superficial encontramos: cunetas, contra cunetas, bombeo, lavaderos, zampeados, y el drenaje transversal.

**Cunetas.-** Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos.

Existen diversas formas para construir las cunetas, en la actualidad las más comunes son triangulares.

Se evita dar una gran longitud a las cunetas, mediante el uso de obras de alivio.

---

<sup>16</sup> \*MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DEL DETERIORO DE LOS PAVIMENTO

En algunos casos será necesario proteger las cunetas mediante zampeados, debido a la velocidad provocada por la pendiente.

**Contra cunetas.-** Las contra cunetas son zanjas que se construyen paralelamente al camino, de forma trapecial comúnmente, con plantilla de 50 cms y taludes adecuados a la naturaleza del terreno.

La función de las contra cunetas es prevenir que llegue al camino un exceso de agua o humedad, aunque la practica ha demostrado que en muchos casos no es conveniente usarlas, debido a que como se construyen en la parte aguas arriba de los taludes, provocan reblandecimientos y derrumbes.

Si son necesarias, deberá, estudiarse muy bien la naturaleza geológica del lugar donde se van a construir, alejándolas lo mas posible de los taludes y zampéandolas en algunos casos para evitar filtraciones.

**Bombeo.-** Es la inclinación que se da a ambos lados del camino, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión.

El bombeo depende del camino y tipo de superficie, se mide su inclinación en porcentaje y es usual un 2 a 4 por ciento en caminos revestidos.

**Zampeado.-** Es una protección a la superficie de rodamiento o cunetas, contra la erosión donde se presentan fuertes pendientes. Se realiza con piedra, concreto ciclópeo o concreto simple.

**Lavaderos.-** Son pequeños encauzamientos a través de cubiertas de concreto, lamina, piedra con mortero o piedra acomodada que se colocan en las salidas de las alcantarillas o terrenos erosionables, eliminando los daños que originaria la velocidad del agua.

**Drenaje transversal.-** Su finalidad es permitir el paso transversal del agua sobre un camino, sin obstaculizar el paso.

En este tipo de drenajes, algunas veces será necesario construir grandes obras u obras pequeñas denominadas obras de drenaje mayor y obras de drenaje menor, respectivamente.

**Las obras de drenaje mayor** requieren de conocimientos y estudios especiales, entre ellas podemos mencionar los **puentes, puentes –vado y bóvedas.**

Aunque los estudios estructurales de estas obras son diferentes para cada una, la primera etapa de selección e integración de datos preliminares es común.

Así con la comparación de varios lugares del mismo río o arroyo elegiremos el lugar mas indicado basándonos en el ancho y altura del cruce, de preferencia que no se encuentre en lugares donde la corriente tiene deflexiones y aprovechando las mejores características geológicas y de altura donde vamos descendiendo o ascendiendo con el trazo.

**Las bóvedas** de medio punto construidas con mampostería son adecuadas cuando requerimos salvar un claro con una altura grande de la rasante al piso del río.

**Los vados** son estructuras muy pegadas al terreno natural, generalmente losas a piso, tienen ventajas en cauces amplios con tirantes pequeños y régimen torrencial por corto tiempo. La construcción de vados es económica y accesibles a los cambios rurales por el aprovechamiento de los recursos del lugar, ya que pueden ser construidos de mampostería, concreto simple, ciclópeo y hasta de lamina. Su diseño debe evitar que se provoque erosión aguas arriba y aguas abajo, además de evitar que se provoque régimen turbulento que también es causa de socavación.

**El puente – vado**, es una estructura en forma de puente y con características de vado, que permite el paso del agua a través de claros inferiores en niveles ordinarios, y por la parte superior cuando se presentan avenidas con aguas máximas extraordinarias.

La altura de la obra debe permitir que cuando se presenten avenidas en aguas máximas extraordinarias los árboles u objetos arrastrados no dañen la estructura.

**Los puentes** son estructuras de más de seis metros de claro, se distingue de las alcantarillas por el colchón que estas llevan en la parte superior.

La estructura de un puente esta formada por la infraestructura, la subestructura y la superestructura.

La infraestructura se manifiesta en zapatas de concreto o mampostería, cilindros de cimentación y pilotes. La subestructura forma parte de un puente a través de pilas centrales, estribos, columnas metálicas sobre pedestales de concreto, caballetes de madera, etc. la superestructura integra la parte superior de un puente por medio de través de concreto o metálicas, vigas y pisos de madera, losas de concreto, nervaduras armadas de fierro, madera, cable, etc.

#### **Obras de drenaje menor:**

**Las alcantarillas** son estructuras transversales al camino que permiten el cruce del agua y están protegidas por una capa de material en la parte superior,

pueden ser de forma rectangular, cuadrada, de arco o tubular, se construyen de concreto, lamina, piedra o madera.

Para canalizar el agua se complementan con muros o aleros en la entrada y salida, podemos decir que actualmente en los caminos rurales, las mas usuales son las alcantarillas laminares.

**Drenaje subterráneo.-** el drenaje subterráneo es un gran auxiliar para eliminar humedad que inevitablemente ha llegado al camino y así evitar que provoque asentamientos o deslizamientos de material.

Son usuales los drenes ciegos que consisten en zanjas bajo las cunetas rellenas con material graduado con una base firme que evite filtraciones mas allá de donde se desea, dirigiendo el agua hacia un lugar donde se le pueda retirar de manera superficial del camino, las dimensiones varían según las características hidrológicas del lugar donde se van a construir, son funcionales en varios tipos de camino. La plantilla de estos es de 45 cm. Y de 80 a 100 cm. De profundidad, el material se gradua cuidadosamente en capas con tamaños uniformes.

También se usan con el mismo fin drenes con tubos perforados que recogen el agua de la parte inferior del camino bajo las cunetas, su construcción consiste en la apertura de una zanja para colocar un tubo de barro o concreto que canalice el agua.

El cuidado con que se coloquen los tubos, la determinación de su diámetro y resistencia, influirá en la funcionalidad y duración del dren.

El diámetro no será menor a quince centímetros con numerosas perforaciones, relleno con material adecuado para evitar taponamientos que junto con las roturas del tubo, son las principales fallas de este tipo de drenaje.

Cualquier tipo de drenaje subterráneo, debe permitir una salida fácil del agua con pendiente adecuada no menor del medio por ciento.

### **Mantenimiento de las obras de drenaje.**

El mantenimiento del drenaje en el pavimento es de vital importancia, ya que si este llegase a fallar, originaría grandes problemas en el pavimento, ocasionando fallas en el funcionamiento del camino y en la resistencia de las distintas capas que conforman la carretera.

En la tabla siguiente se toman unas consideraciones para el buen mantenimiento de las obras de drenaje:

<b>MANTENIMIENTO DEL DRENAJE CARACTERISTICAS</b>	<b>FACTORES DE EVALUACION</b>			
	Clima	Trafico	Condiciones consideradas	contraindicaciones
<p>Descripción Las siguientes actividades se realizan cómo sean necesarias para mejorar o implementar las capacidades de drenaje de un pavimento existente.</p> <p>Instale/ mantenga marcadores de referencia en donde se localizan los desagües. Despeje los detritos y vegetación de los desagües y alcantarillas. Inspeccione los tubos de desagüe con equipo de video. Desatasque el sistema de drenaje con equipo de alta presión. Limpie los areneros y reestablezca las profundidades y niveles. Restaure las pendientes por medio de fresado o nivelado de la superficie (sólo pavimento de mezcla caliente). Renivele el hombro para remover cualquier acumulación de tierras o detritos. Limpie los sistemas de drenaje cerrados, incluyendo las entradas, areneros y pozos de visita.</p>	<p>El mantenimiento de las características de drenaje no se ve limitado por las condiciones del clima o del tráfico.</p>	<p>El mantenimiento del drenaje no considera condiciones específicas del pavimento. Sin embargo, el mantenimiento periódico de las características del drenaje ayuda a prevenir el desarrollo de un deterioro más severo.</p>	<p>No existen contraindicaciones para el mantenimiento de las características del drenaje.</p>	
Restricciones del sitio.	No hay restricciones del sitio; esta actividad se realiza principalmente fuera del camino principal.			
Consideraciones de construcción.	El mantenimiento del drenaje se debe realizar de forma periódica o siempre que las condiciones lo requieran.			
Información adicional.	La manera en que esta actividad se desarrolla varía ampliamente entre las agencias de carreteras. Sin embargo, existe una probabilidad mayor de que el trabajo se complete si es una actividad programada en vez de que sea dejada al equipo de mantenimiento una vez que se hayan completado todas las demás actividades.			

