



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**“MÉTODOS DE REHABILITACIÓN EN
PAVIMENTOS FLEXIBLES”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

EDUARDO SANTIAGO CALDERON FLORES

ASESOR:

ING. GABRIEL ALVAREZ BAUTISTA

MEXICO 2011



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.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Porque me diste la oportunidad de vivir y por remitirme a ese bello ceno familiar.

A MIS PADRES

Gilberto y Olga. Porque me dieron la vida y han estado con migo en todo momento, gracias por todo papá y mamá por haberme dado la mejor herencia que un hijo puede tener una carrera universitaria, por brindarme todo su amor, por todo esto les agradezco de que estén con migo a mi lado. Que dios le llene de bendiciones y les libre de todo mal.

A MIS HERMANOS

Gilberto, Martha y Ricardo. Por apoyarme en todo momento y por confiar en mí. Que dios siempre les bendiga y les proteja en su camino.

A MIS ABUELOS PATERNOS

Porque siempre me alentaron, para no dejar de estudiar y por velar por mi durante mi infancia. Gracias *Papá Chente*, que dios te llene de fortaleza y de salud. Gracias *Mamá José* y que dios te tenga en su santa gloria.

A MIS ABUELOS MATERNOS

Enrique y Eloísa. Porque siempre me estimularon, para continuar con mis estudios, que dios les llene de fortaleza y de salud.

A MIS TIAS

Ana, Marcela, Nati y Carmen. Porque en mi infancia velaron por mí, siempre me estimularon y apoyaron en toda mi trayectoria profesional.

A MI DIRECTOR DE TESIS

Ing. Gabriel Alvarez Bautista
Por su ayuda en la dirección de este trabajo, con el cual se cerrara un ciclo de mi carrera universitaria. Gracia por brindarme su Amistad y por compartir con migo un poca de su sabiduría y experiencia

A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

Por ser mí segundo hogar, por ofrecérme un lugar en sus instalaciones y por ser el templo de conocimiento durante mi formación universitaria.

A LA UNAM

Por proporcionarme un lugar en la Universidad, y por brindarme la dicha de ser un universitario

DEDICATORIA

LES DEDICO ESTE TRABAJO A CADA UNO DE LOS ANTES MENCIONADOS POR EL TIEMPO COMPARTIDO, POR TODO LO BRINDADO A SU MANERA DE CADA UNO DE USTEDES, POR QUE SIEMPRE ME ANIMARON PARA CONTINUAR CON ESTA ETAPA DE MI VIDA.

DE ESTA FORMA LES HAGO PARTICIPÉS DE ESTE LOGRO, DE LA FELICIDAD Y LA DICHA QUE ME PROVOCA SER UNIVERSITARIO E INGENIERO CIVIL.

INDICE

- INTRODUCCION**
- I. PAVIMENTOS**
- 1.1 Tipos de Pavimentos
- II. PAVIMENTOS FLEXIBLES**
- 2.1 Terracerías
- 2.2 Cuerpo del Terraplén
- 2.3 Función de las Capas
- 2.4 Función de la Carpeta
- III. TIPOS, CARACTERISTICAS Y USOS DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS**
- 3.1 Asfaltos
- 3.2 Rebajados Asfálticos
- 3.3 Emulsiones
- IV. MEZCLAS ASFALTICAS**
- 4.1 Clasificación de las Mezclas Asfálticas
- 4.2 Propiedades de Mezclas Asfálticas para capas de rodadura
- 4.3 Propiedades de las Mezclas Asfálticas para capas Interiores
- V. FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES**
- 5.1 Descripción de Fallas en Pavimentos Flexibles
- VI. EVALUACION DE PAVIMENTOS**
- 6.1 Principales Modificaciones que se Incluyen en el Nuevo Sistema de Evaluación de Pavimentos
- 6.2 Modulaci3n de Datos Generales
- 6.3 Modulo de Rugosidad
- 6.4 Modulo de Fricci3n
- 6.5 Modulo de Estructural
- VII. METODOS M3S USUALES EN LA REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES**
- 7.1 Rehabilitaci3n Tradicional
- 7.2 Rehabilitaci3n mediante la Repavimentaci3n
- VIII. APLICACION A UN CASO REAL**
- IX. RESULTADOS**
- X. CONCLUSIONES**

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo analizar los diferentes tipos de fallas y sus causas en los pavimentos flexibles, en virtud de describir los métodos y cada uno de los procesos de rehabilitación por el hecho de que de esta manera se determinara el más óptimo así como los materiales apropiados para su reparación.

En la actualidad la gran mayoría de caminos que conforman la Red Nacional del país son de tipo asfáltico, además, que este tipo de pavimentos requieren de mayor mantenimiento o rehabilitación.

De aquí se desprende la importancia que juega el buen estado que deben guardar las redes de carretera de todo el país y principalmente la superficie de rodamiento, que después de todo es la capa más expuesta al deterioro.

Es por ello, que a la par con nuevas técnicas de diseño se ha desarrollado también técnicas de rehabilitación de pavimentos, entre los que juegan un papel muy importante las que tienen como objetivo principal, la rehabilitación de la carpeta asfáltica. De entre todas ellas, y por considerarse las más sobresalientes se hará en este trabajo, una recopilación de información acerca de la rehabilitación de pavimentos asfálticos mediante el uso de agentes rejuvenecedores y el sistema de reciclado.

Durante el desarrollo del mismo, se pretende darle una mayor difusión a estos sistemas debido a las grandes ventajas de aplicación que ofrecen a nuestras vías de comunicación.

En el capítulo 1, se define el concepto de pavimento, las condiciones necesarias para su adecuado funcionamiento. Se nombrarán los diferentes tipos de pavimentos (rígidos, flexibles, semi-rígidos y articulados), dado que de igual forma es conveniente tenerlos presentes.

En el capítulo 2, se revisan los beneficios de los pavimentos flexibles, se enlistan los propósitos que debe cumplir; así como comparativa de las características de los pavimentos flexibles. Se identifican las capas subyacentes (terracerías) de los pavimentos (sub-base, base, subrasante y terraplén), y conoceremos sus funciones de cada una de ellas así como la de la carpeta.

En el capítulo 3, se identifican los tipos, sus características y usos de los productos asfálticos (asfalto, rebajados asfálticos y emulsiones).

En el capítulo 4, se identifican y clasifican los distintos tipos de mezclas asfálticas de acuerdo a: la fracción de agregados pétreos empleados, la temperatura de puesta en obra, proporción de vacíos, tamaño máximo de agregados, la estructura del agregado pétreo y la granulometría.

En el capítulo 5, se describen los diferentes tipos de fallas y sus causas probables que se presentan en los pavimentos flexibles (fallas estructurales y funcionales).

En el capítulo 6, se describe la evaluación del comportamiento del pavimento en carreteras, de la superficie de rodamiento y de la capacidad estructural de los pavimentos; de acuerdo al Sistema de Evaluación de Pavimentos.

En el capítulo 7, se describen los métodos y sus procesos que actualmente disponen los ingenieros de vías terrestres, para realizar la rehabilitación de los pavimentos flexibles, tal es el caso del mantenimiento tradicional, sellado de grietas y mantenimiento superficial, construcción de sobrecarpeta de refuerzo, agentes rejuvenecedores y el sistema de reciclado.

En el capítulo 8, se describe el caso práctico de la repavimentación mediante reciclado de pavimento asfáltico de la Av. Suter, ubicada entre Av. Carlos Hank González y Av. Adolfo López Mateos, Colonia Río de Luz del Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México.

En el capítulo 9, se citan los resultados obtenidos, previos, durante y posteriores a los trabajos de reciclado a un solo paso efectuados en de la Av. Suter, ubicada entre Av. Carlos Hank González y Av. Adolfo López Mateos, Colonia Río de Luz del Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México.

En el capítulo 10, se citan las conclusiones de este trabajo, fundados en los puntos de esta capitulado.

GENERALIDADES

Es indudable que se presenta con frecuencia la necesidad de analizar y determinar condiciones de servicio de un pavimento, a fin de decidir ¿Cuál es el método óptimo para rehabilitar un pavimento?

Aun que presente en todas partes, este es un problema muy común en las redes de transporte de los países en vías de desarrollo, pues en ellos se da las condiciones de rápida expansión del tránsito, insuficiencia presupuestal en el momento de la construcción y falta de la adecuada conservación, que contribuye a generarlo. Contribuye también a hacer frecuente la necesidad de ampliación y conservación de una sana política de inversión escalonada, por lo que originalmente se construye para condiciones poco diferentes de las actuales con vidas útiles relativamente cortas, esperando a que el desarrollo futuro del tránsito cree las condiciones que hagan posible el efectuar nuevas inversiones en condiciones favorables. Esta orientación de la política de inversiones permite mayor disponibilidad de recursos y atención a un mayor número de obras, pero produce frecuentemente necesidades de ampliación.

Los problemas de rehabilitación de pavimentos pueden ser inmensamente variados y van desde la colocación de riego de rejuvenecimiento o construcción de sobrecarpeta, hasta reconstrucciones integrales; también han de considerarse los problemas emanantes de las ampliaciones de sección.

Las rehabilitaciones por incremento normal del tránsito suelen resolverse con el empleo de sobrecarpeta, en tanto que las reconstrucciones serán necesarias en pavimentos que muestren indicios de falla, consistentes en la aparición de deformaciones excesivas o en niveles muy elevados de deflexión.



CAPITULO I.

PAVIMENTOS.

Se llama pavimento al de conjunto de capas relativamente horizontales de materiales seleccionados y adecuadamente compactados; estructuradas de tal manera que recibe en forma directa los esfuerzos producidos por el tránsito y los transmite 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 a un en condiciones húmedas. Debe presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

1.1 TIPOS DE PAVIMENTOS.

➤ RÍGIDOS

Son aquellos fundamentados por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub-rasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto el apoyo de las capas subyacentes ejerce influencia en el diseño del espesor del pavimento.



Fig. 1.1.1 Fotografías de la elaboración y el fraguado de una capa de rodadura de un pavimento rígido.

➤ FLEXIBLE

Están formados por una carpeta asfáltica apoyada sobre una o varias capas flexibles, es decir que admiten grandes deformaciones bajo la aplicación de carga; estas capas transmiten los esfuerzos al terreno de soporte mediante un mecanismo de disipación de tensiones, las cuales van disminuyendo paulatinamente con la profundidad.



Fig. 1.1.2 Fotografías del compactado de la sub-base y de la capa de rodamiento de un pavimento flexible.

➤ SEMI – RIGIDO

Compuesto por una capa de suelo-cemento, que se asemeja a la placa de concreto hidráulico del pavimento rígido, sin embargo su rigidez es mucho menor y por esta razón admite deformaciones mayores, transmitiendo los esfuerzos al suelo de soporte por disipación y repartición, por esta razón el comportamiento de un pavimento semi-rígido es mixto, a pesar de todo se acepta una mayor similitud al pavimento rígido.



Fig. 1.1.3 Fotografías de un pavimento semi-rígido.

➤ ARTICULADO

Las enormes ventajas que ofrece este pavimento, han hecho que su uso tenga un incremento explosivo, construyéndose, hoy millones de metros cuadrados de pavimentos de adoquín, en calles de ciudades, principalmente.

En especial estos pavimentos son adecuados para remodelar zonas de ciudades, de valor histórico o arquitectónico, además de que permiten la recuperación de agua en los mantos acuíferos.

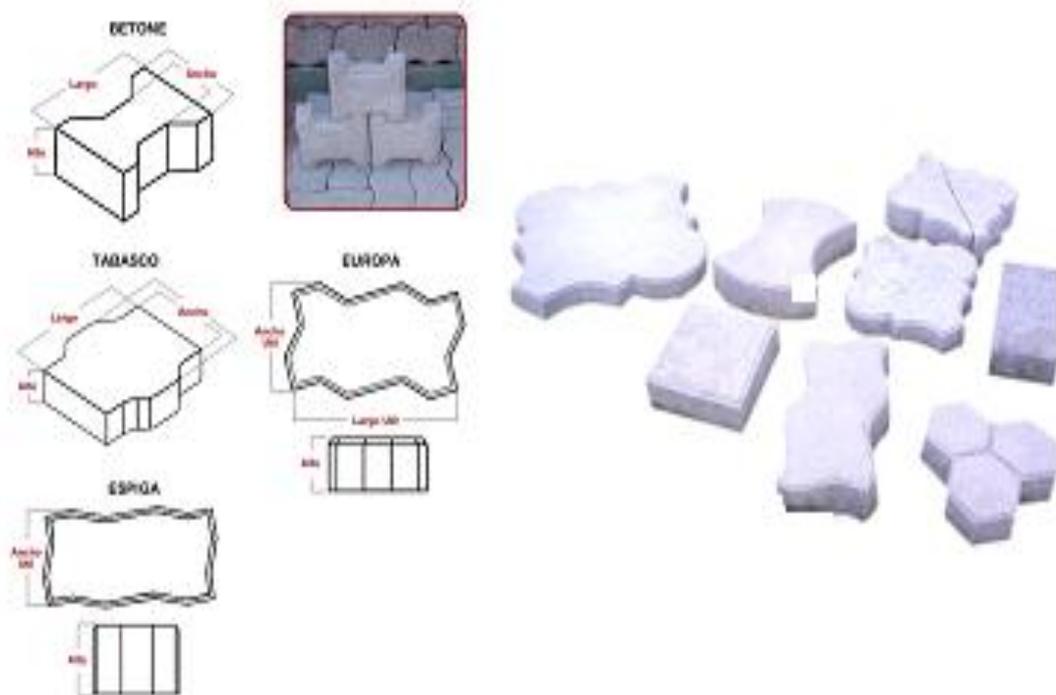


Fig. 1.1.4 Fotografías de la velación y colocación de un pavimento articulado.



CAPITULO II.

PAVIMENTOS FLEXIBLE.

El pavimento 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, las cuales se construyen sobre la carpeta subrasante.

Su finalidad es cumplir con los siguientes propósitos:

1. Soportar y transmitir las cargas que se presentan con la circulación de vehículos.
2. Ser lo suficientemente permeable.
3. Soportar el desgaste por el tránsito y el clima.
4. Mantener una superficie cómoda y segura (antideslizante) el rodamiento de los vehículos.
5. Mantener un grado de flexibilidad para cubrir los asentamientos que presente la capa inferior (base o sub-base).

Características	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
Costo inicial	Menor	Mayor
Mantenimiento	Mayor	Menor
Comodidad	Mayor	Menor
Rugosidad	Mayor	Mayor
Durabilidad	Menor	Mayor
Permeabilidad	Menor	Mayor
Distribución de Carga	Menor	Mayor

Tabla 2. Comparativa de las características de los pavimentos flexibles y rígido.

2.1 TERRACERÍAS.

Se llama terracerías al conjunto de obras compuestas de cortes (extracciones) y terraplenes (rellenos). Las terracerías están compuestas de dos partes: la inferior o cuerpo del terraplén y la superior o capa subrasante, con un espesor mínimo de 30 cm, constituida generalmente con materiales que deben cumplir con las normas de resistencia mínimas, expansión y otras características de acuerdo con las funciones que tendrá la estructura.

La extracción puede hacerse a lo largo de la línea de la obra y este volumen de material se usa en la construcción de los terraplenes o los rellenos, las terracerías son compensadas y el volumen de corte que no se usa se denomina desperdicio. Si el volumen que se extrae en la línea no es suficiente para construir los terraplenes o los rellenos, se necesita extraer material fuera de ella, o sea, en zona de préstamos.

Las terracerías en terraplén (Fig. 2.1.1) se dividen en el cuerpo del terraplén, que es la parte inferior, y la capa subrasante, que se coloca sobre la anterior con un espesor mínimo de 30 cm. Cuando se va a construir un camino que presente un TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) mayor a 5000 vehículos, es necesario que se construya bajo la subrasante una capa conocida como sub-yacente; la cual deberá tener un espesor mínimo de 50 cm. (Fig. 2.1.2).

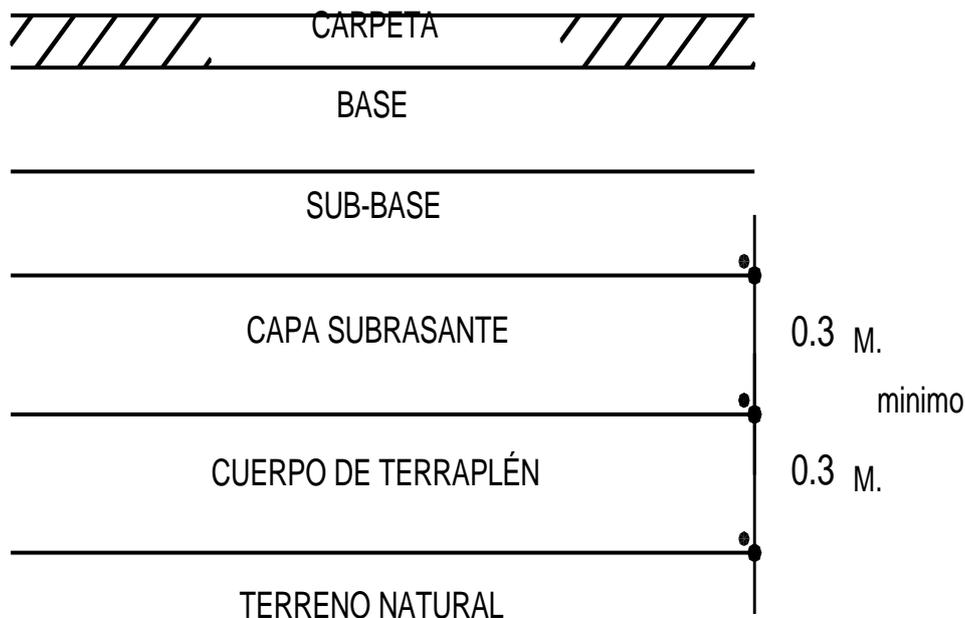


Fig. 2.1.1. Sección transversal en terraplén de una obra vial con volumen de tránsito de hasta 5000 vehículos diarios. Las terracerías se componen del cuerpo del terraplén y de la capa subrasante en la parte superior. El pavimento se coloca sobre esta capa.