## **CAPITULO V.- REHABILITACIÓN DEL TRAMO**

### **5.1.- Técnicas de selección del proceso de rehabilitación. INTRODUCCIÓN.**

El propósito de esta introducción es describir las técnicas de rehabilitación, discusión de los diversos procedimientos para se elección y definir varios términos, comúnmente empleados en ese tipo de trabajos.

Cada vez se observan mas deterioros en la superficie de las carreteras y autopistas, ya que el tránsito es superior al que se consideró para el cálculo del pavimento, además que transitan por las carreteras actualmente vehículos de mayor peso, para lo cual hay que reparar continuamente toda la red carretera de nuestro país, reparando las superficies con procedimientos modernos, efectivos y en lo posible económicos, por ello hay que encontrar una relación de la superficie y costo a fin de aplicar la técnica optima en la rehabilitación o efectuar un trabajo de mantenimiento para esperar la actualización en el diseño del camino.

### **SECCION DAÑADA DEL TRAMO.**



En los departamentos que son los responsables del mantenimiento de las carreteras, están limitados por el presupuesto asignado y por los materiales que les proporcionan las oficinas centrales como es el asfalto, y el material de sello. En algunas dependencias actualmente hay más independencia para ejercer el presupuesto asignado.

Las técnicas de rehabilitación de la superficie se utilizan para obtener los siguientes resultados

**Arreglo de la textura de la superficie:** Una superficie tersa, no únicamente se logra la comodidad del tránsito sino también hay economía en el costo de operación, reduciendo los costos de mantenimiento del vehículo, ahorro en combustible, menor tiempo utilizado en la ruta y disminución de ruido, en esto es donde la influye la textura de la superficie.

**Incremento en la seguridad:** Al construir la superficie antiderrapante y sin baches, se logra un mejor agarre de los vehículos a esta, y se facilita el frenado y la conducción.

**Aumento de la vida útil:** Al rehabilitarse mejora la impermeabilidad, dando un buen drenaje para la rápida salida del agua, se logra evitar que se formen charcos, oxidación y desgaste acelerado de la superficie.

Probablemente con la aplicación de un solo procedimiento, no se logren cumplir todas las características anteriores, pero con la aplicación de varias técnicas se logran los fines señalados.

## **7 Pasos preliminares en el proceso de ingeniería.<sup>17</sup>**

### **1.- Establecer el estado actual del pavimento:**

- ◆ Tipo de falla.
- ◆ Rugosidad de la superficie.
- ◆ Resistencia al derrape. (deslizamiento).
- ◆ Capacidad de carga.

Una vez que la ha sido detectada, hay necesidad de hacer trabajos de investigación, para identificar las causa y lo necesario para corregirlas. En este levantamiento hay que considerar las condiciones antes señaladas.

---

<sup>17</sup> MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DEL DETERIORO DE LOS PAVIMENTO

## **2.- Obtención de bases y datos para el proyecto:**

- ◆ Frecuencia y carga de los vehículos (tráfico).
- ◆ Accidentes del terreno.
- ◆ Clima.
- ◆ Materiales disponibles en la zona.
- ◆ Diseño del proyecto.

En este paso es el inicio de los datos necesarios para el proyecto y como se mencionó anteriormente, estos datos son indispensables.

## **3.- Determinar las causas de la falla:<sup>18</sup>**

- ◆ Carga que soporta la estructura.
- ◆ Tipo de materiales y su mezcla.
- ◆ El clima y sus variaciones.

Las causas de la falla se pueden determinar antes de escoger la técnica por emplear, puede haber una economía a corto plazo ó una técnica a más largo plazo. Con observar los síntomas, pueden evitarse problemas futuros: que de no escoger la técnica apropiada puede acelerarse la destrucción del pavimento. Las fallas se deben principalmente a las causas antes señaladas.

## **4.- Desarrollo de las alternativas viables.**

Fijar el desarrollo del proyecto.

- ◆ Corrección y prevención de la falla.
- ◆ Dar la resistencia al derrape.
- ◆ Aumento de la vida útil del pavimento.

---

<sup>18</sup> MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DEL DETERIORO DE LOS PAVIMENTO

Datos para el proyecto.

- ◆ Carga actual del proyecto.
- ◆ Intensidad del tránsito.
- ◆ La ejecución del proyecto, etc.

Habiendo identificado las causas del problema y desarrollo de toda la información para el proyecto; las posibles soluciones necesitan ser identificadas sobre la base de proyecto prácticos después de una correcta evaluación técnica.

La evaluación técnica debe considerar los factores como el tráfico, clima, rendimiento y ejecutor de la obra ó contratista.

La mayoría de problemas, tiene más de una solución. Por ejemplo, puede ejecutarse en un corto tiempo con bajo costo pero a la larga resultará esta técnica usada de mayor costo.

#### **5.- Rendimiento del ciclo de vida y análisis de costos.**

- ◆ Costo de la rehabilitación.
- ◆ Tiempo de la ejecución.
- ◆ Análisis en el período.
- ◆ Derrama del costo.

El siguiente paso es la selección del procedimiento y su ejecución dentro del ciclo de vida con su análisis de costo / tiempo de duración. En al análisis se deben incluir, costo en la ejecución de cada alternativa y un experimentado análisis del tiempo (vida a largo plazo del pavimento) y algunos factores como una posible derrama de estos costos en la zona beneficiada o importe de los intereses para el financiamiento de la obra.

En el costo incluye, costo inicial, costo de mantenimiento normal o de rutina, y el costo de la rehabilitación, posterior al periodo analizado.

## 6.- Selección de la alternativa óptima.

La alternativa óptima, será la del menor costo en el mayor ciclo de vida. Aunque esta premisa puede ser alterada por otras razones, como pueden ser el tiempo de ejecución o cuestiones políticas.

## 7.- Construcción y control de la ejecución.

El procedimiento, no debe ser el final de una selección de alternativas, puesto que considera las alternativas de ejecución y de algunos cambios inesperados que puedan presentarse.

**La grafica muestra la vida útil de una carpeta, con o sin mantenimiento.**



Además de la selección de la técnica apropiada, el tiempo de aplicación tiene una señalada influencia en la ejecución del pavimento para la vida en buen servicio. Como se muestra en la figura anterior, la ejecución temprana del mantenimiento, es más efectiva y duradera.

Las técnicas de rehabilitación, deben ser aplicadas antes que la superficie muestre signos de desgaste o deterioro, esta situación muchas veces no es debidamente valorada. Por ejemplo, la mayor parte de las reparaciones se ejecutan hasta que la superficie muestra infinidad de baches o está totalmente colapsada.

La gráfica muestra claramente el incremento en la duración del pavimento aplicando un tratamiento temprano, lográndose un ahorro substancial de inversión.

## **5.2.- Técnicas de rehabilitación y mantenimiento de superficies asfálticas.**

Los objetivos de estas técnicas son los siguientes:

- ◆ Preservar o prolongar la vida del pavimento.
- ◆ Prevenir o corregir las fallas existentes.

Las técnicas para la rehabilitación y mantenimiento de superficie de asfalto, son reconocidas ampliamente como los trabajos que se efectúan para conservar y mantener en servicio útil el camino, antes de hacer una rehabilitación o reconstrucción mayor.

Comportamiento del pavimento depende de dos factores; que son la capacidad de carga y las condiciones de trabajo (calidad de rodamiento, ruido, rugosidad (fricción), drenaje y pintura).

Cuando se considera el mantenimiento o rehabilitación se está hablando de la funcionalidad de las condiciones del pavimento. Si se hace una sencilla aplicación sobre la superficie asfáltica para disminuir el ruido, se considera una rehabilitación.

### **Principales técnicas de rehabilitación.**

- 1.- Tratamiento superficial.**
- 2.- Fresado de la superficie y total.**
- 3.- Sobre carpeta y/o Incremento del espesor de la carpeta.**
- 4.- Reconstrucción total.**

### **1.-TRATAMIENTO SUPERFICIAL.<sup>19</sup>**

Este tratamiento se realiza en las carreteras que sufren principalmente de desgaste y de agrietamiento debido al rodamiento de los vehículos y a las condiciones climáticas. Esta rehabilitación se divide en varios tratamientos, los cuales son:

#### **Con cementos asfálticos y emulsiones modificadas con polímeros.**

Para mejorar la calidad y desempeño de los asfaltos, como adherencia, resistencia a los cambios de temperatura que producen los agrietamientos y plasticidad en los cementos asfáltico, se emplean los polímeros.

---

<sup>19</sup> APLICACIONES: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

## **TIPOS DE POLIMEROS**

HULE.

LÁTEX NATURAL (HULE NATURAL).

HULE SINTÉTICO. (SBR).

ASERRÍN DE HULE. (DE LLANTAS VIEJAS).

SÓLIDO CO-POLÍMERO. (SBR).

PLÁSTICO. (POLIETILENO, POLIPROPILENO, EVA, PVC.).

COMBINACION DE HULE Y PLÁSTICO.

Los polímeros son moléculas predominantemente largas de hidrocarburo formadas por cadenas de compuestos químicos. Muchas técnicas se han desarrollado para utilizar polímeros modificados como aglutinantes. Los tipos de polímeros que se utilizan como modificados son los anteriormente señalados.

La selección en particular de un tipo de polímero, depende del uso y necesidades que requiera la superficie en donde se aplicará.

### **Efecto de los polímeros.**

- ◆ Incremento en la tersura de la superficie.
- ◆ Aumento en la tolerancia de la temperatura.
- ◆ Incremento en la adherencia de la nueva aplicación con la superficie antigua.

No siempre hay afinidad entre polímeros modificados, y el cemento asfáltico, por lo cual hay que efectuar pruebas de laboratorio para obtener los resultados deseados, esta es la razón por la cual deberá mezclarse el polímero que de mejor resultado para la mezcla.

### **Emulsión asfáltica.**

La emulsión asfáltica, es la suspensión de cemento asfáltico en agua con un agente emulsificante. Generalmente el cemento asfáltico ocupa del 55 al 70% del total de la emulsión.

Las emulsiones generalmente son utilizadas como adherentes en las técnicas de rehabilitación. Son preferidas debido a que la adherencia entre el cementante y el agregado, no se ve afectada tanto por el polvo o la humedad contenidos en el agregado pétreo, estos fenómenos perjudican a las mezclas de rebajados del petróleo con cemento asfáltico. También son preferidas las emulsiones a los rebajados de asfalto en los riegos de sello por razones ambientales y de ecología.

### **Tipos de emulsión.**

ANIÓNICA.  
CATIONICA.  
NIÓNIONICA.

### **Sub – tipos.**

FRAGUADO RÁPIDO.  
FRAGUADO MEDIO.  
FRAGUADO LENTO  
FRAGUADO INSTANTÁNEO.

### **RIEGO SELLADOR.<sup>20</sup>**

El riego sellador, se aplica con una emulsión diluida, este riego no se cubre con material y se usa generalmente en superficies porosas.

Aplicaciones del riego sellador:

- ◆ Aplicación de emulsión diluida (riego negro).
- ◆ Sellado y disminución de la oxidación del asfalto en la superficie.
- ◆ Sellado de grietas pequeñas.
- ◆ Prevenir la erosión.
- ◆ Delimitar el acotamiento

### **Datos por obtener.**

Condiciones del pavimento existente.

Intensidad y volumen de carga del tránsito.

Control del tránsito.

El riego sellador, únicamente se utiliza, si la superficie es lo suficientemente porosa para absorber un volumen importante de la emulsión diluida aplicada.

---

<sup>20</sup> APLICACIONES: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Este sello puede aplicarse en los caminos de alta intensidad de tránsito, en los caminos secundarios para prevenir erosión de las superficies de fricción en texturas abiertas, y separando el carril con el acotamiento. El ancho de este riego, esta limitado por los caminos de gran carga, ya que este reduce la fricción y algunas veces es levantado por el tránsito, además en algunas ocasiones por las condiciones del clima. Se recomienda, dejar pasar varias horas antes de abrir el camino al tránsito.

### **Ejemplo de la aplicación de un riego sellador.**



También se recomienda que los vehículos reduzcan su velocidad para que no levanten el asfalto de la superficie. Para evitar esto es necesario cubrir la superficie con arena para dar una superficie estable a la fricción.

### **RIEGO DE SELLO.<sup>21</sup>**

El riego de sello consiste en una aplicación de una emulsión o rebajado de asfalto, cubierto inmediatamente con agregado pétreo. La aplicación del riego de sello puede ser, de uno o varios riegos, con espesores que varían de 10 a 40 mm. Dos capas se refieren a doble riego de sello.

La emulsión asfáltica, que más se utiliza es de fraguado rápido. Cuando se aplican varias capas, debe estar la primer capa ya seca antes de colocar la segunda.

---

<sup>21</sup> APLICACIONES: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

La aplicación de los riegos de sello, sirve principalmente para:

SELLADO DE LA SUPERFICIE.  
SELLADO DE GRIETAS PEQUEÑAS, POR FATIGA DE LA CARPETA.  
REPONER LA SUPERFICIE ANTIDERRAPANTE.

Los riegos de sello hacen impermeable la superficie y sellan pequeñas grietas, corrigiendo la superficie haciéndola antiderrapante.

**Datos por obtener.**

Carga e intensidad de tránsito.

Perdida de material pétreo y daño a parabrisas.

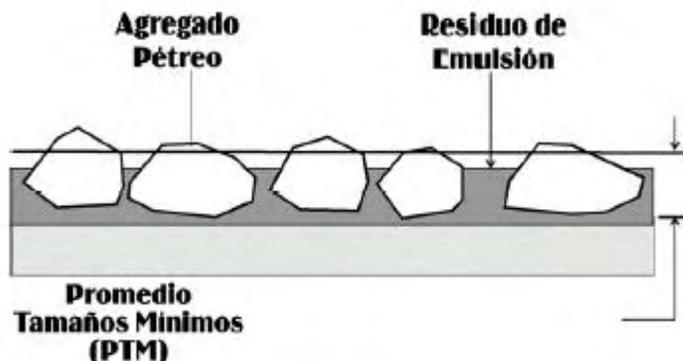
Ruido.

Variación en la vida útil.

Control de tránsito.

Los riegos de sello se utilizan en carreteras de mediano a bajo tránsito. Los riegos de sello son efectivos para impermeabilizar la superficie donde se aplican: sellan y dan buen agarre a los vehículos. Otro factor es la variabilidad en la duración del sello, debido principalmente a las variaciones en el tránsito.

**Vista ampliada del riego de sello.**



**La fotografía muestra una típica colocación de sello.**



El camino podrá ser utilizado después de 2 horas, y a velocidades no mayores de 25 a 40 Km. / h. Esta técnica de rehabilitación de superficies tiene una duración en su rendimiento de 3 a 6 años, o puede durar mas dependiendo del tránsito de vehículos, las condiciones del pavimento anterior, del tamaño y tipo del agregado pétreo, de la calidad y cantidad de cemento asfáltico y en las condiciones ambientales en la que se ejecuto la obra.

### **SELLO DE ARENA.<sup>22</sup>**

El sello con arena es similar al sello anterior la única diferencia, es el tamaño del agregado, es más fino, con un máximo de 2 mm. Son componentes son asfalto y arena.

Las aplicaciones del sello de arena nos sirven para:

**AUMENTAR EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN.  
MEJORAR LA SUPERFICIE DE LOS PAVIMENTOS OXIDADOS, PARA  
MEJORAR LAS CARACTERISTICAS ANTIDERRAPANTES DE ESTE.  
SELLAR PEQUEÑAS GRIETAS.**

No hay especificaciones ni métodos especiales para el diseño de este sello. Los métodos que se aplican son similares a los descritos en el método de riego de sello.

---

<sup>22</sup> APLICACIONES: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

### **Datos por obtener.**

Volúmenes de tránsito y carga.

Control del tránsito.

Cantidad de cemento asfáltico.

En muy pocas ocasiones las empresas encargadas de los caminos, utilizan el sello de arena en sus rutinas de mantenimiento, cuando lo llegan a emplear, es en caminos de bajo volumen de tráfico. Algunas empresas la han empleado con éxito en caminos de tráfico medio a alto y sus reportes son de un buen comportamiento.

La duración que tiene la vida útil del sello de arena está sujeta a muchas variables, pero puede considerarse entre 3 y 6 años. En las variables influye el tráfico, la calidad de construcción, los materiales y la variación en las condiciones ambientales.

### **Ejemplo de colocación del riego de arena.**



Este tipo de riego no debe ser colocado si la temperatura ambiente es menor de 15° C.

Y la arena que sea de 5 a 8 Kg. / m<sup>2</sup>.