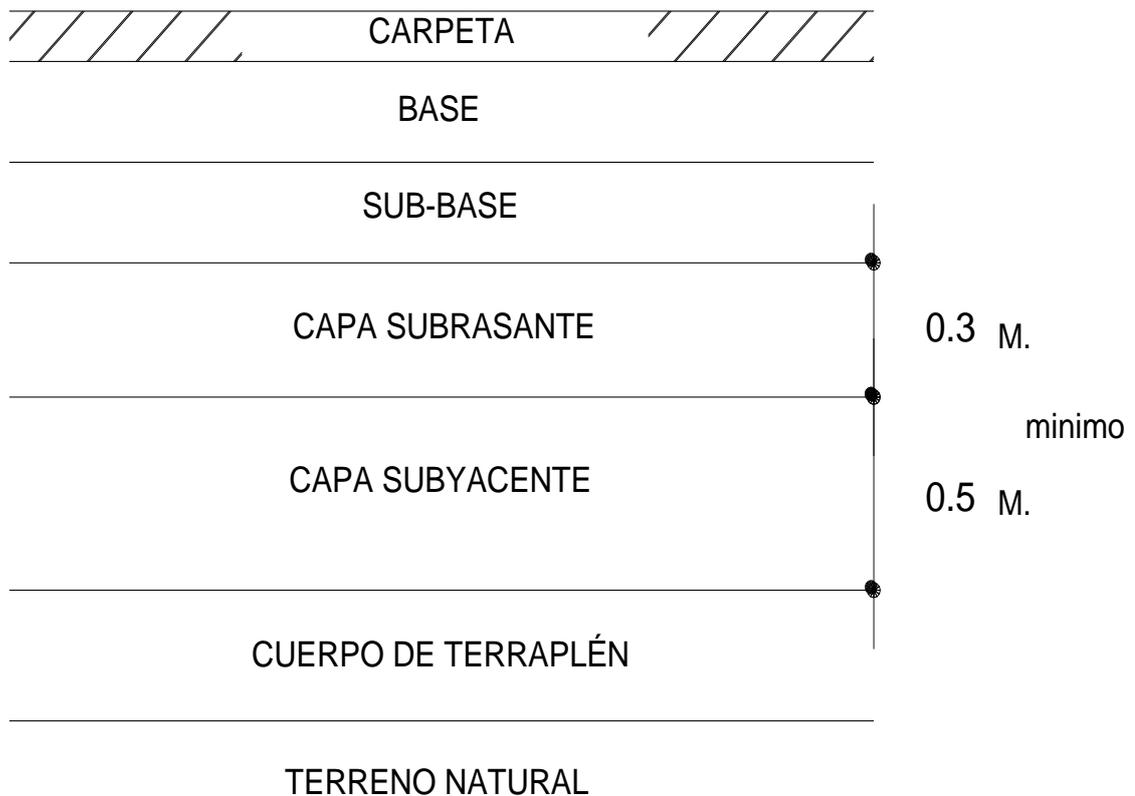


Fig. 2.1.2. Sección transversal en terraplén de una obra vial con volumen de tránsito mayor que 5000 vehículos diarios. Las terracerías se componen del cuerpo del terraplén en la parte inferior; enseguida se encuentra la capa subyacente de 50 cm. de espesor; después se encuentra la capa subrasante, con un mínimo de 30 cm. de espesor; y sobre esta última se coloca el pavimento.

2.2 CUERPO DEL TERRAPLÉN.

La finalidad de esta parte de la estructura de una vía terrestre son las siguientes:

Alcanzar la altura necesaria para satisfacer las especificaciones geométricas en lo relativo a la pendiente longitudinal.

Resistir las cargas de tránsito transmitidas por las capas superiores y distribuir los esfuerzos a través de su espesor para transformarlos en forma adecuada al terreno natural, de acuerdo con su resistencia.

Los materiales empleados para construir el cuerpo del terraplén deben tener un VRS mayor a 5% y su tamaño máximo puede ser de hasta 75 cm. Los materiales utilizados en la construcción del cuerpo de terraplén se dividen en compactables y no compactables.

Un material es compactable cuando, después de disgregarse, se retiene menos del 20% en la malla de 7.5 cm. (3") y menos del 5% en malla de 15 cm. (6"). Los materiales no compactables carecen de estas características.

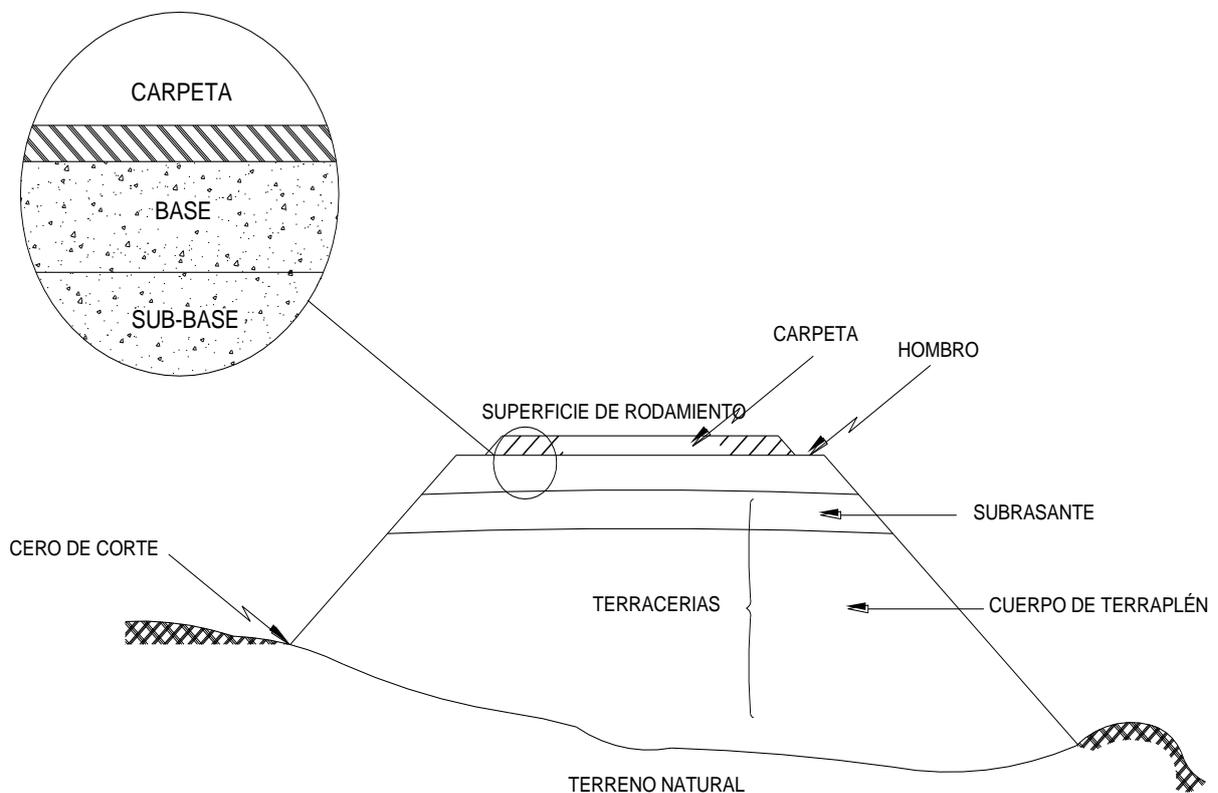


Fig. 2.2.1. Sección transversal típica en terraplén para carreteras de dos carriles.

2.3 FUNCION DE LAS CAPAS

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 está 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 zigzag 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 fricciones 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 transmitir las 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.

2.4 FUNCION DE LA CARPETA.

Esta es la capa o capas, formada de agregados pétreos y asfalto (mezcla asfáltica), colocados sobre la capa base. En pavimentos de poco a regular tránsito, se coloca una carpeta de un solo espesor y en casos de tránsito intenso y pesado, el espesor de la carpeta asfáltica se divide en:

- a) Carpeta de desgaste.
- b) Capa de liga.

La función de la carpeta asfáltica es proporcionar una superficie tersa y segura al rodamiento de los vehículos. Debe tener suficiente resistencia tanto al desgaste como a la fractura para soportar las cargas.

Debe ser antiderrapante y no deformarse. A la carpeta asfáltica la acompañan otros elementos asfálticos, como riego de liga y riego de impregnación.



CAPITULO III
TIPOS, CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LOS
PRODUCTOS ASFALTICOS

CAPITULO III.

TIPOS, CARACTERISTICAS Y USOS DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS

3.1 ASFALTOS

El asfalto es un material viscoso, pegajoso y de color negro, usado como aglomerante en mezclas asfálticas para la construcción de carreteras, autovías o autopistas. También es utilizado en impermeabilizantes. Es un material de los llamados termoplásticos, el cual es muy complejo desde el punto de vista químico ya que es obtenido como el residuo en el proceso de refinación del petróleo crudo. Esto hace que el control de calidad de este material sea pobre, además de que sea una mezcla muy compleja de estructuras químicas complicadas. Sin embargo, este es un material de suma importancia para la industria de la construcción por sus propiedades de consistencia, adhesividad, impermeabilidad y durabilidad, y sobre todo por el bajo costo ya que, como mencionamos, es el residuo en el proceso de refinación del petróleo.

El asfalto tiene varios nombres como: asfalto o bitumen, nafta-betunes, betún, cemento asfáltico, chapopote. Según la temperatura, el asfalto se puede encontrar en estado sólido o semisólido. Si se le calienta a la temperatura en que hierve el agua (100°C), el asfalto toma una consistencia pastosa con la que es muy fácil de trabajar gracias a la facilidad de su extensión. No se debe confundir con el alquitrán, que es también una sustancia negra, pero derivada del carbón, la madera y otras sustancias. El asfalto es procesado en plantas, existen dos tipos de plantas, Plantas tipo Batch y Plantas Continuas.

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 Materiales.) 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.

La siguiente 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.

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.

Tabla 3.1.1 Regionalización de los Productos Asfálticos.

Para mezclarse con los materiales pétreos, debe calentarse a 140 °C, por lo que es necesaria una planta. Las condiciones correspondientes se encuentran en la siguiente tabla:

Características	Cemento Asfáltico			
	Núm. 3	Núm. 6	Núm. 7	Núm. 8
Penetración, 100 g 5 s, 25 °C	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C, s, mínimo	60	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C	37-43	45-52	48-56	52-60
Ductibilidad, 25 °C, cm, mínimo	60	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm ³ , 5h, 163 °C:				
Penetración retenida, por ciento, mínimo	40	50	54	58
Penetración por calentamiento, por ciento, máximo	1.4	1.0	0.8	0.8

Tabla 3.1.2 Especificaciones para cementos asfálticos.

3.2 REBAJADOS ASFÁLTICOS.

Con el fin de poder trabajar con el cemento asfáltico a temperaturas menores, es necesario fluidificarlo; para ello se producen los rebajados y las emulsiones asfálticos.

Los rebajados asfálticos se fabrican diluyendo el concreto asfáltico en gasolina, tractolina (también conocida como petróleo diáfano), diesel o aceites ligeros.

En el primer caso se obtienen los rebajados de fraguado rápido, FR; en segundo caso, los rebajados de fraguado medio o FM; y, por último los de fraguado lento o FL. Todos estos se pueden producir con diferentes proporciones de cemento asfáltico (de 50 a 80%) y los correspondientes solventes o "Fluxes" (de 50 a 20%). De esta manera, hay cinco de cada rebajado, que se numeran del 0 al 4; los que tienen gran cantidad de cemento asfáltico son los de mayor denominación y ésta disminuye a medida que aumenta el contenido de los solventes. Así, existe FR del 0 al 4, FM del 0 al 4 y FL del 0 al 4 (FL-0, FL-1, FL-4).

Para realizar las mezclas con los agregados pétreos y los cementos o los rebajados asfálticos, es necesario que los primeros estén bien secos, pues de otra manera no hay adherencia con el asfalto.

3.3 EMULSIONES

Podemos definir una emulsión como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. Las emulsiones son sistemas formados por dos fases parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua (o dispersante) y la otra la fase discreta (o dispersa). Esto puede apreciarse en la Figura 3.3.1, en donde se muestra un dibujo esquemático de una emulsión.

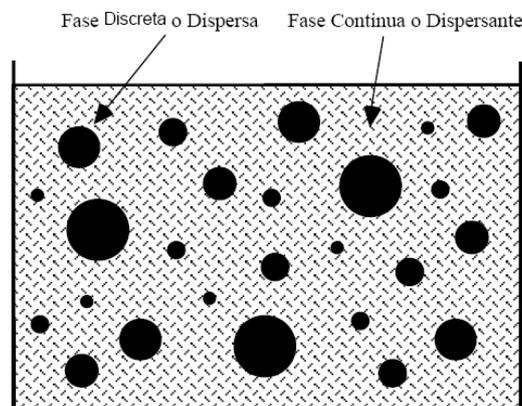


Figura 3.3.1. Diagrama Esquemático de una Emulsión.

Generalmente el tamaño de la fase discreta tiene alguna dimensión lineal entre 1 nanómetro y 1 micra. Son estos tamaños tan pequeños los que le dan a las emulsiones sus importantes e interesantes propiedades. La ciencia que trata con las emulsiones es multidisciplinaria.

Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de emulgente usado. En este caso podemos hablar de dos tipos, aniónicas y catiónicas:

1) Emulsiones Aniónicas

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad negativa a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga negativa.

2) Emulsiones Catiónicas:

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad positiva a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga positiva.

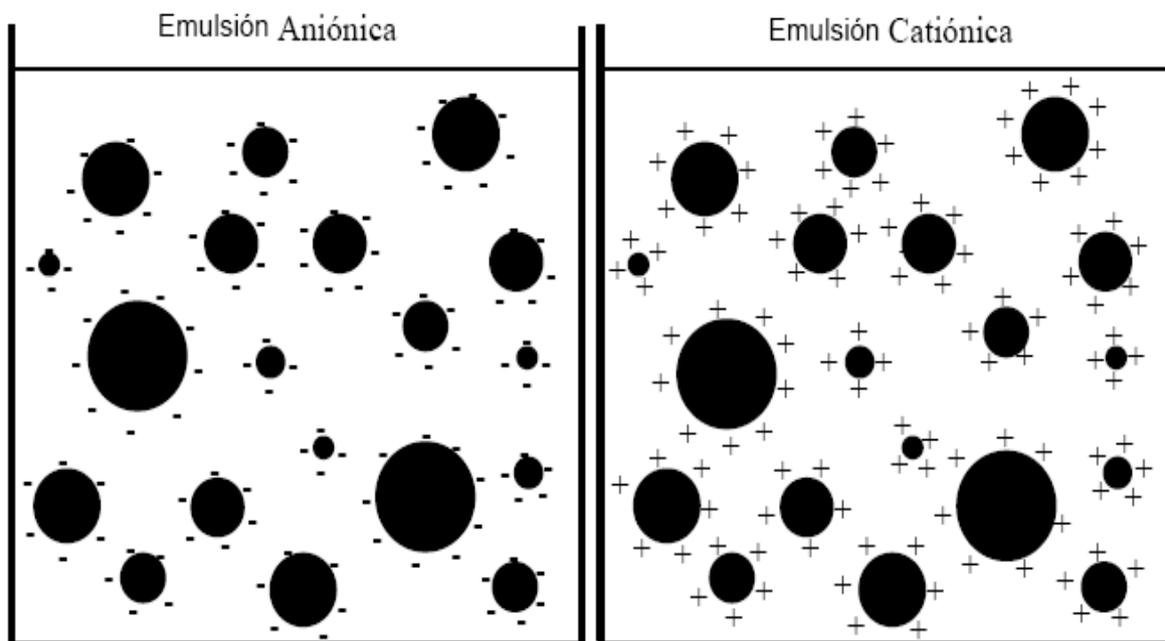


Figura 3.3.2. Representación Esquemática de una Emulsión Aniónica y de una Catiónica.

Respecto a la estabilidad de las emulsiones asfálticas, éstas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- a) De Rompimiento Rápido:
Estas se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos (con excepción de la emulsión conocida como ECR-60), la cual no se debe utilizar en la elaboración de estas últimas.
- b) De Rompimiento Medio:
Estas normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos es menor o igual al 2%, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.
- c) De Rompimiento Lento:
Estas se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.
- d) De Impregnación
Estas se utilizan para impregnaciones de sub-bases y/o bases hidráulicas.
- e) Súper Estables:
Estas se emplean en la estabilización de materiales y en la recuperación de pavimentos.

Usos de las Emulsiones Catiónicas.

Sus usos se hacen extensivos a las emulsiones asfálticas catiónicas, entre los que destacan:

- 1) Usos generales.
 - 2) Juntas para pavimentos hidráulicos.
 - 3) Adhesivos.
 - 4) Selladores.
 - 5) Impermeabilizantes.
 - 6) Recubrimiento de tubería especial.
 - 7) Para tratamientos superficiales, para pavimentos asfálticos, en carreteras y aeropistas
- Riegos de impregnación.
 - Riegos de imprimación o penetración.
 - Riegos negros con emulsión diluida.
 - Riegos de liga.
 - Riegos de sello con arena o gravilla seleccionada

- 8) Morteros asfálticos o Slurry Seal (sólo con emulsiones asfálticas).
- 9) Bacheo.
- 10) En la masa o mezcla asfáltica, para carreteras y aeropistas.
- 11) Mezcla cerrada y mezcla abierta.
- 12) Grava - emulsión y arena – emulsión.
- 13) Penetración.
- 14) Impregnación.

Según el contenido de asfalto en la emulsión, su tipo y polaridad, las emulsiones asfálticas se clasifican como se muestra en la Tabla 3.3.3.

Clasificación	Contenido de Asfalto (% en masa)	Tipo de Rompimiento	Polaridad
EAR-55	55	Rápido	Aniónica
EAR-60	60	Rápido	Aniónica
EAM-60	60	Medio	Aniónica
EAM-65	65	Medio	Aniónica
EAL-55	55	Lento	Aniónica
EAL-60	60	Lento	Aniónica
EAI-60	60	Para Impregnación	Aniónica
ECR-60	60	Rápido	Catiónica
ECR-65	65	Rápido	Catiónica
ECR-70	70	Rápido	Catiónica
ECM-65	65	Medio	Catiónica
ECL-65	65	Lento	Catiónica
ECI-60	60	Para Impregnación	Catiónica
ECS-60	60	Sobre-Estabilizada	Catiónica

Tabla 3.3.3. Clasificación de las Emulsiones Asfálticas.

Material asfáltico	Vehículo para su aplicación	Usos más comunes
Cemento asfáltico	calor	Se utiliza en la elaboración en caliente de carpetas, morteros y estabilizaciones, así como elementos base para la fabricación de emulsiones asfálticas
Emulsión asfáltica	agua	Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas, morteros, riegos y estabilizaciones.
Asfalto rebajado	solvente	Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas, y para la impregnación de sub-base y base hidráulica.

Tabla 3.3.4. Clasificaciones, vehículo y uso más común de los productos asfálticos.



CAPITULO IV
MEZCLAS ASFÁLTICAS

CAPITULO IV.

MEZCLAS ASFÁLTICAS

Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato, de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua a éste. Se fabrican en unas centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan.

Las mezclas asfálticas se utilizan en la construcción de carreteras, aeropuertos, pavimentos industriales, entre otros. Sin olvidar que se utilizan en las capas inferiores para tráficos pesados intensos.

Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (Filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto. El ligante asfáltico y el polvo mineral son los dos elementos que más influyen tanto en la calidad de la mezcla asfáltica como en su costo total.

El comportamiento de la mezcla depende de circunstancias externas a ellas mismas, tales como son el tiempo de aplicación de la carga y de la temperatura. Por esta causa su caracterización y propiedades tienen que estar vinculadas a estos factores, temperatura y duración de la carga, lo que implica la necesidad del conocimiento de la geología del material.