### **SLURRY SEAL."MORTERO ASFÁLTICO".<sup>23</sup>**

El mortero asfáltico, es una mezcla de agregado pétreo fino graduado, emulsión asfáltica, agua, filler mineral y algún aditivo si es necesario.

El mortero asfáltico es efectivo cuando se presentan problemas de una oxidación excesiva de asfalto en la superficie produciéndose un endurecimiento del asfalto cementante. Las aplicaciones más usuales son las que se indican a continuación.

RETRASA LA EROSIÓN DE LA SUPERFICIE.  
SELLA GRIETAS MENORES.  
CORRIGE LA SUPERFICIE DE FRICCIÓN.

La aplicación de este mortero, se hace una sola vez, variando su espesor de 5 a 10 mm., dependiendo de la graduación del material pétreo.

#### **Datos por obtener.**

Volumen y carga del tránsito.  
Control del tránsito.  
Condiciones del pavimento por reparar.

El mortero asfáltico, se utiliza también en caminos de tránsito moderado a intenso y en zonas urbanas y suburbanas. Algunas veces se ha empleado para corregir superficies pavimentadas con mezcla abierta y ha hecho un experimento en caminos de muy alta intensidad de tránsito y carga.



**Máquina colocando mortero asfáltico.**

---

<sup>23</sup> \* APLICACIONES: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

En tiempo de calor se necesitan de 1 a 2 horas o más para el curado o secado del cemento asfáltico, dependiendo de la emulsión usada. Y cuando existen lluvias se debe esperar más tiempo para que se lleve a cabo el curado del mortero.

El mortero asfáltico no es eficiente al aplicarlo en una superficie la cual está fracturada o cocodrileada.



**En esta fotografía se muestran las texturas del mortero colocado con algunas horas de diferencia. Nótese la diferencia de color.**

La duración en vida útil de este mortero es de 3 a 5 años, y depende de la carga y frecuencia del tránsito, de las condiciones ambientales, de las condiciones del pavimento original, de la calidad de los materiales y del diseño y de la buena construcción y ejecución que se haga de la obra.

## **2.- FRESADO PARCIAL O TOTAL DE LA SUPERFICIE.<sup>24</sup>**

Este método también puede ser considerado como un tratamiento superficial, este es un tratamiento simple, y es utilizado en muchas rehabilitaciones para después poder utilizar algún otro método o técnica de rehabilitación, ya que de lo que se trata este método es de raspar o limar la superficie del pavimento para:

MEJORAR LA SUPERFICIE ANTIDERRAPANTE.

MEJORAR LA ADEHERENCIA DE ALGUNA MEZCLA QUE SE PIENSE COLOCAR.

QUITA LA SUPERFICIE DAÑADA QUE AFECTE A LA NUEVA.

ELIMINA PROBLEMAS DE OXIDACIÓN EN LA CARPETA, O DE ALGÚN OTRO PROBLEMA DE CONTAMINANTES EN LAS CARPETAS.

---

<sup>24</sup> APLICACIONES: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Esta técnica de rehabilitación es más un método de preparación de la carpeta asfáltica para poder iniciar un método distinto, aunque en algunas ocasiones es un método muy usado por lo económico y práctico que resulta ser.

***Estas son las principales técnicas de rehabilitación que son conocidas como técnicas preventivas. Ya que solucionan pequeñas fallas del pavimento y evitan que a corto plazo se realice una rehabilitación mayor.***

### **3.-SOBRE-CARPETA Y/O AUMENTO DE LOS ESPESORES.<sup>25</sup>**

La colocación de sobre-carpetas en concreto asfáltico oxidado, erosionado, agrietado, pero no colapsado, es una práctica común para incrementar el soporte del pavimento, aumentando el espesor de la carpeta original, ya que muchas veces la causa principal de la falla del pavimento, es el incremento en la frecuencia y carga de los vehículos que transitan.

Hay varios tipos de sobre-carpetas y procedimientos que pueden aplicarse, los principales son:

#### **Sobre-carpeta normal.**

Esta nos sirve para dar mayor soporte al pavimento, colocando antes un riego de liga y si es necesario un fresado y calafateado de las grietas mayores de 3mm., puede suplirse el calafateado por un Slurry, posteriormente, colocar la sobre-carpeta.

Este tipo de sobre-carpeta son realizadas con mezclas de agregado pétreo y cemento asfáltico de espesores que van de 3 a 6 cm., y nos sirven para:

- AUMENTAR EL VOLUMEN DE TRÁNSITO.
- DISMINUIR EL RUIDO.
- TENER MEJOR CONTROL DE TRANSITO.
- MEJORAR EL DRENAJE SUPERFICIAL.
- AUMENTAR LA CAPACIDAD DE CARGA DEL PAVIMENTO.
- MEJORAR LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

Cuando la superficie original, esta muy deteriorada, convendrá primero nivelar con concreto asfáltico, la superficie, a fin de dar las pendientes correctas para el desalojo del agua de lluvia, y compactar.

---

<sup>25</sup> CARPETAS FRANCESAS DELGADAS, MUY DELGADAS Y ULTRADELGADAS. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS Y ARENAS. PRUEBAS UTILIZADAS.

**Datos por obtener:**

Volumen del tránsito.

Ruido.

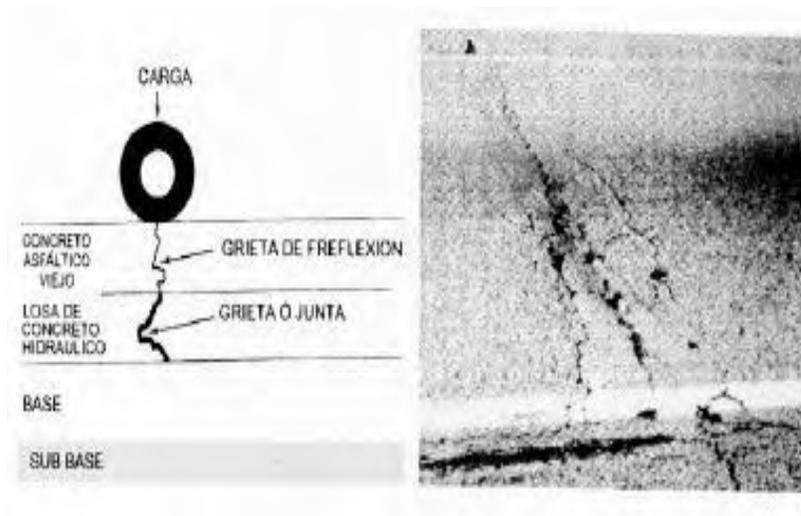
Clima.

Control de tránsito.

Tipo de falla.

Si es una calle urbana, posteriormente a esta nivelación y compactación, se necesita subir los brocales de las cajas de agua, pozos de visita, bocas de tormenta, con los niveles de obra terminada.

Las sobre-carpetas pueden ser utilizadas en pavimentos asfálticos y en hidráulicos, para estos últimos, es necesario fracturar toda la carpeta de concreto sobre la cual se va a colocar la sobre-carpeta, no dejando piezas mayores de 20 cm., para que no se reflejen las grietas, **como se muestra a continuación.**



**Sobre-carpeta delgada (en caliente).**

Las sobre-carpetas delgadas, son realizadas de igual forma que las normales, nada más que han sido varias veces modificadas para alcanzar un alto grado de calidad y buenas expectativas de funcionamiento. Los espesores de estas varían de 15 a 30 mm.

Existen tres tipos de sobre-carpeta delgada:

La realizada con mezclas densas.

La de material abierto.

Y la de mezclas con material triturado.

Estas sobre carpetas nos sirven para:

MEJORAR LA SUPERFICIE PARA EL MANEJO.

MEJORAR LA SUPERFICIE DE FRICCIÓN.

MEJORAR LA APARIENCIA DE LA SUPERFICIE.

SELLAR EL PAVIMENTO.

DISMINUIR EL RUIDO.

Las sobre-carpetas delgadas se usan en cualquier tipo de camino para mejorar su funcionamiento. Su uso se emplea particularmente en caminos de alto volumen de tránsito y en áreas sub-urbanas para dar una mayor vida a las vías y cuando se ha colocado una superficie de bajo ruido se logran los límites especificados de ruido. Estas sobre-carpetas se colocan en cualquier condición de clima.

Para colocar estas sobre-carpetas es necesario fresar o nivelar la rasante, en donde el pavimento lo requiera. Así como tapar las grietas existentes y colocar un riego de liga para mejorar la unión de las carpetas.

El costo de la sobre-carpeta depende principalmente del espesor de esta, y su vida útil va de 5 a 8 años aproximadamente. **A continuación se muestra un ejemplo de sobre-carpeta delgada densa.**



### **Carpeta ultradelgada.**

Este tipo de carpeta tiene un tamaño que va de 16 a 20 mm., de espesor, y nos sirve para:

RESTITUIR LA SUPERFICIE ANTIDERRAPANTE.  
SELLAR GRIETAS EXISTENTES.  
RELLENAR PEQUEÑAS IRREGULARIDADES Y PEQUEÑAS RODERAS.  
DISMINUIR EL RUIDO.

**La composición de la carpeta ultradelgada es la siguiente:**

1.-El agregado pétreo.

<b>COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA</b>	
Abertura de la malla (mm)	% que pasa
9.50	85-100
4.75	25-35
2.00	19-27
0.40	8-13
0.20	6-9
0.075	4-9

2.-El cemento asfáltico: de 5.1 – 5.5 % del total de la mezcla.

3.-Y un recubrimiento a razón de 0.7 – 1 lts/m<sup>2</sup> (emulsión RS polímero modificado).

Como podemos ver en este tipo de carpetas el control de los componentes es más riguroso, ya que no da tanto factor de falla como lo da la carpeta normal.

Algunas de las características de esta carpeta es que garantiza la unión entre las partículas del agregado, permite el drenaje del agua e integra a los finos como parte del cemento asfáltico.

**A continuación se muestran unas figuras donde se ve como se aplica y como queda la carpeta después de puesta.**



Este sistema de carpeta ultra-delgada se considera ideal aplicarla en pavimentos de concreto hidráulico y pavimento de asfalto agrietados por oxidación, erosión o grietas que no se deban a la falla estructural.

El material pétreo deberá ser perfectamente clasificado, de una alta resistencia al desgaste, de forma preferentemente cúbica (no lajeada).

Si hay un sobre tamaño en el material pétreo se tendrá como resultado un rayado en la superficie.

Si es baja la resistencia al desgaste, por ser tan delgada la superficie, el material al momento de plancharse se fracturará.

Al ser en forma cúbica el material, tendrá mayor capacidad de acuñarse, dando una mejor estabilidad. Si el material es lajeado se fracturará con mayor facilidad.

La emulsión es proporcionada en calidad y aditivos por la compañía que produce. En comparación, esta carpeta ultra-delgada, se controla más fácilmente que la micro-carpeta, en esta los aditivos y el cemento se incorporan al material manualmente, y por las variaciones de humedad, el resultado hace que se dificulte el control en la calidad.

### **Micro-carpeta.<sup>26</sup>**

Esta sistema se origino en Europa en los años 70', y se adopto en los Estados Unidos para los años 80'. Esta carpeta va de 10 a 15 mm. de espesor, se utiliza en caminos de tránsito moderado a alto. El nombre más común y por el que es más identificado es "micro-surfacing".

La micro – carpeta es básicamente un mortero asfáltico con un polímero, un cementante modificado, agua, mezclado con materiales de alta calidad y filler mineral, todo mezclado y agregando un aditivo para un control preciso del rompimiento y curado del mortero.

El filler mineral, como el cemento hidráulico y la cal hidratada, se utiliza como un estabilizador. El filler mineral también afecta el tiempo de rompimiento, haciéndolo más cortó.

### **Usos más comunes de la micro – carpeta.**

SELLADO (GRIETAS NO MAYORES DE 40 MM.) Y MEJORAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

RENIVELACIONES EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO.

DAR TEXTURA ANTIDERRAPANTE A LA SUPERFICIE.

SUAVIDAD EN EL TRÁNSITO.

SUPERFICIE SIN FISURAS.

---

<sup>26</sup> CARPETAS FRANCESAS DELGADAS, MUY DELGADAS Y ULTRADELGADAS. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS Y ARENAS. PRUEBAS UTILIZADAS.

Como se ha señalado, la micro – carpeta se usa en ambos tipos de pavimentos, también en pavimentos erosionados, lisos y en nivelaciones menores.

**Datos por obtener.**

Intensidad y carga del tránsito.

Control del tránsito.

Intensidad del ruido.

Experiencia del contratista.

Con este procedimiento una vez aplicada la Micro – Carpeta, el camino puede ser abierto al tránsito en una hora, en condiciones favorables. Este tipo de carpeta funciona únicamente para dar una textura nueva a la superficie del pavimento, no se debe considerar en el diseño estructural de este.

**Ejemplos de micro-carpetas.**



El costo por tonelada de la micro – carpeta, es aproximadamente de dos a tres veces más que el concreto asfáltico ordinario. Su vida útil va de 4 a 7 años de duración, con un comportamiento aceptable para la circulación vehicular.

#### **4.-RECONSTRUCCION TOTAL Y PARCIAL.<sup>27</sup>**

Esta técnica es la que se toma en cuenta solo en los últimos casos, ya que esta implica la construcción completa de la carpeta y en ocasiones de las capas inferiores (base y subbase), esto se realiza cuando el pavimento tiene una falla del tipo estructural y es imposible solucionarlo con otra técnica de rehabilitación.

La reconstrucción se realiza de varias formas como son:

Recuperando el material levantado y rascado para reutilizarlo como parte de la base y subbase.

Eliminar el material que no sirve y sustituirlo con un de mejor calidad.

Eliminar todo el material existente y colocar el nuevo, sin tomar en cuenta el material quitado.

La elaboración y datos necesarios para llevar acabo esta técnica de rehabilitación, son iguales a los de la elaboración de las carpetas asfálticas que se mencionaron en los capítulos anteriores. Nada mas para la realización de la nueva carpeta, hay que tomar en cuenta las causas que originaron la falla del pavimento anterior.

---

<sup>27</sup> MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DEL DETERIORO DE LOS PAVIMENTO

*Estas técnicas de rehabilitación que enumeramos al último son conocidas como técnicas correctivas.*

## ALGUNAS ALTERNATIVAS EN LA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.<sup>28</sup>

FORMA DE FALLA	ASPECTO DE LA FALLA	TIPO DE FALLA	CAUSA PROBABLE				REHABILITACIÓN					
			FALLA ESTRUCTURAL	COMPOSICION DE LA MEZCLA	CAMBIOS EN LA T° O HUM.	CONSTRUCCION	RECI-CLADO SUPERFICIAL	TRATAMIENTO SUPERFICIAL	SOBRE CARPETA	INCREMENTO DE ESPESOR	INCREMENTO Y RECI-CLADO	RECONSTRUCCION
FRAC-TURA	ROTURA	POR FRACTURA O COCODRILADO.	X							X	X	X
		EN BLOQUES.		X	X		X		X	X	X	X
		REFLEJO DE LA JUNTA LOSA-CONCRETO.			X				X	X	X	X
		FRAC-TURAS LONG. Y TRANSVERSALES.	X			X						X
	FRAC-TURA POR DESLIZAMIENTO.	X			X						X	
	COSTRA	REMIENDO.	X	X	X	X						X
	BACHE.	X		X	X				X		X	
HUNDI-MIENTO	DEFOR-MACIONES PERMA-NENTES	CORRUGADOS.	X	X		X	X	X		X	X	X
		DEPRESION.	X			X					X	X
		ACANALADO.	X	X		X	X	X		X	X	X
	ONDULADO.			X						X	X	
	DEFECTO	HOMBRO CAIDO O LEVANTADO.	X		X	X						X
	HOMBRO SEPARADO.	X		X	X						X	
DESINTEGRACION		EROSION.		X	X				X	X		X
		BROTADO DE ASFALTO.		X		X	X		X			X
		AGREGADO PULIDO.		X	X		X	X	X			X
		INTEMPERISMO.		X		X	X	X	X	X		X
		BROTADO DE AGUA.	X		X	X						X

**NOTA:** En el tratamiento superficial tomamos en cuenta todos los métodos vistos en el capítulo, incluyendo el fresado (total y parcial).

Y como vimos la reconstrucción total o parcial puede ser aplicada a cualquier tipo de falla cuando es necesaria.

<sup>28</sup> MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DEL DETERIORO DE LOS PAVIMENTO

### **5.3.- PROCESO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN LA REHABILITACIÓN DEL TRAMO**

**TRAMO Km. 18 + 000 AL Km. 19 + 860 APROX.  
ANCHO DE CAMINO PROMEDIO 6.5 m.**

#### **ZONA DE BACHEO.**

Colocación de los elementos de protección necesarios para el trabajador y de orientación a los vehículos, ubicación de las zonas a reparar.