Las cualidades funcionales del firme residen fundamentalmente en su superficie. De su acabado y de los materiales que se hayan empleado en su construcción dependen aspectos tan interesantes y preocupantes para los usuarios como:

1. La adherencia del neumático al firme.
2. Las proyecciones de agua en tiempo de lluvia.
3. El desgaste de los neumáticos.
4. El ruido en el exterior y en el interior del vehículo.
5. La comodidad y estabilidad en marcha.
6. Las cargas dinámicas del tráfico.
7. La resistencia a la rodadura (consumo de carburante).
8. El envejecimiento de los vehículos.
9. Las propiedades ópticas.

Estos aspectos funcionales del firme están principalmente asociados con la textura y la regularidad superficial del pavimento

Actualmente la tecnología de las mezclas está bien estudiada tanto desde el punto de vista experimental como del teórico, con una consecuencia práctica inmediata: la mejor adaptación de las fórmulas de trabajo y de los materiales a las condiciones reales de cada pavimento. Por ejemplo, son fácilmente asequibles estos ajustes, según la región climática o las condiciones de velocidad de los vehículos, en los métodos de diseño de pavimentos.

Como resumen, se puede decir que en una mezcla asfáltica, en general, hay que optimizar las propiedades siguientes:

- Estabilidad.
- Durabilidad.
- Resistencia a la fatiga.

Si la mezcla se usa como capa de rodadura hay que añadir las propiedades siguientes:

- Resistencia al deslizamiento.
- Regularidad.
- Permeabilidad adecuada.
- Sonoridad.
- Color, entre otras.

4.1 CLASIFICACION DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

Las mezclas asfálticas como ya hemos visto anteriormente sirven para soportar directamente las acciones de los neumáticos y transmitir las cargas a las capas inferiores, proporcionando unas condiciones adecuadas de rodadura, cuando se emplean en capas superficiales; y como material con resistencia simplemente estructural o mecánica e las demás capas de los firmes.

Existen varios parámetros de clasificación para establecer las diferencias entre las distintas mezclas y las clasificaciones pueden ser diversas:

a) Por Fracciones de agregado pétreo empleado.

- ❖ Masilla asfáltica: Polvo mineral más ligante.
- ❖ Mortero asfáltico: Agregado fino más masilla.
- ❖ Concreto asfáltico: Agregado grueso más mortero.
- ❖ Macadam asfáltico: Agregado grueso más ligante asfáltico.

b) Por la Temperatura de puesta en obra.

- ❖ Mezclas asfálticas en Caliente: Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La puesta en obra se realiza a temperaturas muy superiores a la ambiente, pues en caso contrario, estos materiales no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente.
- ❖ Mezclas asfálticas en Frío: El ligante suele ser una emulsión asfáltica (debido a que se sigue utilizando en algunos lugares los asfaltos fluidificados), y la puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.

c) Por la proporción de Vacíos en la mezcla asfáltica.

Este parámetro suele ser imprescindible para que no se produzcan deformaciones plásticas como consecuencia del paso de las cargas y de las variaciones térmicas.

- ❖ Mezclas Cerradas o Densas: La proporción de vacíos no supera el 6%.
- ❖ Mezclas Semi-cerradas o Semi-densas: La proporción de vacíos está entre el 6% y el 10%.
- ❖ Mezclas Abiertas: La proporción de vacíos supera el 12%.
- ❖ Mezclas Porosas o Drenantes: La proporción de vacíos es superior al 20%.

d) Por el Tamaño máximo del agregado pétreo.

- ❖ Mezclas Gruesas: Donde el tamaño máximo del agregado pétreo excede los 10mm.
- ❖ Mezclas Finas: También llamadas micróaglomerados, pueden denominarse también morteros asfálticos, pues se trata de mezclas formadas básicamente por un árido fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico. El tamaño máximo del agregado pétreo determina el espesor mínimo con el que ha de extenderse una mezcla que vendría a ser del doble al triple del tamaño máximo.

e) Por la Estructura del agregado pétreo.

- ❖ Mezclas con Esqueleto mineral: Poseen un esqueleto mineral resistente, su componente de resistencia debida al rozamiento interno de los agregados es notable. Ejemplo, las mezclas abiertas y los que genéricamente se denominan concretos asfálticos, aunque también una parte de la resistencia de estos últimos, se debe a la masilla.
- ❖ Mezclas sin Esqueleto mineral: No poseen un esqueleto mineral resistente, la resistencia es debida exclusivamente a la cohesión de la masilla. Ejemplo, los diferentes tipos de masillas asfálticas

f) Por la Granulometría.

- ❖ Mezclas Continuas: Una cantidad muy distribuida de diferentes tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.
- ❖ Mezclas Discontinuas: Una cantidad muy limitada de tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.

4.2 PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA CAPAS DE RODADURA.

La capa superior de un pavimento es la que debe proporcionar una superficie de rodadura segura, confortable y estética. Como todas las exigencias deseables para una superficie de rodadura no pueden optimizarse simultáneamente hay que equilibrar las propiedades contrapuestas para llegar a las soluciones más satisfactorias.

Los materiales asfálticos proporcionan superficies continuas y cómodas para la rodadura de los vehículos. No obstante, hay que establecer un balance entre la durabilidad, rugosidad, impermeabilidad, y otras características útiles o imprescindibles para el usuario. Por ejemplo, en los países fríos, en particular en el centro de Europa, se han desarrollado mezclas muy impermeables y ricas en mortero. Si estas mezclas no proporcionan la textura adecuada, se recurre a procedimientos ajenos a la propia mezcla como son la incrustación en la superficie de gravillas o al abujardado en caliente.

En las capas de rodadura el uso de agregados de alta calidad y de aditivos se justifica por las solicitaciones a que están sometidas. Actualmente la modificación de ligantes se ha generalizado para carreteras importantes persiguiéndose la optimización de la respuesta mecánica y de la durabilidad de la mezcla. Por la misma razón, la calidad de los agregados es absolutamente imprescindible, aunque todo ello suponga un costo mayor para el pavimento.

4.3 PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA CAPAS INFERIORES.

Las capas de espesor apreciable de un firme tienen una misión estructural fundamental para absorber la mayor parte de las sollicitaciones del tráfico, de forma que éstas lleguen convenientemente disminuidas a las capas inferiores, explanada o cimiento de la carretera.

Existen tendencias y países que llegan a utilizar paquetes asfálticos de gran espesor que forman la losa estructural fundamental del firme. En otros casos la función resistente radica en la colaboración con otras capas de materiales granulares o hidráulicos.

La tendencia española tradicional para el diseño de las mezclas de las capas gruesas de base ha sido la de elegir granulometrías inspiradas en el Instituto del Asfalto, con muchos huecos. Las mezclas anteriores son netamente abiertas con un esqueleto mineral, en cuyo rozamiento interno radica la función resistente. Estas mezclas se podían considerar inspiradas en las antiguas bases de piedra partida o Macadam tratadas por penetración con ligantes hidrocarbonados.

Parámetro de Clasificación	Tipo de mezcla
Fracciones de agregado empleadas	Masilla
	Mortero
	Concreto
	Macadam
Temperatura de puesta en obra	En Frio
	En Caliente
Huecos en la mezcla (h)	Cerradas ($h < 6\%$)
	Semicerradas ($6\% < h < 12\%$)
	Abiertas ($h > 12\%$)
	Porosas ($h > 20\%$)
Tamaño máximo del agregado ($t_{\text{máx}}$)	Gruesas ($t_{\text{máx}} > 10 \text{ mm}$)
	Finas ($t_{\text{máx}} < 10 \text{ mm}$)
Estructura del agregado	Con esqueleto mineral
	Sin esqueleto mineral
Granulometría	Continuas
	Discontinuas

Tabla 4.3.1. Clasificación de las Mezclas Asfálticas.

Propiedades técnicas de las mezclas asfálticas

Textura superficial

Conductividad hidráulica

Absorción de ruido

Propiedades mecánicas (en relación con el tráfico)

Resistencia a la fisuración por fatiga

Resistencia a las deformaciones plásticas permanentes

Módulo de rigidez

Resistencia a la pérdida de partículas

Durabilidad (en relación con el clima)

Resistencia al lavado por el agua

Resistencia a la fisuración térmica

Resistencia a la fisuración por reflexión

Resistencia al envejecimiento

Trabajabilidad

Compactabilidad

Resistencia a la segregación agregado grueso/fino

Resistencia a la segregación agregado/ligante

Tabla 4.3.2. Propiedades Técnicas de Mezclas Asfálticas.

Propiedades técnicas	Significativa para			
	Rodadura	Intermedia	Base	Subbase
A. Resistencia al deslizamiento				
A.1. Macrotextura	x	/	/	/
A.2. Microtextura	x	/	/	/
B. Propiedades Mecánicas (relacionadas con el tráfico)				
B.1. Resistencia a la fatiga/iniciación de grietas	x	x	x	/
B.2. Resistencia a la propagación de grietas	x	x	x	/
B.3. Resistencia a la deformación plástica permanente	x	x	x	/
B.4. Módulo de rigidez	x	/	/	/
B.5. Resistencia a la pérdida de partículas/generales	1)	/	/	/
B.6. Resistencia a la pérdida de partículas/neumáticos con clavos	2)	/	/	/
C. Propiedades de durabilidad (relacionadas con el clima)				
C.1. Resistencia al lavado por el agua	x	x	x	X
C.2. Resistencia al envejecimiento	X	/	/	/
C.3 Resistencia a la fisuración térmica	x	/	/	/
D. Propiedades relativas a la trabajabilidad				
D.1. Compactabilidad	x	x	x	x
D.2. Sensibilidad a la segregación/agregado grueso/fino	x	x	x	X
D.3. Sensibilidad a la segregación/escurrimiento de ligante	x	/	/	/
E. Otras propiedades				
E.1. Conductibilidad hidráulica	1)	/	/	/
E.2. Absorción de ruido	1)	/	/	/

1) Sólo en mezclas drenantes.

2) Sólo en zonas en las que se permite neumáticos con clavos

Tabla 4.3.3. Propiedades de Mezclas Asfálticas Significativas para cada Capa.



CAPITULO V.

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Las vías terrestres se proyectan y se construyen para que estén en servicio por un determinado número de años, llamado horizonte de proyecto de la obra. Al concluir este tiempo, los caminos se abandonan, se rescatan y se construyen con el objeto de aumentarse el servicio por más tiempo, que es en general lo que sucede.

Al estar en operación, una obra se deteriora poco a poco y presenta diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros pueden ser pequeños al principio; pero más adelante probablemente sean más serios y aceleren la falla de la vía; por esto, una obra requiere mantenimiento o conservación, para que por lo menos cumplan con su vida de proyecto y proporcionar un servicio adecuado.

Es necesario un análisis concienzudo para seleccionar el método y los materiales adecuados para la reparación de los pavimentos asfálticos. Ambos factores deben de ser considerados de acuerdo con las condiciones locales, aun que en principio los trabajos de mantenimiento de pavimentos asfálticos siguen una misma secuela. El primer paso para proceder a la reparación es determinar la causa de la falla, para poder atacar el problema desde la raíz, ya que de nada serviría por ejemplo, sólo ponerle una carpeta, si la causa de falla es una base pobre o tiene problemas de drenaje, ya que la falla pronto volvería a aparecer.

5.1 DESCRIPCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS.

A continuación, se describen diferentes tipos de fallas que se presentan en el pavimento y sus causas probables.

- a) Agrietamiento.
- b) Distorsión.
- c) Desintegración o desprendimiento.
- d) Disgregación o desmoronamiento.
- e) Superficie lisa.

Son muy numerosas las diferentes causas que pueden originar estos tipos de fallas, pudiendo deberse a diferencias en el diseño (presencia de condiciones no previstas en el diseño; como drenaje, tránsito, clima, etc.) defectos en la construcción, control de calidad inadecuado, o mal calidad de los materiales.

a) Agrietamiento.

El agrietamiento puede deberse a defectos en la composición de la carpeta asfáltica, como podría ser el endurecimiento del asfalto, temperaturas bajas y baja ductibilidad del residuo. También se puede deber a que las cargas aplicadas por tránsito y sus repeticiones sean superiores a las contempladas en el diseño, lo que obviamente producirá la fatiga de los materiales. Pudiera ser que el mismo diseño no sea adecuado para manipular la información existente y los pavimentos diseñados en tal forma quedarán desde su nacimiento condenados a sufrir este tipo de falla.

El agrietamiento también puede ocurrir por deformaciones elásticas en suelos resistentes que constituyen las capas del pavimento o por deformaciones plásticas en las capas inferiores a la carpeta, o aun fallas por falta de capacidades de carga en alguna o algunas de las capas que constituyen el pavimento.

La forma de reparar este tipo de fallas ha sido perfectamente estandarizada y varía desde el simple sellado de las fisuras hasta el bacheo en caja en zonas muy dañadas y la posterior construcción de una sobre carpeta en el las zonas menos dañadas de un pavimento muy agrietado.

A continuación se describe en forma muy somera los tipos de agrietamientos más comunes en los pavimentos asfálticos y las recomendaciones sugeridas para su reparación.



5.1.1. Fotografía del agrietamiento de una vialidad.

- **Agrietamiento tipo cocodrilo.**

Este tipo de fallas se puede presentar en forma de grietas interconectados dando la apariencia de una piel de cocodrilo. Dicha falla es causada por flexiones excesivas de la carpeta, colocada sobre una subrasante, sub-base inestables. Este tipo de fallas obliga a una atención inmediata ya que es falla progresiva que termina con la disgregación de la carpeta.

En general los trabajos correctivos para esta falla podrán consistir en reparaciones permanentes o en reparaciones temporales de emergencia.

Las reparaciones permanentes consistirán en remover la carpeta y lo que sea necesario de la base, sub-base, y subrasante de tal manera de obtener un soporte firme. Se efectúan los cortes rectangulares o cuadrados de tal manera que dos de sus lados sean perpendiculares a la dirección del tránsito. Las paredes de la excavación deberán ser verticales la amplitud de la excavación deberá incluir toda el área agrietada y al menos unos 30 cm. mas del pavimento en buenas condiciones. Debe instalarse sub-drenaje si la causa de la falla fue el agua. El siguiente paso consiste en aplicar un riego de impregnación a las paredes verticales; se llena la excavación con mezcla asfáltica y se compacta adecuadamente utilizando rodillos metálicos si el área es grande, o placa vibratoria si el área es pequeña.



5.1.2. Fotografía de falla tipo cocodrilo.

b) Distorsión.

Las distorsiones generalmente se deben a cargas y repeticiones no preventivas en el diseño, contenidos elevados de asfalto y / o solventes, mala calidad de las capas que subyacen a la carpeta debido a problemas de compactación, exceso de finos, plasticidad de los suelos etc. También se puede presentar este problema por una nivelación inadecuada, construir en época de lluvia, personal inexperto, deficiencia en el control.

El tránsito también puede ocasionar este daño debido a fugas de combustible o por el frenado y arranque. Los asfaltos suaves, agregados redondeados y el diseño inadecuado de la mezcla también pueden colaborar a este tipo de daño.

Para la reparación de este tipo de fallas es común renivelar y colocar sobrecarpetas, llegándose alguna vez a la remoción de la carpeta inestable y su posterior colocación.



5.1.3. Fotografía de falla por distorsión.

c) Desintegración o desprendimiento.

Este tipo de falla también común, aunque no tan molesto para el usuario como el caso de las deformaciones, se debe también a un gran número de causas entre los que se podrían citar:

- Construcción y control inapropiado.
- Contenidos deficientes de asfalto.
- Humedad excesiva de las capas subyacentes.
- Carpetas muy delgadas.
- Tránsito muy pesado, o permitir su circulación durante el sello.
- Falta de sello o su aplicación tardía.
- Asfaltos muy duros.
- Agregados inapropiados.
- Presencia de agua en la mezcla.
- Factores climáticos.
- Mal diseño de la mezcla.

La desintegración de la carpeta también se presenta en carpetas asfálticas por oxidación, o en carpetas relativamente recientes con escaso contenido de asfalto.

Las reparaciones de este tipo de daños pueden variar desde la simple aplicación de riego de sello con o sin agregados dependiendo de la magnitud del daño hasta el bacheo, aunque en ocasiones a una reconstrucción.



5.1.4. Fotografía de falla por desintegración.

d) Disgregación o desmoronamiento.

Esta es una falla de desintegración progresiva, consiste en la separación de los agregados pétreos o de pequeños trozos de carpeta. Las causas que pueden originar esta falla son:

- Insuficiente compactación durante la construcción.
- Colocación de la carpeta en tiempo muy húmedo o frío.
- Utilización de agregados sucios o desintegrados.
- Falta de asfalto en la mezcla y/o sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica.

Cuando la falla se encuentra en sus inicios, podrá efectuarse un mantenimiento preventivo, que consiste en un riego de mortero asfáltico (Slurry Seal), si la falla se encuentra muy avanzada, y la superficie muy extensa podrá llegarse a requerir un reencarpetado.



5.1.5. Fotografía de falla por disgregación.

e) Superficie lisa.

La superficie resbalosa es una de los problemas más serios en pavimentos en lo que concierne a la pérdida de vidas e inmuebles en carreteras, debido a accidentes. Este daño puede deberse a la carpeta a:

- Pulimento de los agregados.
- Llorado de asfalto.
- Desprendimiento de los agregados.
- Mal drenaje superficial.

La reparación que generalmente se recomienda, consiste en:

- Aplicar arena caliente en pavimentos lloviendo.
- Ranurar la carpeta.
- Construir una sobre-carpeta empleando agregados duros y con suficiente asfalto para que no se presente su oxidación, ni se desprenda el agregado, pero en tal cantidad que no sea susceptible de sufrir el efecto conocido como llorado.



5.1.6. Fotografía de un accidente provocado por la combinación de una carpeta lisa y lluvia

f) Oxidación

La oxidación del asfalto es la falla que presenta características de un excesivo intemperismo del asfalto, ya sea por agentes meteorológicos o temperaturas. La oxidación del asfalto ocasiona una falta de adherencia del producto asfáltico.

Normalmente esta falla se puede corregir mediante un tratamiento superficial del área afectada a fin de proteger la estructura del concreto asfáltico en la zona interesada. Si el problema es la humedad de las capas inferiores del pavimento, es necesario corregir previamente el sub-drenaje.

Otra alternativa para corregir esta falla, es utilizando un producto patentado "Reclamite", para devolver al asfalto sus propiedades originales.

El procedimiento consiste en regar la superficie oxidada con el producto mencionado.



5.1.7. Fotografía de una carpeta asfáltica con una sección con problemas de oxidación y otra sección reparada a base de un sello asfáltico.

g) Calaveras

Las calaveras son huecos que se forman en la superficie de rodamiento e incluso llegan a ser muy numerosos; su tamaño no es mayor que 15 cm. se debe a una calidad insuficiente en la base, o carpetas con contenido de asfalto menor que el óptimo o por colocar una carpeta sobre otra agrietada y calaverada, que se refleja en la nueva



5.1.8. Fotografías de fallas tipo calavera.

h) Baches

Se entiende por “bache” la pequeña falla de un pavimento, caracterizada por una depresión, agujero o rotura de una superficie. Puede ser bache en carpeta asfáltica, en adoquín, empedrado o losa de concreto.