Las zonas por bachear serán indicadas y marcadas por personal del laboratorio mediante pintura en spray naranja fluorescente.

La zona por reparar deberá limpiarse de materias extrañas, tales como, tierra, lodo, hierbas, etc.

Deberá definirse y marcarse el área por reparar, cuidando que tenga forma cuadrada o rectangular y que dos de sus lados sean perpendiculares al lado del camino.

De acuerdo con el área delimitada, se cortara con disco de diamante y se efectuara la excavación, llegando hasta la profundidad necesaria para remover todo el material inestable que se encuentre en la zona por reparar.

**Como se muestra en la Fig.**



Si al efectuar la excavación se ve la necesidad de ampliar el área de la misma, para poder remover todo el material alterado. La aplicación respectiva deberá a su vez ser una figura regular de acuerdo con lo indicado anteriormente.

### **Vista de la ejecución de la excavación.**



Las paredes de la excavación deberán ser verticales, eliminando todo el material suelto que sobre de esta se encuentre.

Se aplicara un riego de liga con emulsión cationica de rompimiento rápido tipo ECR-65 a razón de 0.8 l/m<sup>2</sup>, debiendo tener especial cuidado que en las paredes de la excavación se aplique correctamente el riego.

La excavación se rellenara por capas con mezcla asfáltica, la mezcla una vez tratada deberá presentar una compactación del 95% con respecto a su peso volumétrico máximo Marshall de diseño.

Se deberá contar con el equipo necesario y en condiciones para realizar los trabajos de compactación.

El material producto del rastrilleo no podrá utilizarse nuevamente por lo que deberá desecharse.

Las zonas a bachear no podrán quedar abiertas y se deberá prever que los trabajos de corte, excavación, eliminación del material existente, reposición de material y compactación quede el mismo día.

Hacer limpieza de la zona tratada y abrir al tránsito.

### **ZONA DE RENIVELACION.**

Ubicación de la zona a reparar y colocación de los elementos de protección necesarios para el trabajador y de orientación a los vehículos.

Delimitar la zona a renivelar dando forma cuadrada o rectangular.

Las zonas por renivelar serán indicadas y marcadas por personal del laboratorio mediante pintura en spray naranja fluorescente.

Preparar la superficie que recibirá la mezcla asfáltica mediante un piquete de amarre o abrir caja de ser necesario (agrietamientos fuertes), esto con el fin de que la carpeta nueva quede anclada y así se eviten corrimientos.

De ser necesario eliminar el material existente, de acuerdo con el área delimitada, se cortara con el disco de diamante y se efectuará la excavación, llegando hasta la profundidad necesaria para remover todo el material inestable que se encuentre en la zona por renivelar.

Barrer la superficie tratada y eliminar polvo y materias extrañas que sobre esta área existan.

Aplicar un riesgo de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ECR-65 (con un residuo asfáltico mínimo del 65%), dosificando en proporción de 0.8 l/m<sup>2</sup>. Si el área de la zona por renivelar presenta agrietamientos de leves a medios, la proporción de la emulsión podrá variar de 0.8 a 1 l/m<sup>2</sup>.

Fraguado el riesgo de liga, colocar el concreto asfáltico en el espesor suelto necesario para que una vez compactado al 95% de su peso volumétrico máximo Marshall quede con mismo nivel que la superficie de la carpeta actual.

Para la compactación del concreto asfáltico, podrá emplearse un rodillo liso o plancha vibratoria tipo Waker. Comenzar la compactación por los bordes y en secuencia hacia el centro, la zona tratada deberá presentar una compactación del 95% con respecto al peso volumétrico máximo Marshall de diseño.

Verificar mediante una regla de 3m que no existan depresiones en la superficie reparada, de ser necesario hacer reparaciones estas se podrán hacer agregando mezcla asfáltica.

El material producto del rastrilleo no podrá utilizarse nuevamente por lo que deberá desecharse.

Hacer limpieza de la zona tratada y abrir al tránsito.

## **RIEGO DE SELLO PREMEZCLADO**

La aplicación del riesgo de sello se realizará de acuerdo con lo señalado en la cláusula 3.01.03.082-F de las Normas de Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con la modificación de que al material pétreo se le dará un tratamiento previo de mezclado con emulsión asfáltica tipo catiónica ECR-60 diluida, como se indica a continuación.

El material pétreo será colocado en una plataforma de trabajo, fuera de la superficie de rodamiento a tratar y del camino en cuestión, dicha plataforma deberá estar en condiciones tales, que el material pétreo no se contamine con las maniobras de mezclado.

El material pétreo se acamellonará de manera similar a como se elabora una mezcla asfáltica por el sistema de mezcla en el lugar.

La emulsión catiónica de rompimiento rápido tipo ECR-60 deberá contener un residuo mínimo del 60%.

La emulsión asfáltica se diluirá con agua en proporción 40% de emulsión y 60% de agua, cuidando que se incorpore a la emulsión el agua y no en forma inversa. El agua para la dilución deberá estar exenta de contaminantes y ser potable. Antes de aplicar al material pétreo esta dilución deberá presentar una consistencia homogénea.

Sobre el material pétreo se aplicará la dilución de emulsión-agua previamente calentada a una temperatura entre 40 y 60 grados centígrados, la cantidad de la emulsión diluida por m<sup>3</sup> de material suelto será del orden de 92 l/m<sup>3</sup>, esto tomando en cuenta un peso volumétrico de 1000 Kg./m<sup>3</sup> y podrá tener variaciones mínimas de acuerdo con la dosificación indicada, esto de acuerdo con el peso volumétrico seco suelto que presente el sello que en su momento se utilice.

Pero siempre deberá quedar un residuo asfáltico en el sello de 2.2% en peso. Permitiéndose una variación de más menos el 5% con respecto al 2.2% (rango admisible 2.09 a 2.31%), la mezcla obtenida deberá ser homogénea y no presentar grumos ni exceso de asfalto. El mezclado deberá realizarse en forma rápida, antes de que ocurra el rompimiento de la emulsión. El sello premezclado se podrá también adquirir de una planta dosificadora, siempre y cuando el producto cumpla granulométricamente con el residuo antes descrito.

Se barrerá la superficie a tratar con el fin de eliminar el polvo y materias extrañas que sobre la superficie de la carpeta se encuentren.

Se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica tipo ECR-65 modificada con polímeros del tipo SBR o SBS, en proporción de 2.5% y que contenga como mínimo un 65% de residuo asfáltico.

Cumpliendo con lo indicado para emulsiones modificadas con los polímeros tipo I de acuerdo con lo descrito para este rubro por la SCT federal y cumplirá con lo solicitado en la tabla correspondiente de las normas vigentes, se dosificará en obra a razón de 1.5 l/m<sup>2</sup>, dicha emulsión podrá calentarse a una temperatura de 60 grados, cuidando siempre en que la misma tenga la viscosidad necesaria para que la emulsión no escurra en el camino. La cantidad de emulsión a utilizar podrá variar dependiendo de las condiciones que presente la superficie por tratar y deberá definirse por personal de laboratorio calificado, mediante un tramo de prueba en el momento de iniciar los trabajos.

Se aplicará el material pétreo premezclado, dosificando este a razón de 11 l/m<sup>2</sup> teniendo especial cuidado de ir cubriendo el riesgo de liga inmediatamente. Dicha aplicación deberá realizarse con máquina entendedora de sello y no se podrán utilizar esparcidores montados sobre tapas de camiones; así mismo, la aplicación del riesgo de liga se hará en forma sincronizada con la entendedora de pétreo, al utilizar máquinas esparcidoras de sello se garantiza una calidad superior a la aplicada mediante tapas esparcidoras.

Aplicando el material premezclado, se dará por lo menos dos cerradas con rodillo, esto con el fin de dar el acomodo necesario al material pétreo.

Terminado el acomodo del material pétreo mediante rodillo, se darán de cuatro a seis cerradas con equipo neumático, esto para acelerar el rompimiento de la emulsión y el anclaje del pétreo. La zona tratada deberá cerrarse al tránsito por lo menos durante 4 horas.

No deberá aplicarse sello sobre zonas saturadas, encharcamientos, con baja temperatura, en condiciones inminentes de lluvia, sin el señalamiento adecuado y sin contar con el equipo adecuado para la correcta ejecución de los trabajos.