Bacheo es la acción de corregir esas fallas



5.1.9. Fotografía de falla tipo bache.



CAPITULO VI

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.

Cuando una obra vial se pone en servicio, debe presentar las condiciones óptimas para su operación; al transcurrir el tiempo, se deteriora por el uso, dificultándose así cada vez más el tránsito, por lo que es preciso hacer una conservación normal adecuada y rehabilitaciones oportunas, para que la obra no llegue a tener una falla prematura.

Las fallas del pavimento pueden ser, **estructurales y funcionales**, según los parámetros existentes para definirlos

Las fallas estructurales implican una destrucción de la estructura del pavimento y, en general, se debe a que el tránsito que ha soportado la construcción es mayor al que se calculó para su vida útil; si este es el caso, la estructura cumplió su cometido. Aunque en otras ocasiones, la falla estructural se presenta en forma prematura; es decir, mucho antes de terminar su periodo útil y, entonces, se debe a espesores reducidos de pavimento, o que los materiales usados eran de mala calidad o a uno de estos factores, combinado con un mal drenaje y una baja compactación.

La falla funcional es aquella que tiene los cambios cuando las deformaciones superficiales son mayores que las tolerables y provoca ciertas incomodidades al tránsito, de acuerdo con el tipo de camino del cual se trate, pues se puede tener una superficie de rodamiento con deformaciones que son aceptables para caminos secundarios; pero inconvenientes para autopistas.

El sistema de evaluación que presentamos a continuación es el **Sistema de Evaluación de Pavimentos** (SEP), ya que éste mejoró el Sistema de Administración de Pavimentos (SIMAP) desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte en diferentes etapas durante los años 90's. Con base en la experiencia, aplicaciones y restricciones o fallas de las primeras versiones, tanto el IMT como la SCT decidieron diseñar un nuevo sistema, a fin de que el Sector Comunicaciones y Transportes, y en especial las áreas de infraestructura, Dirección General de Servicios Técnicos, y Dirección General de Conservación de Carreteras, contaran con una herramienta sencilla y de uso práctico para evaluar los pavimentos flexibles de la red federal de carreteras, y con los resultados del sistema en cuestión, los usuarios pudieran según su criterio, utilizar cualquier procedimiento adecuado de administración de la conservación. Además, con los resultados de ambos ya integrados, como es primero el Sistema de Evaluación de Pavimentos y luego el Sistema de Administración de la Conservación, el Sector se encontrará en condiciones de priorizar y presupuestar anualmente todas y cada una de las acciones de conservación requeridas.

La Dirección General de Servicios Técnicos y el Instituto Mexicano del Transporte tomaron la decisión de que el nuevo sistema utilizara segmentos de estudio con una longitud “estandarizada” de 1 Km.

En el módulo Datos Generales, además de los parámetros de entrada del sistema anterior, y en combinación con la experiencia mexicana y de otros países, se tomó la decisión de considerar para efectos de daño al pavimento y cuantificación de ejes equivalentes acumulados, los autobuses foráneos de pasajeros, y la clasificación completa de los camiones de carga desde dos hasta múltiples ejes.

Las diferentes versiones del Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos contemplaban una calificación subjetiva “sintiendo” el pavimento en evaluación, la cual asignaba valores de 5 para un camino excelente, y 0 para uno intransitable según la metodología de la AASHTO. El nuevo Sistema de Evaluación de Pavimentos toma como obligatoria la determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), midiendo con aparatos o equipos apropiados la rugosidad acumulada en 1 Km., y considerando el valor máximo 3,5 m/Km. como límite para calificar un buen o mal pavimento.

Se hace notar que este valor es solamente a título de sugerencia, pudiendo el usuario modificarlo hacia abajo si se quiere ser muy estricto o hacia arriba si se desea ser más benevolente.

El módulo o subsistema de Capacidad Estructural que evalúa el pavimento y su resistencia de soporte, bajo la acción del tránsito repetido se modificó sustancialmente, considerando ahora dos tipos de deflexión: la permisible o tolerable y la deflexión real bajo carga. En los casos en que la medición real sea menor de la permisible, el segmento estudiado se almacena y puede esperar al siguiente año para su próxima evaluación. En el caso contrario, si la deflexión real bajo carga medida en el campo excede la tolerable (que está en función de los espesores reales del pavimento al momento de la evaluación), el sistema sugerirá la necesidad de un refuerzo con base en sobrecarpetas o, en ciertos casos extremos, llegar al reciclado o reconstrucción del tramo si la carpeta ya se encuentra agrietada.

El sistema ahora contempla un módulo de Fricción, que valora la resistencia al deslizamiento de los vehículos en operación sobre una carretera. En pavimentos para aeropuertos, este parámetro era considerado obligatorio por la normativa internacional. Para el caso de vías nuevas y existentes de altas especificaciones y alta velocidad, tanto la SCT como el IMT consideraron la conveniencia de incluirlo. Este módulo estima un mínimo coeficiente de fricción para la condición más crítica, que es cuando el pavimento está mojado; sin embargo, en virtud de que se ha observado que deterioros como el llorado de asfalto o el pulido del agregado que forma el sello o la carpeta pueden llegar a propiciar condiciones peligrosas para la operación del transporte en la carretera; el sistema también incluye un mínimo coeficiente de fricción a cumplir en condiciones de pavimento seco.

El módulo Acciones de Conservación y sus respectivos costos no contempla la conservación rutinaria, pues se refiere a acciones simples y permanentes que la dependencia responsable del mantenimiento de carreteras debe considerar anualmente como rubro fijo, que sólo resulta afectado por la inflación anual. Tampoco toma en cuenta la modernización de caminos, ya que ésta corresponde a otra dependencia (Dirección General de Carreteras Federales de la SCT) y se deriva de otros problemas, por ejemplo, la congestión del camino cuando el flujo vehicular excede la capacidad disponible, y se requiere adición de nuevos carriles o la ampliación de los existentes.

El Sistema de Evaluación de Pavimentos sí involucra la conservación periódica y la reconstrucción, proponiendo a nivel de sugerencias ciertas estrategias o acciones de mantenimiento. Para tales acciones el sistema cuantifica a precios vigentes los costos involucrados, asignando factores de inflación o actualización de precios en función del período o años de diseño elegidos.

Finalmente, es importante hacer notar que con los resultados obtenidos del manejo cuidadoso de este Sistema de Evaluación de Pavimentos, los tramos de carretera estudiados estarán evaluados desde el punto de vista “pavimento” para que el usuario, utilizando con buen criterio esos resultados, obtenga un primer panorama global. Al unir resultados de este método con un Sistema de Administración de la Conservación, por ejemplo, el SISTER o el HDM-4, los funcionarios responsables del mantenimiento en el Sector estarán en posibilidad de priorizar la conservación en la red federal de carreteras, aumentando la longitud de carreteras en buen estado, y minimizando los tramos de carreteras en malas condiciones. Adicionalmente, se estima que con el uso periódico y constante de este sistema, el Sector podría integrar una valiosa base de datos con un historial permanente y actualizado, que podrá explotarse para múltiples usos y beneficios adicionales con el objetivo primordial de contar en el país con un transporte competitivo y eficiente, y de preservar la valiosa infraestructura carretera de la que México dispone actualmente.

6.1. PRINCIPALES MODIFICACIONES QUE SE INCLUYEN EN EL NUEVO SISTEMA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

El nuevo Sistema de Evaluación de Pavimentos pretende actualizar, afinar, modernizar y simplificar un sistema tal, que contemple la participación y sugerencias de los principales usuarios potenciales; esto es, de los ingenieros de campo de la Dirección General de Servicios Técnicos a través de sus Unidades Regionales y Unidades Generales de Laboratorios, así como de los ingenieros responsables de la conservación, tanto de las oficinas centrales de la Dirección General de Conservación de Carreteras como de las Residencias Generales de Conservación en los 31 Centros SCT.

Las principales modificaciones que se incluyen en el nuevo Sistema de Evaluación de Pavimentos son las siguientes:

1. El sistema contempla para estudio “segmentos” con longitud de 1 Km., lo que amplía la cobertura o capacidad del sistema para manejar con precisión, eficiencia y rapidez, del orden de 45 000 segmentos para archivo, evaluación y estudio. Las etapas previas del sistema contemplaban “segmentos” de 5 Km., lo cual fue considerado por la experiencia de gabinete y campo, y en muchos casos por la variación en topografía, suelos, hidráulica, etc., como poco representativo. Esta modificación complica la parte informática, puesto que se tiene que manejar un sistema con capacidad suficiente para procesar absolutamente toda la red federal (45 000 Km.), o en su defecto redes parciales que involucren cada entidad en particular.

Sin embargo, dados los avances de la informática en años recientes, el citado escollo pasa a ser irrelevante, estableciéndose de común acuerdo entre la SCT y el IMT la gran conveniencia de que el nuevo sistema tenga suficiente capacidad para manejar esos órdenes de magnitud.

2. En las fases previas del sistema (I y II), se manejó la cuantificación de vehículos con base en el tránsito diario promedio anual (TDPA), utilizándose la clasificación que publica año con año la SCT, a través de la Dirección General de Servicios Técnicos en sus aforos viales permanentes, y suponiendo tasas de crecimiento del tránsito con base en datos históricos.

En este sistema, se pretende mejorar la cuantificación de los volúmenes de tránsito, considerando exclusivamente los vehículos más frecuentes en las carreteras mexicanas, tanto de transporte de pasajeros como, especialmente, de carga. Para lo anterior, el Instituto Mexicano del Transporte, con el valioso apoyo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, tanto económico como de recursos humanos, desde 1991 ha realizado en el campo estudios muy completos de pesos y dimensiones, pudiendo afirmarse que actualmente se está comenzando a conocer la realidad del tránsito carretero a todo lo largo y ancho del país.

Debido a lo anterior, ya es posible cuantificar y plasmar en el sistema no solamente el total de vehículos que circulan diariamente en una carretera y su clasificación tradicional, esto es, vehículos ligeros, autobuses y varios tipos de transportes de carga. El Sistema de Evaluación de Pavimentos ofrece ahora la posibilidad, además de lo anterior, de cuantificar con precisión los vehículos de carga vacíos, las unidades de carga parcialmente cargadas, los transportes que van cargados conforme al reglamento y los que van sobrecargados en porcentajes hasta del 20%.

Con ello, el sistema será capaz a través de mecanismos adecuados de diseño, de calcular los ejes equivalentes de carga en la fecha de la evaluación del pavimento, y con sus tasas de crecimiento respectivas procesar y obtener el gran total de ejes equivalentes de carga que golpearán sistemáticamente en millones de ciclos a la sección estructural del pavimento, hasta llevarla a la fatiga pudiendo predecirse en determinados momentos la vida remanente del pavimento en cuestión.

3. Con relación al estado físico de la superficie de rodamiento de un pavimento, evaluado a través del índice de servicio actual (ISA) en la fase I del SIMAP, se hace notar que el antiguo sistema y todavía hoy vigente método de calificación que implantó la AASHO en los 60's, es una medida conservadora y hasta cierto punto válida, con el defecto de que es una calificación "subjetiva".

Tomando en consideración las innovaciones tecnológicas en la materia, y que es mucho más conveniente y preciso "cuantificar" el estado actual de la superficie de rodamiento que "sentirlo", el IMT, la SCT y algunos consultores privados han adquirido recientemente equipos de medición eficientes que pueden medir y cuantificar el IRI, recorriendo los tramos en estudio a la velocidad de operación o de proyecto de cada tramo carretero (equipos tales como el Mays-Meter, RSP perfilómetro láser Dynatest, y otros).

El valor del índice internacional de rugosidad (IRI) se deberá medir con equipo y personal de la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, comprometiéndose la dependencia a recorrer toda la longitud de la red federal de carreteras año con año. El sistema, ahora es capaz de registrar y archivar todos los valores medidos en el campo, kilómetro a kilómetro, proporcionando un primer listado de valores del IRI en toda la longitud de la red

Se establece un valor límite o umbral del IRI, que por cierto el usuario puede variar a su criterio; en principio, se tomó la decisión de que el sistema seleccione tramos que cumplen o no con un valor de 3,5 m/Km.; esto es, el segundo resultado del sistema a este nivel será proporcionar un listado de tramos de toda la red que están por debajo de ese valor límite, archivándolo en su base de datos, y recomendando su evaluación al año siguiente (IRI solamente). Asimismo, se obtiene con el índice internacional de rugosidad especificado un tercer listado de todos y cada uno de los tramos que "no cumplen", o sea los tramos que presentan rugosidad con valores superiores a los 3,5 m/Km., mismos que el sistema señalará en segmentos de 1 Km. que requieren evaluación adicional con otros parámetros, y que por supuesto necesitan intervención inmediata ese año, para los que posteriormente se listarán y cuantificarán las acciones de conservación.

4. El Sistema de Evaluación de Pavimentos contempla una modificación significativa en cuanto a los parámetros y determinación de la capacidad estructural del pavimento.

Para los tramos que están listados y que requieren intervención, determinados según se describe en el punto 3, producto de la evaluación con el IRI, el usuario debe proceder a la evaluación con base en medición de deflexiones en 25 puntos de cada segmento con longitud de 1 km. Por su parte, el Sistema de Evaluación de Pavimentos en sus fases I y II, sólo contemplaba medición de deflexiones bajo carga estándar, con equipo de viga Benkelman o Dynaflect.

El Sistema de Evaluación incluye adicionalmente equipos más modernos ya en uso, y que proporcionan buenos resultados tales como los FWD – equipos de deflexión por impacto dinámico, tipos KUAB o Dynatest producidos en EUA y Australia respectivamente, lo que amplía el abanico de equipos disponibles; el nuevo sistema tiene capacidad de archivar y procesar datos de esta naturaleza para cualquiera de ellos que se seleccione.

Adicionalmente, se incluye el parámetro denominado “deflexión tolerable o permisible”, mismo que el sistema determina con base en los espesores reales del tramo de pavimento en estudio.

El software involucrado está diseñado para que con los parámetros anteriores de entrada, deflexión característica o de diseño bajo carga real, deflexión permisible o tolerable con base en espesores reales del pavimento, y con el índice de tránsito de diseño pueda hacer la comparación entre ambas deflexiones, arrojando dos listados como sigue: un primer resultado, que proporciona al usuario todos los tramos que presentan deflexiones reales bajo carga “menores” a la deflexión permisible o tolerable, y un segundo listado, que contiene los tramos críticos que no cumplen y que requieren conservación porque presentan deflexiones reales bajo carga, “mayores” a la deflexión tolerable.

5. El Sistema de Evaluación de Pavimentos contempla como innovación un nuevo parámetro que no había sido considerado; esto es, el coeficiente de fricción o textura del pavimento, cuyo valor determina la buena o mala adherencia entre la llanta del vehículo y la superficie de rodamiento, estableciendo que la situación más crítica o desfavorable es la condición de “pavimento mojado”.

En el medio aeroportuario, y dada la importancia que se da a la seguridad del usuario en el transporte aéreo, además de la exigencia de cumplir con la normativa internacional, la medición de este importante parámetro desde hace 20 años se lleva a cabo periódicamente en los pavimentos que conforman el sistema terrestre aeroportuario, y que cubren el rodamiento

de aeronaves tanto en las operaciones de despegue como de aterrizaje en pistas, rodajes y plataformas de operación, debiendo cumplirse con valores límite de coeficiente de fricción ordenados por las autoridades nacionales e internacionales.

En virtud de lo anterior, y conscientes de que en el transporte terrestre hubo un rezago al respecto, tomando en consideración que a la fecha el país cuenta ya con una importante extensión de más de 6 000 km de carreteras de altas especificaciones, construidas con el tradicional pavimento flexible asfáltico y pavimentos rígidos de concreto hidráulico, de común acuerdo la SCT y el IMT tomaron la decisión de hacer obligatorio y de cuantificar el parámetro de fricción, mismo que el sistema captura, almacena y procesa, y del que provee resultados para que exista una toma de decisiones adecuada al respecto por parte de los ingenieros responsables de la conservación.

En principio, se sugieren los siguientes valores límite: mínimo coeficiente de fricción para pavimento seco de 0.8 y mínimo coeficiente de fricción para pavimento mojado, de 0.5.

6. Es importante hacer notar que el Sistema de Evaluación de Pavimentos constituye una base fundamental, y proporciona datos que alimentarán a cualquier Sistema de Administración de la Conservación; en otras palabras, la nueva versión aquí contemplada orienta a los usuarios a qué "nivel" de conservación se debe intervenir.

Esto es, el sistema "sólo propone" estrategias de intervención, correspondiendo al Sistema de Administración de la Conservación que tenga en uso o que elija la SCT, el análisis de las mismas en virtud de que la selección final es un asunto de carácter económico-presupuestal.

Por tratarse de pavimentos flexibles, la gran mayoría que atiende el Sector, se pensó en que las alternativas de solución de los tramos evaluados con el nuevo sistema contemplen 5, 10 y 15 años solamente, calculándose el costo presupuestal de cada intervención para que posteriormente el Sistema de Administración de la Conservación elegido pueda jerarquizar y analizar el reparto de los recursos con base en la rentabilidad de la inversión; esto es, costo/beneficio de cada obra en particular, y bajo las restricciones presupuestales impuestas.

7. Se resalta que ciertas acciones del mantenimiento o conservación de los pavimentos flexibles en la red federal de carreteras mexicanas son de carácter rutinario y permanente, acciones que junto con su costo involucrado, la Dirección General de Conservación de la SCT y sus Residencias Generales de Conservación en los 31 Centros SCT, definitivamente deben contemplar por separado en otro rubro, tanto de acciones a llevar a cabo, como del momento oportuno de ejecución y de los costos involucrados, por ser de carácter rutinario y de un nivel menor.

8. En virtud de lo anterior, el Sistema de Evaluación de Pavimentos desarrollado en este trabajo no contempla la conservación rutinaria ni la modernización de carreteras (que corresponde a otra dependencia y a otras necesidades); en cambio, definitivamente sí contempla la conservación periódica y los segmentos de vías estudiados que requieren reconstrucción. Esto es, los resultados finales del nuevo sistema incluyen los tramos que necesitan intervención, qué hay que hacer y cuánto cuesta.

Con relación al módulo económico que se manejó en las fases I y II, se hace notar que el nuevo sistema de evaluación contempla una modificación importante:

Se actualizan los costos reales de conservación a los años 1999 y 2000, y se prevén tasas de inflación anuales para que automáticamente el sistema contemple su actualización correspondiente.

9. Con los resultados parciales y finales que proporciona el Sistema de Evaluación de Pavimentos, el usuario está en posibilidad de obtener acciones de conservación convenientes para el corto y mediano plazos, que junto con su evaluación económica y contemplando la disponibilidad de recursos y su rentabilidad, la Secretaría a través de sus funcionarios responsables estará en posibilidad de tomar las decisiones sobre qué acciones ejercer en el siguiente año presupuestal, incluyéndolas en su solicitud anual.

6.2. MODULO DATOS GENERALES.

Dentro del Sistema de Evaluación de Pavimentos, el usuario deberá llenar como primer paso un formato llamado Datos Generales, que contendrá como su nombre lo indica, parámetros de entrada comunes a la carretera por evaluar.

El sistema está diseñado para subdividir la carretera en estudio, o subtramos en estudio, en segmentos con longitud estandarizada de un kilómetro (1 Km.).

El formato en cuestión contiene los siguientes parámetros de entrada:

- Fecha de evaluación
- Origen y destino de la carretera
- Origen y destino del tramo
- Origen y destino del subtramo (km inicial - km final)
- Coordenadas geográficas – origen y destino
- Número de carriles
- Periodo de diseño en años
- TDPA en ambas direcciones
- Tasa de crecimiento anual (%) del TDPA
- Clasificación detallada del tránsito

En este módulo se capturan datos relacionados con el tránsito vehicular, del cual para esta nueva versión, sólo se considerarán los transportes pesados; esto es, autobuses foráneos de pasajeros, y vehículos de carga, como los C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S2R4, entre otros. Las unidades ligeras se consideran de poca influencia en el daño acumulado a los pavimentos, y no se toman en cuenta.

Por otro lado, en cuanto al porcentaje de vehículos, el usuario tendrá dos opciones; una, reportar sólo el porcentaje de transportes vacíos y cargados (figura 6.2.1, simplificado – obligatorio); y dos, si cuenta con la información, el porcentaje preciso de los vehículos de carga que transitan vacíos, parcialmente cargados con el 20, 40, 60, 80 y 100%, respecto al volumen reglamentario, así como los sobrecargados hasta en 20% (figura 6.2.2, detallado –opcional).

Simplificado, obligatorio

**FORMATO
DATOS GENERALES
(simplificado)**



Origen de la carretera: _____	Fecha : _____
Origen del tramo: _____	Destino de la carretera: _____
Subtramo km inicial: _____	Destino del tramo: _____
Coordenadas geográficas origen: _____	Subtramo km final: _____
	Coordenadas geográficas destino: _____
Crecimiento tránsito anual: _____ %	Periodo diseño : _____ años
Carga legal por eje sencillo: _____ ton	No. de carriles: _____
Temperatura promedio anual: _____ °C	Origen de los datos: _____
Precipitación promedio de lluvia: _____	Temperatura máxima anual: _____
	Temperatura mínima anual: _____

Tipo de vehículo	TDPA		Porcentaje de vehículos	
	Composición vehicular		Cargados	Vacios
B				
C2				
C3				
T3S2				
T3S3				
T3S2R4				

Figura 6.2.1. Formato simplificado – obligatorio.

Detallado, opcional.

**FORMATO
DATOS GENERALES**
(detallado)



Origen de la carretera: _____	Fecha : _____
Origen del tramo: _____	Destino de la carretera: _____
Subtramo km inicial: _____	Destino del tramo: _____
Coordenadas geográficas origen: _____	Subtramo km final: _____
	Coordenadas geográficas destino: _____
Crecimiento tránsito anual: _____ %	Periodo diseño : _____ años
Carga legal por eje sencillo: _____ ton	No. de carriles: _____
Temperatura promedio anual: _____ °C	Origen de los datos: _____
Precipitación promedio de la lluvia: _____	Temperatura máxima anual: _____
	Temperatura mínima anual: _____

TDPA		Porcentaje de vehículos cargados Respecto al peso bruto vehicular reglamentado por el tipo de carretera						
Tipo de vehículo	Composición vehicular	0%	20%	40%	60%	80%	100%	120%
B								
C2								
C3								
T3S2								
T3S3								
T3S2R4								

Figura 6.2.2. Formato detallado –opcional.

Características superficiales

Los objetivos principales de la superficie de rodamiento en pavimentos para carreteras son proporcionar al usuario características de comodidad, seguridad y durabilidad.

La superficie de rodamiento de un pavimento se clasifica considerando la naturaleza de las irregularidades superficiales, las cuales afectan la seguridad, la comodidad y el costo de los usuarios.

Se estiman de importancia para caracterizar a los pavimentos, desde el punto de vista de su superficie:

Parámetro	Medida
Rugosidad	IRI (Índice de Rugosidad Internacional)
Fricción	IFI (Índice de Fricción Internacional)

La regularidad superficial se define normalmente, por un índice que se refiere a una determinada longitud de carretera. Los índices se obtienen midiendo el perfil longitudinal y aplicando un modelo matemático de análisis para reducir el perfil a un índice estandarizado.

6.3. MÓDULO DE RUGOSIDAD.

En el pasado, el equipo y método más utilizado para cuantificar la regularidad de un perfil ha sido una regla de 3 m que permite medir las irregularidades en el punto medio de la regla respecto a los dos extremos (que definen el plano de referencia). Longitudinal, ya sea de la magnitud de 3 o 7 m y que mediante un sistema gráfico o computarizado, determina la magnitud de las irregularidades en el punto medio del perfilógrafo, respecto a los dos extremos. También se utilizan otros, como el analizador dinámico del perfil longitudinal (APL, equipo francés), el analizador de la regularidad superficial (ARS, equipo español) y el Mays Ride Meter (equipo americano), que se usa actualmente en el país. Todos ellos se caracterizan por desplazarse a velocidades de operación de los demás vehículos en las carreteras, no interfiriendo con el flujo vehicular; las velocidades de operación van desde los 20 hasta los 80 Km/h.

Con el fin de estandarizar el valor de la regularidad superficial, el Banco Mundial propuso el índice internacional de rugosidad (IRI) que se basa en un modelo matemático denominado cuarto de carro normalizado (Golden Quarter Car) circulando a 80 Km/h. Dicho índice se obtiene a partir de la acumulación del desplazamiento relativo entre las masas de la carrocería y la suspensión del modelo, cuando el vehículo circula por el perfil del camino en estudio.

El propósito del sistema es analizar la red por segmentos de 1 Km., y establecer sus características de regularidad superficial. Se realiza la medición del IRI para cada segmento.

Para este caso, se decide en principio un valor límite de IRI igual a 3,5 m/Km., de acuerdo con lo recomendado en la Tabla 6.3.1., que proporciona valores internacionales, y a la experiencia nacional. Sin embargo, debe mencionarse que dicho valor de umbral se puede modificar de acuerdo con las características de la red analizada, y con la experiencia del administrador o responsable de la misma.

En muchos casos, el TDPA presente en el tramo analizado puede utilizarse como criterio para la elección de un valor límite de IRI, ya que el tránsito constituye un indicador de la importancia de la carretera y, por tanto, del nivel de deterioro tolerable en la misma.

Límites permisibles del IRI (m/km)

País	Autopista libre	Carretera nacional	Autopista de cuota
Bélgica	2,5	3,5	2,0
España	2,5	3,0	2,5
Francia	2,0	2,8	2,0
Portugal	2,2	3,5	2,0
Italia	2,0	3,0	2,0

Tabla 6.3.1. Límites permisibles del índice internacional de Rugosidad.

En la figura 6.3.2. Se presenta una correlación entre los tipos de superficie de rodamiento y el rango de los IRI medidos. Dicha tabla fue propuesta por el Banco Mundial como parte de la Guía para la Realización y Calibración de Mediciones de Regularidad en Carreteras

Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)	Índice Internacional de Rugosidad, IRI (m/km)						
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	> 12
0 - 4 999	<i>Muy bueno</i>		<i>Bueno</i>				
5 000 - 9 999			<i>Regular</i>	<i>Malo</i>			
10 000 - 19 999					<i>Muy malo</i>		
> 20 000							

Figura 6.3.2. Recomendaciones del TRB para la selección de valores máximos admisibles de IRI en función del TDPA.

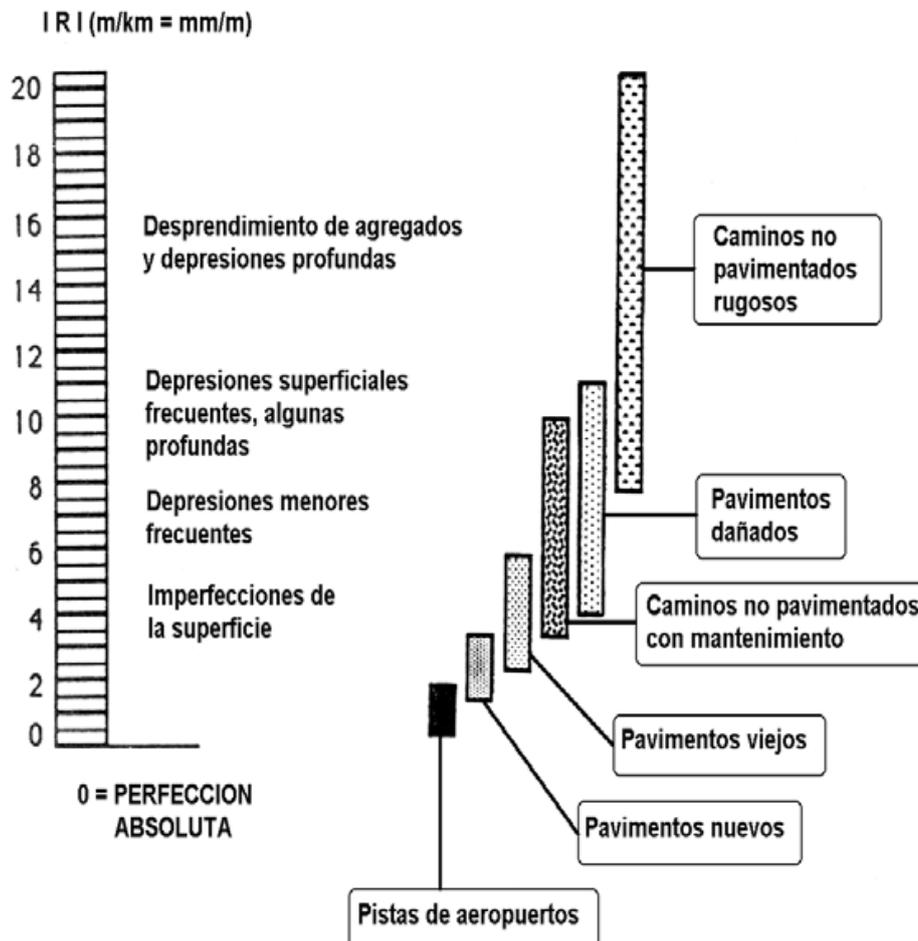


Figura 6.3.3. Escala del índice internacional de rugosidad, según el Banco Mundial.

Una vez que se haya capturado la información correspondiente al módulo de IRI, el sistema presentará un listado como el que se ejemplifica en la tabla 6.3.4, en donde se puede observar para cada uno de los segmentos estudiados su respectivo valor de IRI; por otro lado, se generará un listado correspondiente a aquellos segmentos que están por debajo del límite de IRI establecido (tabla 6.3.5); consecuentemente se archivarán en un listado, recomendando su evaluación para el próximo año. Finalmente, se mostrará un listado de los segmentos (tabla 6.3.6) que excedan dicho valor de umbral, y que por supuesto requieren de una conservación a corto plazo, siendo precisamente estos segmentos los que se analizarán desde el punto de vista estructural, en el módulo Capacidad Estructural.

**MÓDULO IRI
DATOS DE ENTRADA**



Segmento	Número	Velocidad	IRI
22+000-23+000	1	80	2,8
23+000-24+000	2	80	2,9
24+000-25+000	3	75	3,7
25+000-26+000	4	70	3,5
26+000-27+000	5	80	3,9
27+000-28+000	6	70	3,8
28+000-29+000	7	75	2,9
29+000-30+000	8	80	2,8
30+000-31+000	9	75	3,1
31+000-32+000	10	75	3,6
32+000-33+000	11	80	3,4
33+000-34+000	12	75	3,6
34+000-35+000	13	80	3,8
35+000-36+000	14	78	3,9
36+000-37+000	15	80	4,1
37+000-38+000	16	77	4,2
38+000-39+000	17	76	3,5
39+000-40+000	18	80	3,7
40+000-41+000	19	80	3,1
41+000-42+000	20	80	2,9

Tabla 6.3.4. Listado de los segmentos estudiados.

**MÓDULO IRI
sí cumplen**



Segmento	Número	Velocidad	IRI
22+000-23+000	1	80	2,8
23+000-24+000	2	80	2,9
28+000-29+000	7	75	2,9
29+000-30+000	8	80	2,8
30+000-31+000	9	75	3,1
32+000-33+000	11	80	3,4
40+000-41+000	19	80	3,1
41+000-42+000	20	80	2,9

Tabla 6.3.5. Listado de los segmentos que sí cumplen con el límite establecido por el usuario (en este caso 3,5 m/Km.).

**MÓDULO IRI
no cumplen**



Segmento	Número	Velocidad	IRI
24+000-25+000	3	75	3,7
25+000-26+000	4	70	3,5
26+000-27+000	5	80	3,9
27+000-28+000	6	70	3,8
31+000-32+000	10	75	3,6
33+000-34+000	12	75	3,6
34+000-35+000	13	80	3,8
35+000-36+000	14	78	3,9
36+000-37+000	15	80	4,1
37+000-38+000	16	77	4,2
38+000-39+000	17	76	3,5
39+000-40+000	18	80	3,7

Tabla 6.3.6. Listado de los segmentos que no cumplen con el límite establecido por el usuario

6.4. MODULO DE FRICCIÓN (CF)

En la presente versión del Sistema de Evaluación de Pavimentos se contempla un nuevo módulo, denominado Coeficiente de Fricción (CF), en el cual será obligatorio determinar valores para cada segmento que se evalúe dentro de la red federal y autopistas.

En lo que respecta a la fricción o resistencia al deslizamiento del pavimento, se considera la condición más desfavorable aquella en la que el pavimento se encuentra mojado. Su medida y estudio es fundamental, sobre todo en caminos de elevada intensidad de tránsito. La fricción se determina en forma indirecta midiendo el coeficiente de rozamiento entre el pavimento artificialmente mojado y una llanta especial. También se puede considerar de forma indirecta, al medir la textura del pavimento con ayuda de técnicas como el cono de arena.

El valor del coeficiente de fricción para pavimento mojado depende de una serie de factores; algunos inherentes a la carretera, como el estado de la superficie de rodamiento, drenaje, etc.; mientras que otros son responsabilidad del usuario (como la velocidad y el estado de las llantas), o de la naturaleza (lluvia, nieve, hielo sobre la carpeta, etc.). El coeficiente de fricción está en función de la velocidad y cantidad de agua que exista sobre el pavimento, además del tipo y del estado de la carpeta.

Al igual que otras características superficiales, los valores del coeficiente de fricción de un pavimento evolucionan con el tiempo, como consecuencia del pulido de la superficie por la acción repetida de las llantas de los vehículos.

Esta acción será más o menos intensa dependiendo del tipo de agregado utilizado. Así por ejemplo, para agregados calizos el problema cobra indiscutible importancia, lo que quizá no sea tan marcado cuando se utilizan agregados de origen volcánico. Por tanto, es necesario determinar periódicamente de manera indirecta la resistencia al deslizamiento mediante equipos que determinen el coeficiente de fricción.

Uno de los equipos más sencillos que proporcionan una medida adecuada del coeficiente de fricción, es el péndulo del TRRL (Transport and Road Research Laboratory), mostrado en la Fig. 6.4.1 y que se describe a continuación.

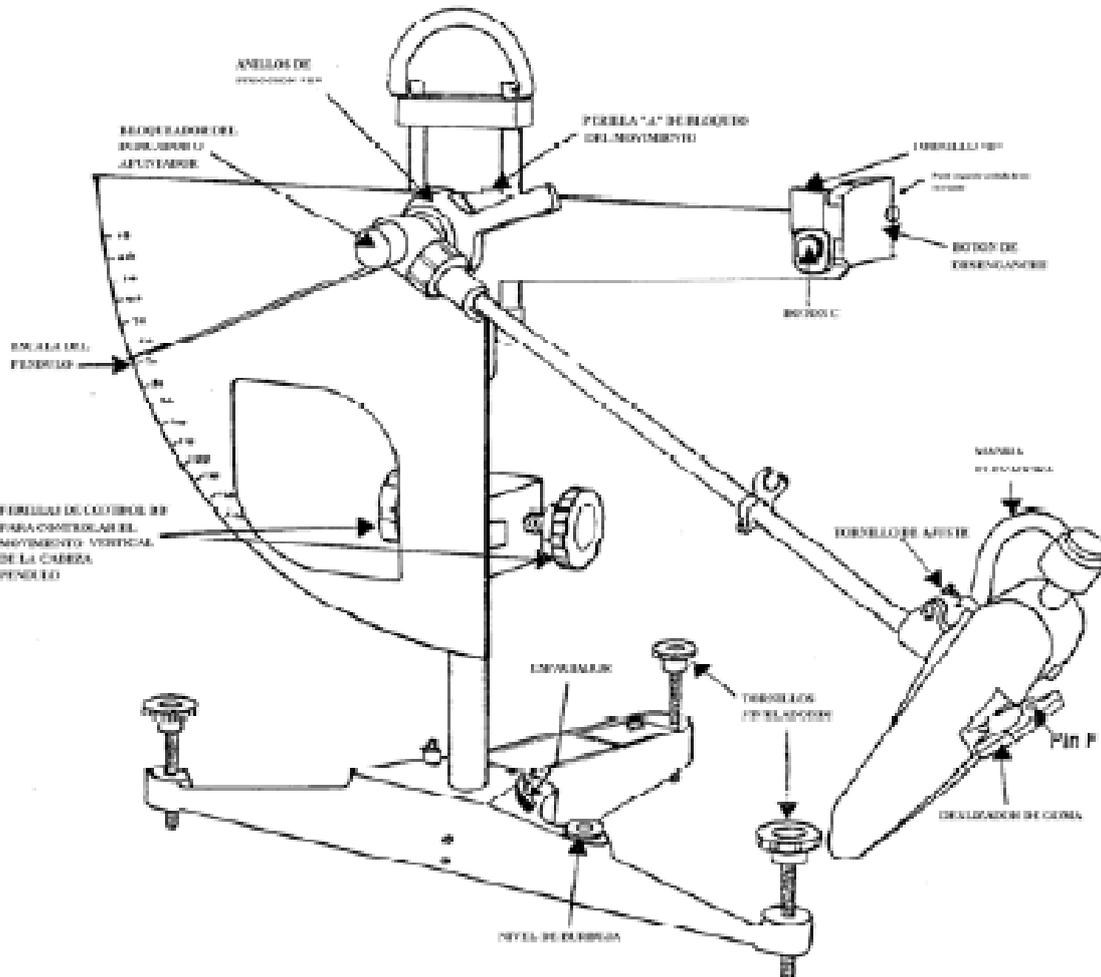


Figura 6.4.1. Péndulo de fricción del Transport and Road Research Laboratory

Este aparato sirve para obtener un coeficiente de fricción que mantiene correlación con la fuerza de fricción real, y ayuda a valorar las características deslizantes de la superficie de un pavimento.