**TRAMO KM. 28+220 APROX.  
ANCHO DE CAMINO PROMEDIO 6.50 m.**

Debido a que el tránsito en dicho camino no podrá interrumpirse, se deberá realizar un corte longitudinal al centro del camino, mediante cortadora de disco de diamante. Previo al inicio de los trabajos, así mismo, se tendrá en obra bandereros y equipo de comunicación portátil para los mismos.

Contar y eliminar la carpeta existente en medio cuerpo y en longitud de acuerdo con la cantidad de equipo con que cuente la empresa constructora en un espesor de 20 cm., ya que los tramos donde se elimine la carpeta quedaran en una sola jornada de trabajo a todo el ancho del camino durante el día y la noche.

Incorporar a la superficie descubierta y en media ala el volumen de material necesario para formar una capa de 12 cm. Compactos al 100%. El material podrá obtenerse del banco Panales ubicado en el 764 CAMINO: NICOLAS ROMERO - JILOTZINGO E. KM 56.6 (IXTLAHUACA – NAUCALPAN), (Grava Controlada Triturado parcial, cribada de 1 ½ pulgadas a finos). Aplicar el agua necesaria al material tendido y recuperar un espesor total (material tendido + material existente = 22.0 cm.), mediante maquina recuperadora de tipo RR-250, RR-350 ó RS-500, dicho espesor se estabilizará con el 6% de cemento Pórtland sobre el peso volumétrico seco máximo Porter de 1850 Kg. /m3 aplicar el agua necesaria para su homogenización, tender y compactar al 100% con respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba Porter estándar, la capa tendida y compactada acusará un espesor de 22.0 cm.

Con la estabilización del material se mejorarán algunas de sus características mediante la incorporación del 6% de Cemento Pórtland con respecto al peso volumétrico (1850 Kg. /m3), sin embargo este deberá checarsse en el momento de iniciar los trabajos. La incorporación del cemento se debe principalmente a que con esto se aumentará la resistencia del material con el fin de reproducir el efecto de fatiga sobre la carpeta de concreto asfáltico que se construirá sobre esta.

Para la elaboración de la Base estabilizada se tendrán tres horas desde la aplicación del cemento hasta alcanzar la compactación indicada. En este tiempo (3horas como máximo) se deberá mezclar, incorporar el agua, tender y compactar, se deberán tomar las precauciones necesarias para garantizar la compactación en el tiempo indicado ya que dicha capa no podrá recompactarse. Es necesario que el tramo a tratar sea autorizado por la supervisión de acuerdo con el equipo que presente la Cía. Constructora, **PARA LA INCORPORACIÓN DEL CEMENTO SE DEBERÁ AVISAR A LA RESIDENCIA DE LABORATORIO CON 24 HORAS DE ANTICIPACIÓN PARA CONSTATAR QUE ESTE SE APLIQUE EN LA CANTIDAD Y TIEMPO INDICADO. EL CEMENTO QUE SE UTILICE DEBERÁ SER DE MARCA TOLTECA, CRUZ AZUL, ANAHUAC O APASCO, ES NECESARIO HACER HINCAPIE QUE EL EQUIPO NO PODRÁ CAMBIARSE POR FRESADORAS O PERFILADORAS, YA QUE NO SE OBTENDRAN LOS MISMOS RESULTADOS, YA QUE LOS EQUIPOS SE UTILIZAN EN OPERACIONES DIFERENTES DE CONSTRUCCIÓN, QUE NO TIENEN NINGUNA RELACIÓN ENTRE SI, POR LO QUE RESPECTA A EL CEMENTO, SE DEBERÁN CONSIDERAR LAS MARCAS INDICADAS YA QUE SON CON LAS QUE MEJORES RESULTADOS SE HAN OBTENIDO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.**

### **RIESGO DE IMPREGNACIÓN.**

Terminada la capa de base estabilizada, la superficie no presentará ondulaciones ni depresiones; además estará exenta de polvo y basura. La

superficie de la base estará ligeramente húmeda y se aplicará un riesgo de impregnación a razón de 1.5 l/m<sup>2</sup> esto dependiendo de la textura que presente la superficie de la base por lo cual en obra se realizarán los ajustes necesarios en la cantidad de dicho riesgo. Si la superficie presenta una textura muy cerrada el barrido se realizará mediante cepillos de raíz.

El producto a utilizar para el riesgo de impregnación será una emulsión catiónica para impregnación (EC1-45) y deberá tener buena afinidad con el pétreo de la base y su residuo asfáltico será de 45%. Si no se impregna la base al siguiente día de construida, esta deberá mantenerse mediante riesgos ligeros para evitar la pérdida de humedad por evaporación y consecuentemente pérdida de compactación. Debido a la problemática que presenta la penetración del riesgo de impregnación en la superficie de capas estabilizadas, el producto asfáltico se diluirá en proporción 80% emulsión y 20% agua con lo cual se tendrá un residuo asfáltico que presente la emulsión original. Para el riesgo de impregnación se tomarán las recomendaciones siguientes:

Humedecer ligeramente la superficie sobre la que se va a efectuar el riesgo de impregnación, dejar penetrar el agua y que pierda sus brillantes la superficie (llegar a apariencia opaca).

Aplicar el riesgo de emulsión diluida en la proporción indicada.

Es necesario darle el tiempo necesario a que exista el rompimiento de la emulsión lo cual se detecta por el cambio de color café a negro.

Debido a que dicho camino no se podrá cerrar al tránsito se deberá considerarse realizar un poreo con arena (a razón de 3 litros por metro cuadrado), posterior al rompimiento de la emulsión, con el fin de proteger el riesgo.

Pasado un tiempo no menor de 38 horas, se barrerá la arena y se recuperará para su utilización posterior en otros tramos, complementando con material de arena de banco el faltante. Este trabajo deberá realizarse por alas.

Encontrándose la superficie limpia se procederá a aplicar el riego de liga.

### **RIEGO DE LIGA.**

Cuando el asfalto del riesgo de impregnación halla fraguado, se aplicará un riego con emulsión asfáltica de fraguado rápido tipo ECR-65 a razón de 0.6 lts/m<sup>2</sup> aproximadamente.

## **CARPETA ASFÁLTICA.**

Aplicando el riesgo de liga, se esperará el tiempo necesario para que la emulsión rompa, verificándose visualmente por el cambio de color café a negro. Habiendo roto la emulsión se aplicará mezcla asfáltica (manteo) protegiendo el riesgo de liga para que al entrar los camiones no lo levanten. Extenderá con máquina Finisher el concreto asfáltico elaborado en caliente, para que al compactarse al 95% de su P.V. Marshall quede una capa de 8.0 cm. compactos. El concreto asfáltico se podrá obtener de las plantas existentes en la zona. **EL MATERIAL PRODUCTO DEL RASTRILLO (PARTÍCULAS GRUESAS) EN NINGÚN CASO SE PODRÁ UTILIZAR PARA MANTEAR O PARA MEZCLARLO CON MATERIAL NUEVO, EL MATERIAL INDICADO SE DESECHARÁ Y NO PODRÁ QUEDARSE EN LAS ORILLAS DEL CAMINO.** Durante el tendido deberá de efectuarse el poreo con el fin de que al compactar se cierre la textura y la carpeta presente baja permeabilidad (10% máximo). Para evitar problemas durante la construcción el material que se indica se deberá considerar como desperdicio. Los vehículos que transporten el concreto asfáltico deberán contar con lonas que tapen el producto durante su recorrido de la planta a la obra y se destaparan hasta el momento de su utilización, por lo que respecta al equipo este deberá estar completo y en perfecto funcionamiento como lo indica la norma SCT vigente (Extendidora de asfalto con de precalentadores funcionando, Tándem, neumático, barredora y petrolizadota funcionando la barra de aspersión y bacheador), se hace hincapié en que los tramos tratados con carpeta deberán ser terminados en una jornada de trabajo a todo el ancho. No se podrá tener longitud mayor a 300 metros de recuperación adelante del tendido de carpeta, los daños que se originen en la capa de base estabilizada por no seguir esta recomendación, deberán ser reparados antes del tendido de la carpeta y correrán por cuenta del constructor.