Este ensayo consiste en medir la pérdida de energía de un péndulo, cuyas características corresponden a ciertas especificaciones, provisto en su extremo de una zapata de caucho. La pérdida de energía se mide por el ángulo suplementario de la oscilación del péndulo.

Los valores de fricción para un pavimento mojado (tabla 6.4.2) y seco (tabla 6.4.3), obtenidos con el péndulo TRRL, y producto de la experiencia europea, sirven como apoyo para sugerir un valor de referencia con respecto a la fricción.

Vehículo Pavimento	Vehículo			
	C2, C3, C4	B1, B2	T2-S2, T3-S2	T3-S2-R2, T3-S2-R4
Rígido	0,50	0,45	0,45	0,50
Flexible	0,50	0,50	0,45	0,45
Poroso	0,45	0,45	0,40	0,40
Lechadas	0,50	0,55	0,55	0,45
Sellos	0,50	0,45	0,45	0,40

Tabla 6.4.2. Límites permisibles del coeficiente de fricción para pavimento mojado.

Vehículo Pavimento	Vehículo			
	C2, C3, C4	B1, B2	T2-S2, T3-S2	T3-S2-R2, T3-S2-R4
Rígido	0,80	0,85	0,80	0,80
Flexible	0,80	0,85	0,85	0,85
Poroso	0,75	0,85	0,85	0,85
Lechadas	0,80	0,90	0,80	0,85
Sellos	0,85	0,90	0,75	0,80

Tabla 6.4.3. Límites permisibles del coeficiente de fricción para pavimento seco.

Con base en los valores recomendados en las tablas 6.4.2 y 6.4.3, se sugiere para el caso de evaluación en carreteras mexicanas, aplicar los siguientes valores, mínimos del coeficiente de fricción:

- a) Pavimentos flexibles en condiciones secas: 0,80 mín.
- b) Pavimentos flexibles en condiciones húmedas: 0,50 mín.

Se hace notar que considerando la “condición crítica” para el caso de mantenimiento de carreteras, y debido principalmente a requerimientos de seguridad de los usuarios, en el caso de los pavimentos mexicanos el sistema tomará como valor para separar tramos que cumplen y que no cumplen, solamente el valor de 0,5 del coeficiente de fricción en pavimento mojado. Debido a lo anterior, este módulo proporcionará un listado que muestre todos los segmentos evaluados y sus correspondientes coeficientes de fricción obtenidos (Tabla 6.4.4). A continuación aparecerá un segundo listado con los segmentos de longitud de 1 km que sí cumplen con el valor citado de 0,5 (tabla 6.4.5), con la leyenda “Dejar en espera y evaluar al año siguiente”; finalmente, se proporciona un tercer listado conteniendo los segmentos de 1 km que “no cumplen” con el mínimo coeficiente de fricción especificado (tabla 6.4.6); éstos requerirán alguna acción o tratamiento de mantenimiento para mejorar las condiciones de operación.

MÓDULO C F DATOS DE ENTRADA



Segmento	Número	Temp°C del pavimento	Coficiente fricción
20+000-21+000	1	35	0.5
21+000-22+000	2	40	0.6
22+000-23+000	3	35	0.4
23+000-24+000	4	30	0.4
26+000-27+000	5	41	0.4
27+000-28+000	6	38	0.5
28+000-29+000	7	35	0.3
29+000-30+000	8	37	0.3
30+000-31+000	9	30	0.5
31+000-32+000	10	36	0.6
32+000-33+000	11	34	0.4
33+000-34+000	12	31	0.6
34+000-35+000	13	25	0.6
35+000-36+000	14	25	0.5
36+000-37+000	15	29	0.6
37+000-38+000	16	33	0.4
38+000-39+000	17	37	0.5
39+000-40+000	18	31	0.6
40+000-41+000	19	30	0.4
41+000-42+000	20	31	0.5

Tabla 6.4.4. Listado de segmentos en estudio.

MÓDULO C F		
sí cumple		
		
Número	Temp °C del pavimento	Coeficiente fricción
1	35	0,5
2	40	0,6
6	38	0,5
9	30	0,5
10	36	0,6
12	31	0,6
13	25	0,6
14	25	0,5
15	29	0,6
17	37	0,5
18	31	0,6

Tabla 6.4.5. Listado de segmentos que sí cumplieron con el mínimo coeficiente de fricción establecido

**MÓDULO C F
no cumplen**



Segmento	Número	Temp °C del pavimento	Coeficiente fricción
22+000-23+000	3	35	0,4
23+000-24+000	4	30	0,4
26+000-27+000	5	41	0,4
28+000-29+000	7	35	0,3
29+000-30+000	8	37	0,3
32+000-33+000	11	34	0,4
37+000-38+000	16	33	0,4
40+000-41+000	19	30	0,4

Tabla 6.4.6. Listado de segmentos que no cumplieron con el mínimo coeficiente de fricción establecido.

Entre las acciones más comunes a recomendar para mejorar la fricción, se incluyen:

- a) Para el caso de carreteras de la red federal, la aplicación de un tratamiento superficial mediante carpeta de un riego, con material pétreo y emulsión de liga. Para el caso de autopistas, se sugiere una microcarpeta.
- b) Para el caso de autopistas con pavimentos rígidos de concreto hidráulico se recomienda el ranurado longitudinal mediante una fresadora, con ranuras de 0,5 cm de ancho y 0,5 cm de profundidad, espaciamiento de 1 cm para un drenaje superficial eficiente y no permitir la acumulación de láminas de agua que puedan provocar el fenómeno de acuaplaneo.

6.5. MODULO ESTRUCTURAL

En este apartado se presentan las técnicas para evaluar la capacidad estructural de los pavimentos asfálticos, algunos métodos y equipos, así como el diseño estructural de las sobrecarpetas para refuerzo en pavimentos débiles o deteriorados (sólo superficialmente, sin grietas de fatiga), de tal manera que se incremente la rigidez de los pavimentos existentes para que puedan resistir el tránsito a lo largo de su vida útil.

Adicionalmente, este módulo proporciona a nivel de sugerencia, el diseño de la reconstrucción del pavimento existente para los casos en que resulte inaceptable o impráctico seguir reforzando el pavimento con sobrecarpetas.

Es importante señalar que este módulo analiza aquellos segmentos que tienen una regularidad superficial deficiente, de acuerdo con los criterios establecidos en el módulo correspondiente de este documento; es decir, sólo aquellos tramos que presenten un índice internacional de rugosidad mayores de 3,5 m/km (o el que especifique el usuario para casos particulares), serán considerados en el programa para evaluación de capacidad estructural.

La evaluación estructural involucra la determinación de la aptitud de un pavimento para soportar el tránsito sin presentar deformaciones acumuladas mayores de 3,5 cm al final de su vida útil. La evaluación estructural se estima tanto en la condición presente del pavimento como en su vida de servicio futura (considerada), todo ello con respecto al flujo cotidiano.

Se deben determinar los siguientes factores para un diseño efectivo de refuerzo, ya sea con sobrecarpetas o reconstrucción total del pavimento existente.

- Magnitud de la deflexión real de la sección existente
- Índice de tránsito, con base en tasas de crecimiento y los ejes equivalentes presentes y futuros acumulados en el período de diseño (pudiendo ser 5,10 o 15 años)
- Espesor real de la carpeta existente, igual a cero si está agrietado por fatiga
- Deflexión tolerable para extender la vida de la carpeta existente hasta el final de la vida útil esperada
- Condición de la carpeta. Si la carpeta ya esta agrietada por fatiga, su vida remanente es nula, y multiplicada por cualquier factor seguirá siendo nula. En este caso deberá retirarse o colocar un white-topping

En dicha evaluación se realizan mediciones en campo de la deflexión que el pavimento presenta, bajo la aplicación de una carga estándar y con el procedimiento propuesto por el Instituto Norteamericano del Asfalto. Para este caso se realizarán 25 determinaciones para cada segmento de 1 Km. que no cumplen con el mínimo de IRI establecido por el usuario. Con estos resultados capturados en el programa, formato 6.5.1., se efectúa un análisis estadístico, definiendo el 80 percentil (δ_{80}) de las deflexiones reales en campo para obtener la deflexión característica o representativa del diseño en el pavimento en estudio.

FORMATO DATOS GENERALES (simplificado)



Fecha : _____	
Origen de la carretera: _____	Destino de la carretera: _____
Origen del tramo: _____	Destino del tramo: _____
Subtramo km inicial: _____	Subtramo km final: _____
Coordenadas geográficas origen: _____	Coordenadas geográficas destino: _____
Crecimiento tránsito anual: _____ %	Periodo diseño : _____ años
Carga legal por eje sencillo: _____ ton	No de carriles: _____
Temperatura promedio anual: _____ °C	Origen de los datos: _____
Precipitación promedio de la lluvia: _____	Temperatura máxima anual: _____
	Temperatura mínima anual: _____

Segmento	Periodo crítico	Si
		No

Lectura de deflexión (mm) o (plg)

n1=	n6=	n11=	n16=	n21=
n2=	n7=	n12=	n17=	n22=
n3=	n8=	n13=	n18=	n23=
n4=	n9=	n14=	n19=	n24=
n5=	n10=	n15=	n20=	n25=

$\delta_{80}\% =$ _____

Tabla 6.5.1. Formato de los segmentos en los cuales se midió la deflexión.

La deflexión tolerable (δ_{tol}) se establece de acuerdo con los criterios del Departamento del Transporte del Estado de California, con base en el espesor de carpeta existente sin agrietamiento y el índice de tránsito de diseño.

En el caso de que el 80% de las deflexiones de campo sea menor a la deflexión tolerable, el programa almacena dicha información y coloca en espera a dichos tramos hasta un nuevo periodo de análisis, recomendándose un año de espera (tramos que cumplen con rigidez estructural). La sugerencia que el programa emite, en este caso, es realizar una renivelación del tramo propuesto, dado que para llegar a este nivel de auscultación, el tramo presentó deformaciones excesivas en su capa de rodamiento.

En la tabla 6.5.2 se presenta el listado de los tramos que no cumplieron con el IRI, a los cuales se les realizaron mediciones de deflexión con viga Benkelman.

MÓDULO DE CAPACIDAD ESTRUCTURAL sí cumplen



Segmento	Número	Temp °C del pavimento	δ_{80}	δ_{tol}
24+000-25+000	3	30	1,10	1,2
25+000-26+000	4	31	0,96	1,2
26+000-27+000	5	33	1,15	1,2
31+000-32+000	10	30	0,87	1,2
33+000-34+000	12	30	0,95	1,2
38+000-39+000	17	32	0,90	1,2

Tabla 6.5.2. Segmentos con deflexiones reales de campo menores a la tolerable (Sí cumplen con rigidez estructural).

Cuando las deflexiones reales medidas en el campo, caracterizadas por el 80 percentil, son mayores a la deflexión tolerable, el programa procede a realizar el diseño de la sobrecarpeta de refuerzo para el periodo de diseño que se requiera, sólo si la carpeta no está agrietada por fatiga. Si lo está, hay que desintegrarla mediante una recuperadora.

La determinación de los espesores requeridos de refuerzo se realiza de acuerdo con el método vigente de diseño de sobrecarpetas, emitido por el Departamento del Transporte del Estado de California, que considera para el análisis el índice de tránsito el espesor de carpeta existente (si no está agrietada), y la vida útil que el usuario pretenda para su camino. En las tablas 6.5.2 y 6.5.3 se muestran los segmentos que presentaron deflexiones menores y mayores a la tolerable.

**MÓDULO DE CAPACIDAD ESTRUCTURAL
no cumplen**



Segmento	Número	Temp°C del pavimento	δ_{80}	δ_{tol}
27+000-28+000	6	32	1,3	1,2
34+000-35+000	13	30	1,3	1,2
35+000-36+000	14	31	1,4	1,2
36+000- 37+000	15	30	1,6	1,2
37+000- 38+000	16	33	1,5	1,2
39+000-40+000	18	32	1,6	1,2
41+000-42+000	20	27	1,6	1,2

Formato 6.5.3. Segmentos con deflexiones reales en campo mayores que la tolerable (No cumplen con rigidez estructural).

Los resultados se presentan con aproximación al medio centímetro tanto para espesores de grava equivalente como de concreto asfáltico. Es importante destacar que el programa considera carpetas de concreto asfáltico desde 3 cm hasta 10 cm, ya que menores al primero no se considera tengan aporte estructural al conjunto, y que mayores al segundo, es probable que la reconstrucción sea una mejor opción por razones de costo y por la conveniencia de una reconstrucción bien diseñada y construida.

Se hace notar que para los casos en que los resultados del sistema indiquen que la solución apunta a la reconstrucción, parcial o total, forzosamente el ingeniero responsable deberá realizar por su cuenta, o a través de un consultor, un estudio geotécnico detallado para el nuevo diseño de la sección estructural del pavimento, que arroje un diseño completo del nuevo pavimento tomando en cuenta nuevos espesores de las capas a partir de la subrasante y, por supuesto, considerando la alternativa de reutilizar los materiales existentes; si el tránsito actual y futuro lo permite, sería conveniente contemplar para el nuevo pavimento la estabilización de bases hidráulicas con cal, cemento hidráulico, o asfalto.

Adicionalmente el programa jerarquiza los tramos considerando al tránsito diario promedio anual (TDPA), priorizando las acciones de intervención de la siguiente manera:

Para TDPA menores de 500 vehículos, se consideran soluciones económicas e incluso pueden colocarse en espera, en el caso de que por cuestiones presupuestales así se requiera ($IRI \geq 5$).

Para TDPA de 500 a 5000 vehículos, se pueden considerar soluciones combinadas de acuerdo con las condiciones de regularidad superficial y capacidad estructural presentes ($3,5 \leq IRI \leq 5$).

Para TDPa mayores de 5000 no se pueden tolerar estrategias de espera, dados los sobrecostos de operación y molestias que se generarían por la utilización del tramo, bajo estas condiciones; por lo que se presentan mensajes que indican la prioridad de atender a los tramos que muestran estos niveles de tránsito (IRI $\leq 3,5$).

A continuación se presenta un diagrama de flujo (figura 6.5.4.) del algoritmo que el sistema utiliza para proponer los espesores de sobrecarpeta de concreto asfáltico cuando las determinaciones de la deflexión se hacen con viga Benkelman.

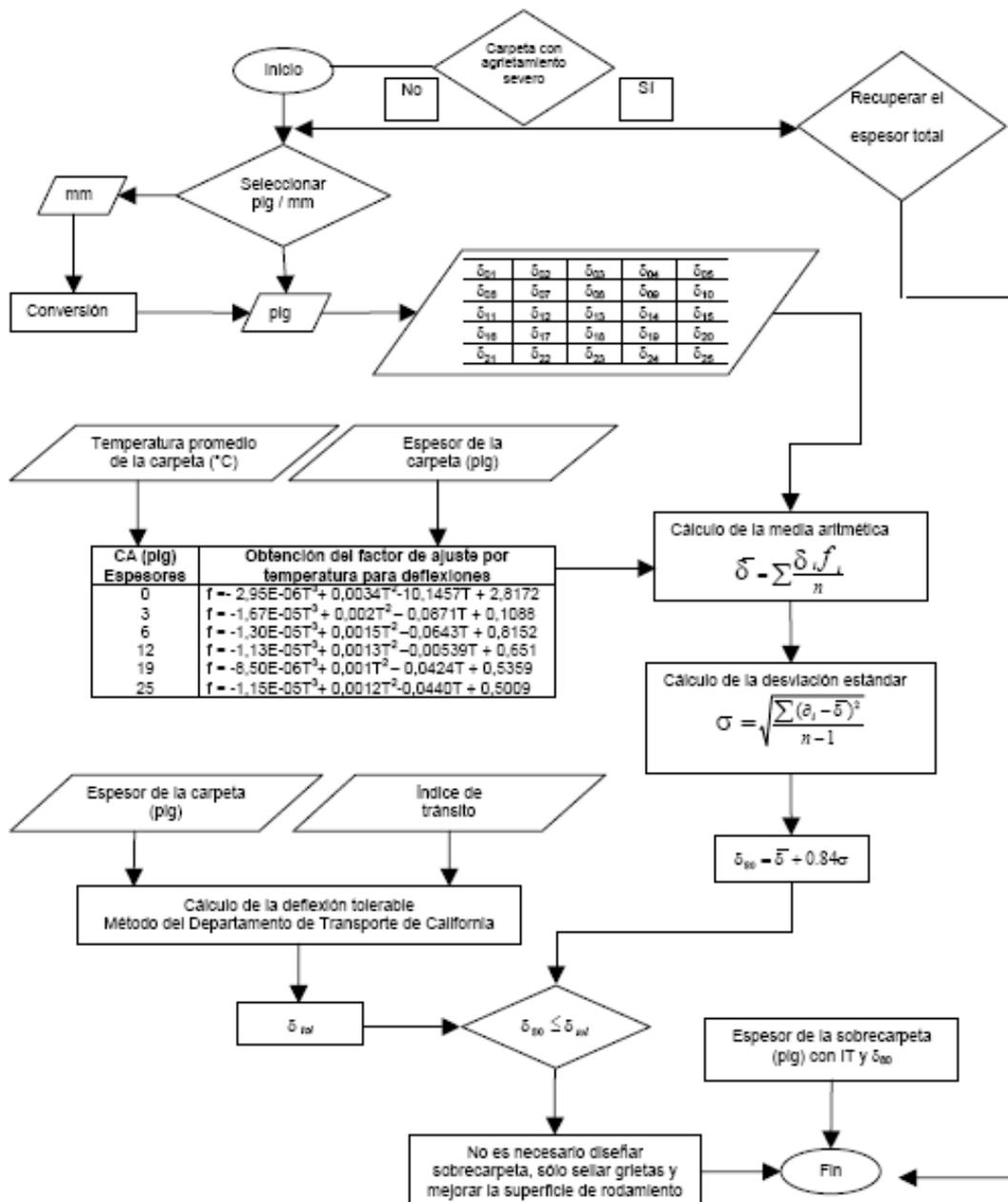


Figura 6.5.4. Diagrama de flujo para el diseño de sobrecarpetas.

Las deflexiones de un pavimento flexible bajo una carga estática pueden ser determinadas con equipos tales como la Viga Benkelman o un Curvómetro Deshilen. Un Deflectómetro del tipo Dynafect, permite la medición de deflexiones cuando la carga que se aplica al pavimento es dinámica. La REF 56 contiene una descripción de los equipos mencionados, así como el procedimiento que debe seguirse para la medición de las deflexiones con cada uno de ellos.

La viga Benkelman se muestra esquemáticamente en la figura IX-35. Un brazo D fijo se sitúa nivelado sobre el pavimento apoyado en tres puntos (un punto A dos B). Un brazo móvil D1 esta acoplado al brazo fijo por una articulación rotatoria en el punto que se señale. Cuando las llantas de un camión cargado se coloca de manera que el punto C del brazo móvil quede centrado entre ellas (nótese que no es esa la posición que se muestra en el esquema9), dicho punto bajara una cierta cantidad por la deformación provocada en el pavimento por el espesor de las llantas. Por tal causa el brazo D1 girara en torno a la articulación con respecto al brazo D, previamente nivelado (se supone que las dimensiones de la viga son tales que la posición del brazo D no es afectada por la deformación causada por las llantas) y de esta manera el extensómetro que se señala hará una lectura. Si se retira ahora la llanta cargada, el punto C se recuperara en lo que la deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior el extensómetro hará otra lectura.

Con las dos lecturas de extensómetro es posible saber cuánto se movió el punto E en la operación y con la geometría de la viga se obtendrá correspondientemente la recuperación elástica de C al quitar las llantas, tal como se ilustra en el croquis operativo que aparece en la misma figura IX-35. Nótese que en realidad se ha medido la recuperación de C al remover la carga y no la deformación al colocarse esta.

Las distintas instrucciones que han popularizado el método usan diferentes cargas en el sistema dual de llantas empleado.



Figura 6.5.5. Operación con Viga Benkelman.

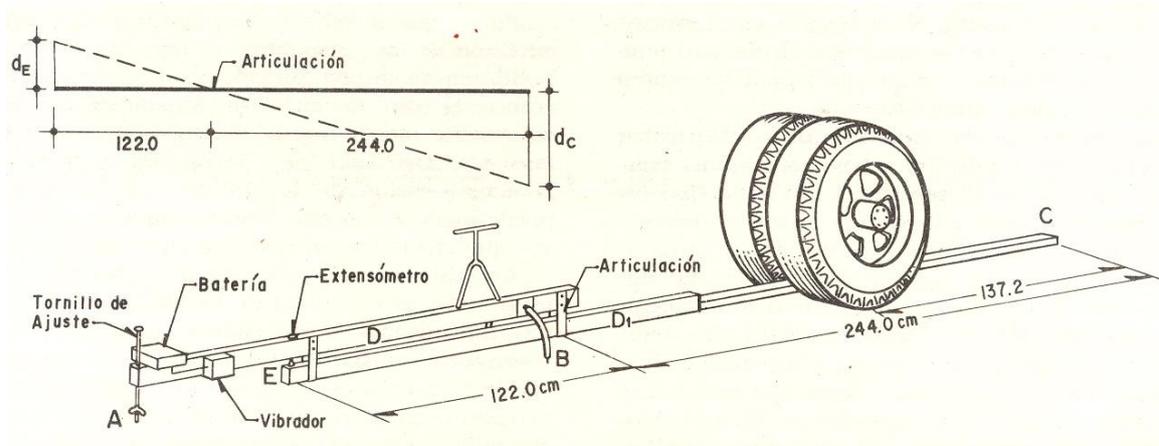


Figura 6.5.6. Esquema del Deflectómetro Benkelman.

El Dynaflect es un sistema electrónico que mide la deflexión dinámica de la superficie del pavimento cuando se le aplica una carga oscilatoria (senoidal). El aparato medidor, cuyas complicaciones de detalle exceden el dominio de esta obra, viaja un remolque arrastrado por un vehículo en el que se disponen los controles de la medición. El medidor trabaja a base de generador de fuerzas dinámicas ejercitadas sobre el pavimento (impactos), cuyos efectos se recogen en un sistema de sismógrafo alineados (geófonos). Una ventaja importante del aparato es no requerir ningún punto de referencia fijo en la superficie en que se realizan las mediciones y otra es la operación automática, libre de errores de operación y susceptible de ser realizada a una velocidad relativamente alta del remolque.



Figura 6.5.7. Deflectómetro de Impacto.

La figura 6.5.7 muestra un conjunto de curvas de deflexión proporcionado por el Dynaflect. Cada curva se refiere a las lecturas de los cinco geófonos que tiene el aparato al aplicar la carga de impacto en un punto; los geófonos dan lectura más baja según van estando más alejados del impacto. Generalmente se utiliza la lectura del primer geófono como valor del cálculo, pero al dibujar la lectura de los cinco se obtiene una grafica cuya inclinación, quiebres y cambios de pendiente pueden dar un intérprete experimentado una imagen cualitativa muy clara del estado en que se encuentra el pavimento, en el espesor de influencia del proceso dinámico; desde el punto de vista el Dynaflect realiza una especie de estudio geofísico del espesor influido.

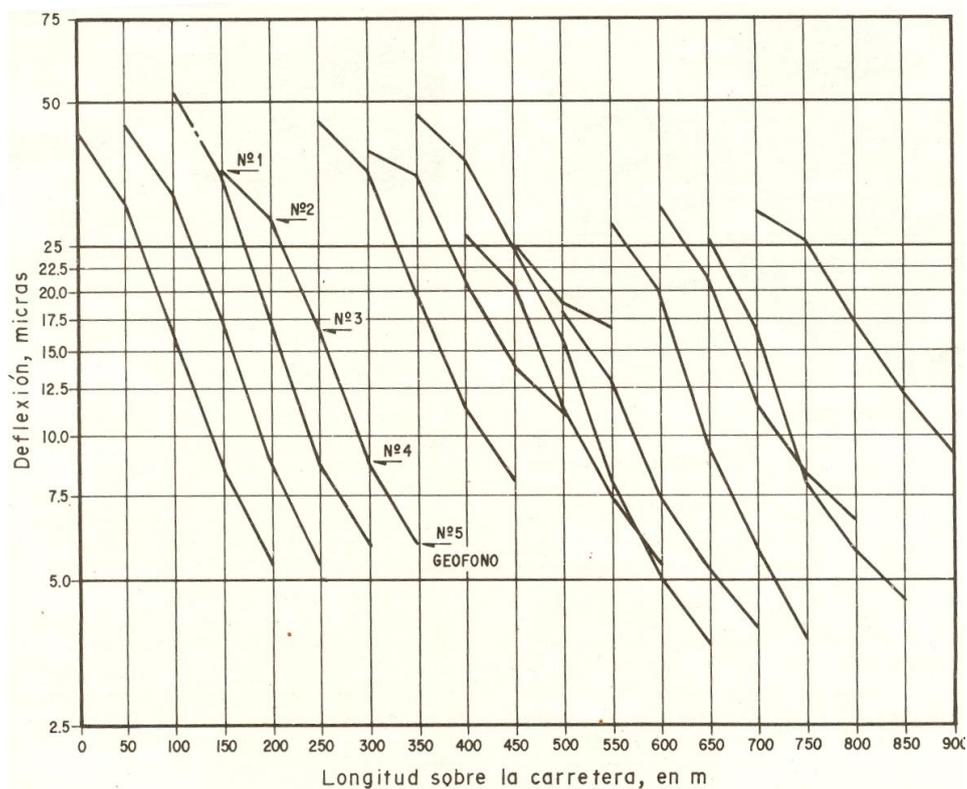


Figura 6.5.8. Curva de Deflexión Medidas con Dynaflect.

Desde luego que la valuación de la capacidad estructural de un pavimento deberá de comprender también el análisis de la resistencia de los materiales que constituyen cada una de sus capas, incluyendo la subrasante y, en algún caso, el que forme la terracería. La valuación final de la capacidad estructural deberá de tener en consideración los resultados obtenidos con el uso de los dos criterios, deflexión y resistencia, lo cual es particularmente importante si se toma en cuenta que las correlaciones existentes entre la medida de deflexión, espesor y calidad de los pavimentos, así como el tránsito que circula por ellos, han sido obtenidos por diversas Agencias bajo sus propias condiciones locales y por lo tanto fundamentar la valuación sólo en dichas correlaciones podría resultar poco

fiel a las condiciones particulares del problema que se estuviese tratando. El método de la deflexión maneja el valor total de ellas en cada punto, pero no su distribución en profundidad, que es la característica realmente importante y en esto radica, quizá su mayor limitación.

Por lo que se refiere al equipo a utilizar para la medición de las deflexiones, la sección ha de estar basada en su disponibilidad, costo y necesidades de avance; el costo de una viga Benkelman es considerablemente menor que el de un deflectógrafo dinámico tipo Dynaflect, pero la rapidez y eficiencia en la determinación de la lectura de deflexión que puede lograrse con este último equipo es mucho mayor que cuando se utiliza una viga Benkelman.

Otra alternativa para evaluar la capacidad estructural de un pavimento, que ha sido sugerido por varias instituciones, entre ellas el Departamento del Transporte de Canadá, consiste en la ejecución de pruebas de carga por medio de placas

a) PRUEBAS DE PLACA

Se hacen para valuar la capacidad portante de las subrasantes, las bases y, en ocasiones, los pavimentos completos. Se utilizan en la actualidad tanto en pavimentos rígidos como en flexibles.

La prueba consiste (Ref. 7) en cargar una placa circular, en contacto estrecho con el suelo por probar, midiendo las deformaciones finales correspondientes a los distintos incrementos de carga utilizados. En aeropistas es frecuente el uso de placas de 76.2 cm de diámetro (30"), pero en carreteras suelen emplearse placas menores, de 30.5 cm de diámetro (12"), cuya área se parece a la de apoyo de una llanta. Para impedir la flexión de la placa se le colocan encima otras, de diámetros decrecientes, que dan al conjunto de la rigidez deseada. La carga se transmite a las placas con gatos hidráulicos, con reacción dada generalmente con camiones cargados. Las deformaciones producidas se miden usualmente en cuatro puntos de placas, dos a dos opuestos y dispuesto en cruz, por medio de extensómetros ligados a un puente, cuyo apoyo se coloca lo suficientemente lejos de la placa como para poder considerarlo fijo. En la figura IX-11 aparece esquemáticamente el conjunto.

Por medio de pruebas de placa puede calcularse el módulo de reacción de una subrasante dada. Este concepto se define como la presión que ha de transmitirse a la placa para producir al suelo una deformación prefijada.

Durante la prueba, la carga se aplica en incrementos; un nuevo incremento se coloca sobre la placa, cuando la velocidad de deformación bajo el incremento anterior sea del orden de 0.01 cm/min (0.002 pul/min).

En algunos casos es deseable determinar durante la prueba los montos relativos de deformación elástica y permanente (plástica); para lograrlo, se aplican cargas de intensidad variable, las que se mantienen hasta que se cesa toda deformación. En este momento se retira la carga y se aplica un incremento subsecuente y mayor, para ir obteniendo una gráfica como la de la figura IX-12; tras aplicar la carga final, se produce un proceso de carga en decrementos con los mismos valores que en la carga para obtener las gráficas de recuperación de

suelo y, por lo tanto, las deformaciones que han de considerarse elásticas. La prueba propuesta por Mc Lueod hace la prueba con 10 repeticiones de carga y fija las deformaciones de la prueba en 0.508 cm para carreteras y en 1.27 cm para aeropistas, usando los diámetros que se señalaron para cada caso en los párrafos iniciales de esta sección.

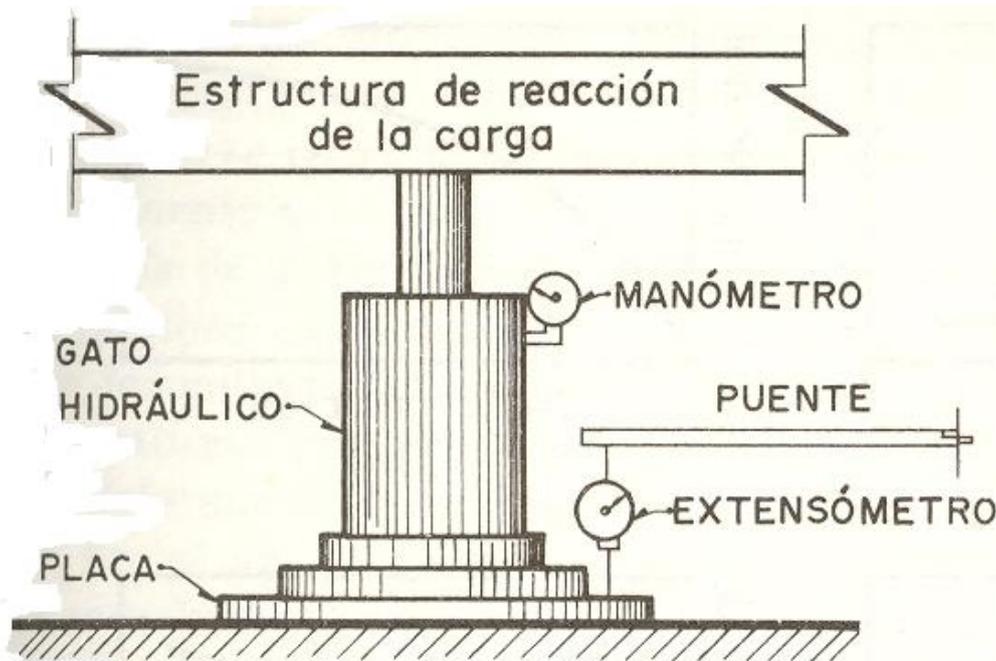


Figura 6.5.9. Esquema del dispositivo para la prueba de placa.



Figura 6.5.10. Dispositivos para Prueba de Placa en Aeropistas.

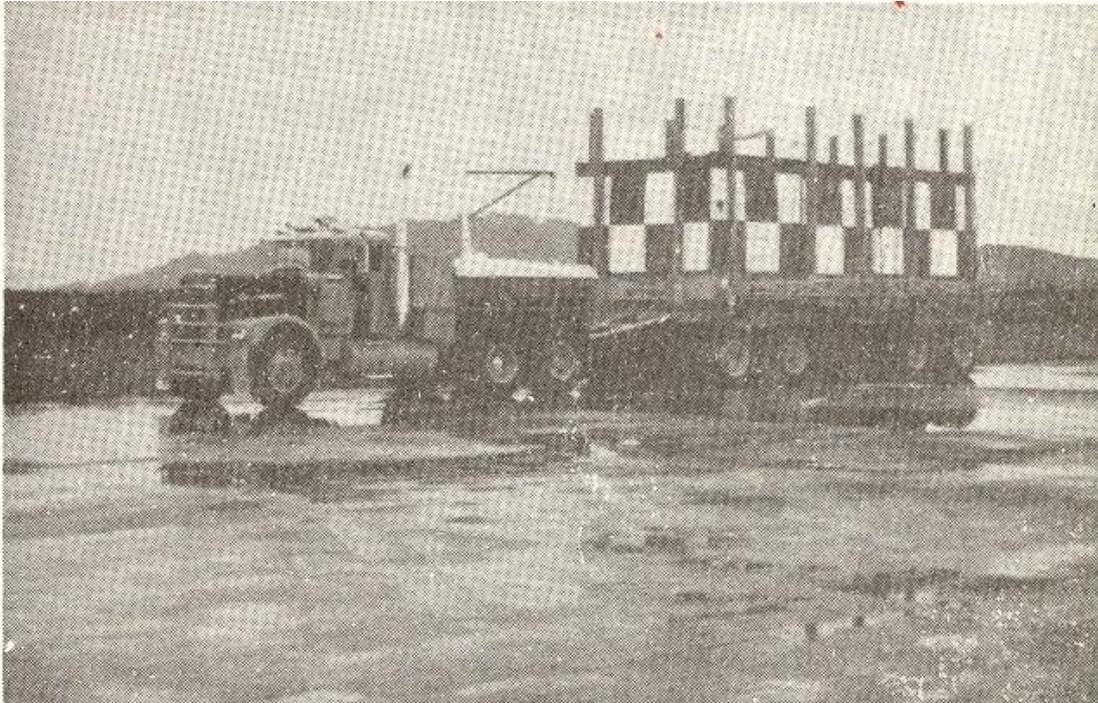


Figura 6.5.10. Dispositivo especial para carga de placa, para la realización de pruebas en aeropistas.



7.1. REHABILITACIÓN TRADICIONAL (MANTENIMIENTO)

Desde hace ya algunos años, tradicionalmente se le ha dado mantenimiento normal a los pavimentos flexibles mediante bacheo, sellado de grietas, riego, renivelación, construcción de sobrecarpeta, hasta reconstrucciones integrales; que bien pueden utilizarse en forma aislada o combinada.

El planteamiento de un criterio de rehabilitación es, en rigor, un enlistado de las circunstancias que hacen insatisfactorio el servicio de un pavimento dado; desde luego ya vimos con anterioridad que es algo mucho más complicado que simple aparición de grietas superficiales. En lo anterior, insatisfactorio no implica, desde luego, la necesidad de una falla catastrófica; puede requerir rehabilitación un pavimento que esté soportando adecuadamente muy altos volúmenes de tránsito, pero en el que se gaste más de lo conveniente en la conservación. Las siguientes son las principales normas de criterio que suelen considerarse para definir la necesidad de una rehabilitación.

A. Nivel de Servicio

Este concepto variará con el tipo de vía terrestre

B. Condición Estructural

Este concepto se refiere a la capacidad del pavimento para soportar las cargas del tránsito en la actualidad y seguirlo haciendo en el futuro próximo.

C. Condición de la Superficie

La apariencia del pavimento (deformaciones, grietas, etc.), no necesariamente está ligada a la capacidad estructural y desde luego no lo está por una relación única y sencilla, si bien es cierto que una falta de capacidad estructural se refleja rápidamente en la apariencia del pavimento. Muchos defectos en las condiciones superficiales pueden corregirse fácilmente con métodos que no producen ninguna mejoría real en las condiciones estructurales.

A continuación se describen, en términos generales, cada uno de estos trabajos.

A) RELLENO DE GRIETAS

Los procedimientos constructivos a utilizar para efectuar la corrección de grietas están en función del tipo (aislado o abundante), del ancho y de la profundidad de los mismos; estos procedimientos van desde relleno de grietas utilizando productos asfálticos, tratamientos superficiales o la programación de una nueva o sobrecarpeta.

B) RENIVELACIÓN

La manera de efectuar la renivelación, depende de la magnitud de la deformación, los trabajos para corregir dicha deformación pueden ser de sistema de riegos superficiales o bien usando mezcla asfáltica.

Para pequeñas depresiones en la carpeta, se puede nivelar la zona, usando una buena mezcla asfáltica, picando si se puede la vieja carpeta. Tanto el bacheo de la carpeta como de las depresiones, necesitan que les aplique una capa de ligante, a los bordes y al fondo, sin exceder la cantidad de asfalto FR-3.

C) BACHEO

Consiste en la reposición de una porción de la superficie de rodamiento que ha sido destruida por el tránsito. Estas porciones se dividen por su tamaño en “calaveras” y baches, según sea su dimensión mayor, respectivamente, inferior o superior a 15 cm. Los métodos para su corrección se basan en la formación de apariciones de las “calaveras” y/o baches (aislados o continuos), a lo largo del camino y de las dimensiones de las mismas.

Los baches en carpetas asfálticas son típicos en el campo de los pavimentos. Al proceder a corregir un bache en un pavimento flexible con carpeta asfáltica, debe empezar por abrir la zona afectada de un pavimento llegando hasta donde se encuentra una capa sana.

Normalmente el ancho de la excavación en la superficie es proporcional a la profundidad de la capa dañada.

Así una pequeña deformación en la superficie o una leve ondulación en la misma, indica que la falla se encuentra en el riego de sello o en la carpeta asfáltica. Una deformación mayor, indicará que la capa en mal estado es la base o la subbase y una deformación aún mayor es indicio de que la falla es en la capa subrasante.