## **NORMAS DE CONSTRUCCIÓN**

Los procedimientos descritos, materiales y tolerancias que se empleen en la reconstrucción, se regirán en todos los conceptos por lo indicado para cada uno de ellos en las Normas vigentes de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes Federal y a lo indicado en este procedimiento. Los lineamientos indicados, por lo que respecta a **MATERIALES, MAQUINARIA, PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y TOLERANCIAS DEBERÁN APEGARSE EN TODO LO INDICADO EN LAS NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES VIGENTES AL AÑO DEL 2006. EL AGUA QUE SE UTILICE EN LAS ETAPAS CONSTRUCTIVAS DEBERÁ SER POTABLE.**

De requerirse alguna modificación al respecto de lo indicado en este procedimiento se hará la solicitud a la residencia de Laboratorio o al Departamento

de Estudios y Laboratorios de esta dependencia ya que cualquier cambio sin contar con el aval respectivo, invalidará dicho procedimiento constructivo, quedando cualquier cambio bajo la responsabilidad de quien lo permita o autorice.

El color del material pétreo para dicho riego deberá ser de preferencia negro y únicamente se aceptará partículas de color rojo como máximo en un 15%, esto de acuerdo con el oficio enviado de fecha 11 de noviembre del 2002 y su número 211/cl0301/DCC/2002.

**NOTA: el procedimiento constructivo que se expuso en este trabajo es el que emitió la Junta de Caminos del Estado de México, a la empresa contratista que llevo acabo la rehabilitación.**

### ANEXOS

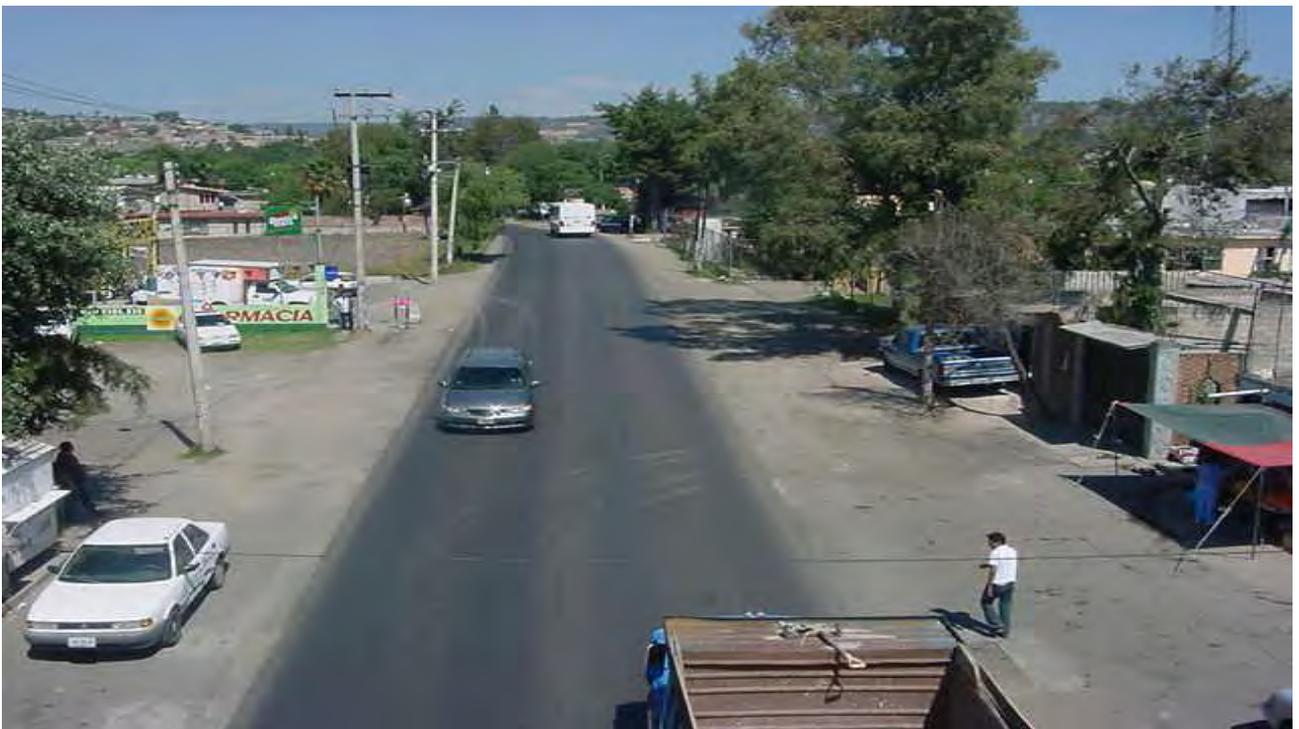
**LAS SIGUIENTES IMÁGENES, MUESTRAN COMO QUEDA EL TRAMO REHABILITADO.**



---

REHABILITACIÓN DEL TRAMO KM 18+000 AL KM 28+220 DE LA CARRETERA  
TLALNEPANTLA VILLA DEL CARBON

---



## CONCLUSIONES

Se comprobó que los caminos han sido de una gran importancia en el desarrollo y evolución de las distintas poblaciones del mundo, desde las antiguas civilizaciones hasta los países más desarrollados de nuestros tiempos; ya que es imposible tener relaciones con las demás poblaciones sin las vías de comunicación necesarias. Es por ello que esta íntimamente relacionado la construcción de caminos con el desarrollo social y tecnológico, y por ello es necesario contar con caminos, carreteras autopistas, etc., que se encuentren en buen estado para poder transitar sin problemas y sin retrasos de un lugar a otro.

Gracias a la tecnología los pavimentos ya han tenido un gran crecimiento principalmente se nota en el concreto asfáltico, lo que ha colaborado con el perfeccionamiento de las carpetas que cada vez son más resistentes, económicas y delgadas: existen algunas que permiten la filtración de agua al sub.-suelo, los que ayuda al reabastecer los mantos freáticos.

También es importante, seguir investigando sobre nuevos materiales que no sean tan perjudiciales al medio ambiente; buscarle un sustituto al asfalto, ya que es derivado del petróleo y este producto es no renovable, tarde o temprano se va a terminar. Y esto dejaría un hueco en los materiales usados para la realización de carreteras.

Aprendimos que es lo que ocasiona las distintas fallas en los pavimentos flexibles, y como podemos remediarlas para evitar que sigan apareciendo. Se concluye que las obras de drenaje son de gran importancia en la prevención de estas fallas, ya que se probó que el agua es el principal causante de la mayoría de los problemas que presenta un pavimento flexible.

Se demuestra que es primordial, revisar el uso que va a tener la carretera que estamos construyendo o rehabilitando; ver para que tipo de circulación esta destinada, y la cantidad o intensidad que va fluir por ella; para con esto determinar la capacidad de carga, y el grosor que tendrá nuestro pavimento asfáltico, y evitar así deformaciones y fallas por sobre carga.

Se puso en práctica un proceso constructivo de rehabilitación de pavimento asfáltico, donde se aprendió la forma en que se lleva acabo dicho proceso, y ver en el trabajo de campo los conceptos vertidos en el trabajo teórico. Así como darnos cuenta de los distintos problemas que se presentan durante el tiempo de ejecución de los trabajos.

## BIBLIOGRAFÍA

- INVENTARIO NACIONAL DE BANCOS DE MATERIALES 1999  
SCT.  
1999.
- GLOSARIO ESPECIALIZADO DE TERMINOLOGÍA ASFÁLTICA  
CORONA BALLESTEROS, PEDRO. AMAAC  
2002.
- UN LIGERO SELLADO QUE RESTAURA LA DUCTILIDAD DEL  
PAVIMENTO  
COMPENDIO DE RECICLADO, VOL 1 (INFORMACIÓN) / ING. RAFAEL A.  
LIMÓN.  
1979.
- MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DEL DETERIORO DE LOS PAVIMENTO  
GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL. PLANTA DE ASFALTO DEL D. F.  
1998.
- CARPETAS FRANCESAS DELGADAS, MUY DELGADAS Y  
ULTRADELGADAS. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS Y  
ARENAS. PRUEBAS UTILIZADAS.  
MENÉNDEZ QUIROS, ANGEL. BITUNOVA.  
2001
- CARPETAS DE UN RIEGO  
MEDINA LUNA, JORGE. SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y OBRAS  
PÚBLICAS.  
1957.
- CONSERVACIÓN DE CARRETERAS  
PAREDES CÁRDENAS, GILBERTO. PRESENTACIÓN PARA CERTIFICACIÓN  
2002.
- APLICACIONES: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES  
LÓPEZ COELLO, MARIO - MEMORIA SEMINARIO AMAAC - PLANTA DE  
ASFALTO DF.  
1998.