Extraída la porción dañada del bache, se procede a cortar bien los lados, sin importar la forma que tiene la superficie, y se coloca material adecuado, de subrasante, subbase, base o carpeta, bien compactadas todas las capas. Como el agua es el factor que provoca los baches, en algunas poblaciones grandes en la temporada de lluvias, la cantidad de baches les gana la carrera a la cuadrilla de bacheo. En este caso, es muy adecuado hacer una mezcla suelo-cemento que adquiera cierta resistencia y se puede ligar con materiales arenosos o limo-arenosos, en proporción 1:10 en volumen. Cuando el agua lo permita, se puede aplicar sobre la superficie del suelo-cemento, una mezcla impregnada con algún producto asfáltico y cubrirla con arena.

Como se dice, al llover, el efecto de bombeo o la diferencia enorme de rigidez entre los materiales hace que el bache con mezcla asfáltica, se vuelva a hacer.

D) RIEGO DE SELLO

Atendiendo a la magnitud de los trabajos y organización establecida para efectuarlos, se considera al riego de sello como una labor de reconstrucción cuando la superficie tratada exceda de 1,000 metros lineales continuos.

Los casos en los que se recomienda el riego de sello son los siguientes:

- Cuando se requiera proporcionar una mayor rugosidad.
- Cuando la carpeta existente este agrietada y/o tenga textura muy abierta, para evitar filtraciones que dañen la estructura.
- Cuando se requiera reavivar el asfalto de una carpeta expuesta a la acción de la intemperie.
- Para proteger la carpeta cuando se inicia el proceso de desgranamiento y/o desgaste superficial.
- Para obtener en la superficie de rodamiento un color adecuado para mejor visibilidad nocturna.

Procedimiento.

El procedimiento a seguir cuando se requiera la aplicación de algún riego de sello como solución de reconstrucción de un pavimento flexible es el siguiente.

1. en la superficie por sellar deberá efectuarse previamente los trabajos de conservación normal que se requieran.
2. la superficie por sellar deberá limpiarse de materia extraña y barrerse perfectamente para eliminar el polvo.
3. sobre la carpeta limpia se procederá a aplicar un riego de producto asfáltico del tipo y la cantidad por metros cuadrados fijados por el proyecto.
4. posteriormente y en el tiempo que indique el proyecto, se cubrirá el riego de producto asfáltico con el material pétreo.
5. inmediatamente después se pasará la rastra para eliminar ondulaciones, bordes o depresiones.
6. se procederá al planchado, el cual se iniciara con el rodillo liso; posteriormente y usando en forma alternada con la rastra, se planchara con el compactador de neumáticos el tiempo necesario para asegurar el máximo del material pétreo se haya adherido al material asfáltico.
7. posteriormente, se procederá al barrido y recolección del material excedente que no se adhiera al ligante asfáltico.

7.2. REHABILITACIÓN MEDIANTE LA REPAVIMENTACION

PROCEDIMIENTOS PARA EFECTUAR UNA REPAVIMENTACIÓN.

a) Reciclado del Pavimento Asfáltico.

El trabajo bajo este punto debe consistir en el suavizado del pavimento asfáltico existente a base de calor, fresado y escarificado de la capa superior, entre 1.5 y 2 pulgadas, remezclado, nivelado y compactado del material previamente fresado/escarificado. Los puntos del trabajo deben incluir la adicción y mezcla de los agentes reciclantes y la adicción y composición de una nueva mezcla de asfalto caliente tal y como lo requiera el proyecto. El trabajo deberá ser logrado en un solo paso de un tren, volver a nivelar y compactar.

b) Perfilado del Pavimento Asfáltico.

También llamado fresado de pavimento, este trabajo consiste en la obtención de un nuevo perfil longitudinal y transversal de un pavimento asfáltico existente, mediante su fresado en frío, de acuerdo con los alineamientos y dimensiones indicados en los documentos del proyecto y las instrucciones del especificador, para lograr la colocación de un nuevo pavimento.

El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina fresadora cuyo estado, potencia y capacidad productiva garantice el correcto cumplimiento del plan de trabajo.

c) Recarpeteo con Pavimento Asfáltico.

Cuando las operaciones de mantenimiento se vuelven excesivamente caras y ya es difícil conservar la carpeta con textura adecuada, por que se tiene que ensanchar el pavimento o por otras razones, al pavimento viejo debe ponerse una nueva carpeta. Antes de emprender un proyecto para recubrir la superficie de algún camino, se hará un estudio cuidadoso de su justificación económica. Una regla empírica y general consiste en que es probable que la carpeta sea económica cuando un 20 por ciento del área total que está pavimentada requiera operaciones de bacheo cada año.

PROCESO DE RECICLADO

1. LIMPIEZA

El primer paso consiste en la limpieza con el barrido manual y mecánico para la localización de baches y desniveles existentes.

2. BACHEO Y CORRECIÓN (NIVELACIÓN)

Enseguida y a partir de la ubicación de los baches y desniveles existentes y que es necesario reparar para que no se reflejen como deformaciones en la nueva superficie.

3. PRECALENTAMIENTO DEL ÁREA A PREPARAR

Este se efectúa con un equipo denominado precalentador, a base de gas L.P. hasta alcanzar una temperatura de entre 180 y 220 °F, logrando de esta forma que el material se ablande hasta una profundidad aproximada de 4cm (1 ½"). Además de que la máquina recicladora cuenta con un calentador final que eleva la temperatura hasta aproximadamente 240 °

4. CORTE INICIAL

La recicladora tiene integrada un eje de escarificadores que hace un corte inicial al pavimento existente, aflojando la superficie endurecida por la misma oxidación de asfalto inicial que trajo la carpeta asfáltica existente cuando nueva. La penetración de estos escarificadores es controlada de acuerdo al espesor que tenga la carpeta existente, ya que en este proceso, no se debe tocar la terracería (base) por que pierde los riegos de impregnación y de liga.

5. RIEGO DE LIGA

Está integrado en la misma máquina son el grupo de rociadores de asfalto AC-20, que se adiciona a la carpeta existente cortada. El asfalto que se suministra es para reponer la pérdida de asfalto que ha tenido la carpeta existente debido a la abrasión del tráfico y al mismo tiempo se aprovecha para generar la liga de la carpeta que se empieza a reciclar, con la superficie cortada.

6. CORTE CON CORTADOR CIRCULAR Y AJUSTE DE CORTE CON CUCHILLAS.

Este paso es anexo al paso No. 4 que también está integrado a la misma máquina recicladora; es un cortador circular en forma helicoidal, que empuja al material cortado a formar un camellón al centro de la máquina. Montado conjuntamente con el cortador circular, están las cuchillas que perfilan el corte en forma de caja que ya dejó iniciando el corte circular.

7. DISGREGADO DE GRUMOS EN EL CORTE

Dentro de este mismo proceso existe un malino colocado en el eje central de la maquina y que sirve para disolver cualquier grumo o aglutinamiento de material, que pueda encontrarse el material acamellonado al centro y que ya es el material cortado y transformado en reciclado.

8. EXTENDIDO DE CARPETA RECICLADA

Integrado a la misma máquina existe una plancha con su extendedor (gusano) para colocar la carpeta ya definida como reciclada.

9. EXTENDIDO DE CARPETA NUEVA

Al igual que los pasos anteriores esta máquina tiene un aplancha con su extendedor (gusano) para colocar mezcla asfáltica nueva traída de planta y únicamente se emplea para arropar la carpeta reciclada en sus tres lados (dos hombros y una superficie de rodamiento) además compensa desnivelación de la vialidad pero en una longitud aproximada de 15m. que es lo que mide la maquina.



Foto 7.1.1. Recicladora Cutler.

a) PROCESO DE PERFILADO

1. LIMPIEZA

El primer paso consiste en la limpieza con el barrido manual y mecánico para la localización de baches y desniveles existentes.

2. BACHEO Y CORRECIÓN (NIVELACIÓN)

Enseguida y a partir de la ubicación de los baches y desniveles existentes y que es necesario reparar para que no se reflejen como deformaciones en la nueva superficie.

3. CORTE INICIAL

El paso número tres consiste en cortar la carpeta existente sin llegar a tocar la unión de carpeta con la base, es decir se deben respetar los riegos de impregnación y de liga. Esto se ejecuta en frío con corte mecánico.

4. ACARREO DE MATERIAL CORTADO

El cuarto paso consiste en el acarreo del material cortado, la máquina a través de un transportador lo deposita en un camión volteo y este es acarreado a un banco de desperdicio o bien se puede emplear mediante una preparación previa, como base negra en otro lugar ajeno al que se está trabajando, o sea que se puede interpretar como desperdicio en esta área; por eso es indispensable el acarreo.

5. RIEGO DE LIGA

Como quinto paso se hace un riego de liga a base de emulsión (RR-2K – 0.5 Lt/m²) que cumpla las normas para su finalidad. Este riego se hace con un camión regadera conocido como Petrolizadora.

6. MANTO O CACAHUATEO.

El sexto paso consiste en hacer un manto sobre la liga en un espesor igual al tamaño máximo del agregado. En este trabajo, el extendido del material se hace a mano, con trabajadores desde arriba del camión transportador. Durante este proceso todo el personal y maquinaria son inactivos, siendo esto incosteable.

7. EXTENDIDO DE CARPETA NUEVA.

El séptimo y último paso, consiste en la colocación de carpeta asfáltica nueva que se hace con una extendidora llamada Finisher, conforme al espesor que se requiera para que la vialidad pueda soportar la circulación de los vehículos de acuerdo al proyecto y que la totalidad de la caja cortada, se llena con mezcla asfáltica nueva y nivelada la vialidad de acuerdo al trabajo efectuado con la perfiladora, esos niveles corregidos serán en una longitud de 4.5 a 5m, que es la longitud de la máquina.



Foto 7.1.2. Fresadora.

b) PROCESO DE REENCARPETADO

1. LIMPIEZA

El primer paso consiste en la limpieza con el barrido manual y mecánico para la localización de baches y desniveles existentes.

2. BACHEO Y CORRECCIÓN (NIVELACIÓN)

Enseguida y a partir de la ubicación de los baches y desniveles existentes y que es necesario reparar para que no se reflejen como deformaciones en la nueva superficie.

3. RIEGO DE LIGA

Como tercer paso se hace un riego de liga a base de emulsión (RR-2K – 0.5 Lt/m²) que cumpla las normas para su finalidad. Este riego se hace con un camión regadera conocido como Petrolizadora.

4. MANTO O CACAHUATEO.

El cuarto paso es el manto, sin el cual no puede acceder al área de trabajo las asphaltadoras y los camiones; este se ejecuta con un camión de suministro de mezcla asfáltica y 6 trabajadores por cada camión, para extender a mano la carpeta asfáltica en un espesor mayor al tamaño máximo del agregado.

5. EXTENDIDO DE CARPETA NUEVA.

El último paso es la colocación de la carpeta asfáltica nivelada con la maquina llamada Finisher calibrada al espesor seleccionado de acuerdo a los requerimientos del diseño.

7.3. CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA PARA REALIZAR UNA REPAVIMENTACIÓN

- **RETROEXCAVADORA**

La retroexcavadora es una de las maquinas más versátiles en las áreas de construcción y de obras viales, en lo se refiere a movimientos de tierra y traslado de materiales. Diseñada para cumplir con las más altas exigencias en cuanto a seguridad y por sobre todo de la vida útil de la maquina.

Se caracteriza por un robusto diseño de sección de pluma y balancín, que es además estrecho, de forma que la visibilidad es excelente a todo lo largo de la pluma hasta la cuchara sea cual sea la profundidad a la que se excave.



7.3.1. Imagen de una Retroexcavadoras.

DIMENSIONES GENERALES

	Versión con equipo retro desplazable	Versión axial
A Longitud total	5,57	7,13
B Distancia entre ejes	2,20	2,20
C Altura de la cabina	2,90	2,90
D Altura de la pluma en posición de transporte	3,95	3,95
E Distancia al suelo	0,45	0,45
Anchura total	2,40	2,40

DIMENSIONES DE CUCHARAS.

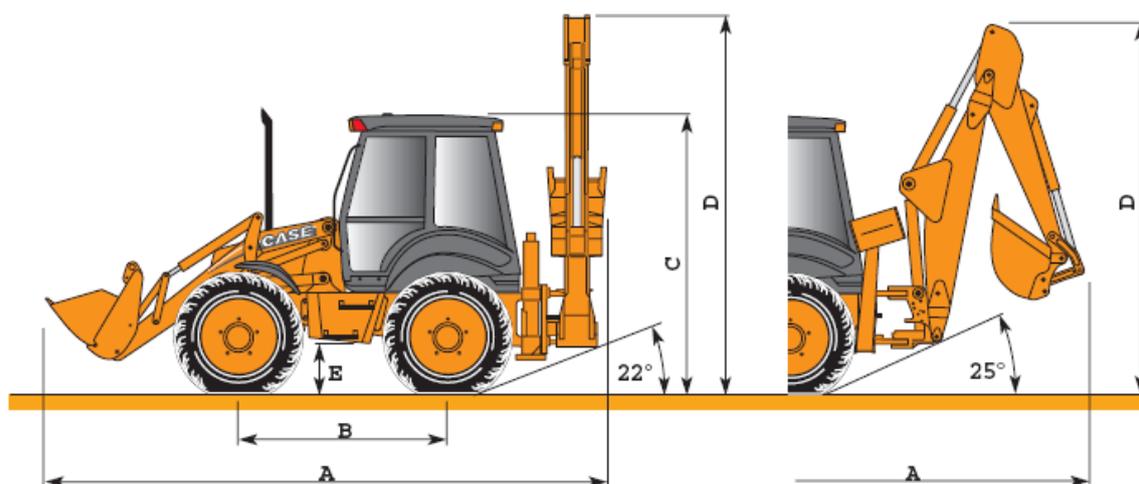
Cargadora	Movimiento de tierra	4 x 1	4x1 con Horquilla
Capacidad (L)	1200	1200	1200
Peso (Kg)	435	830	990
Anchura (m)	2,40	2,40	2,40

DIMENSIONES DE LA RETROEXCAVADORA

Anchura (mm)	279	305	406	457	610	762	914
Capacidad (L)	73	80	100	120	180	240	310
Peso (Kg)	88	140	160	165	195	225	260

PESO DE LA RETROEXCAVADORA

	Versión con equipo retro desplazable	Versión axial
Balancín extensible cuchara zanjadota de 610(mm), cuchara cargadora 4x1 con horquilla, un operario de 80 (Kg.) y estanque lleno	8800 Kg.	8410 Kg.



7.3.2. Dimensiones Generales de Retroexcavadoras.

PRESTACIONES

Cuando hablamos de las prestaciones de esta máquina nos referimos a las utilidades que obtenemos de esta máquina tanto su cargador como la retroexcavadora. En la siguiente tabla veremos sus prestaciones y sus respectivas medidas.

Cargadora: tabla 1

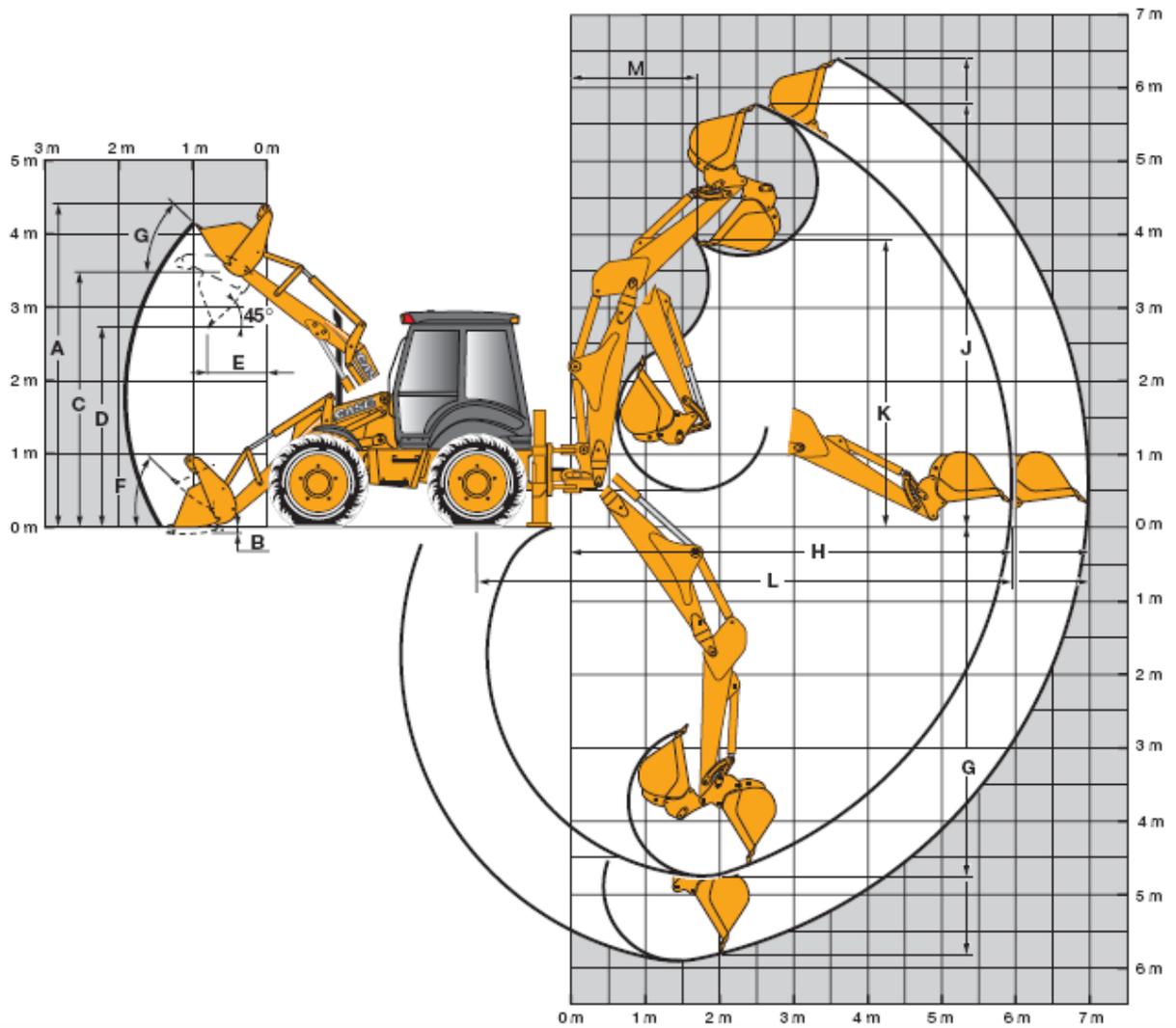
		Tipos de cuchara	
	Movimiento de tierras 1,2 m ³	4 x 1 1,2 m ³	4 x 1 con horquilla 1,2 m ³
A Altura máx.	4,35	4,46	5,00
B Profundidad de excav. Con la cuchara horizontal. (m)	85	90	90
C Altura al bulon de la cuchara (m)	3,52	3,52	3,52
D altura de descarga con la cuchara a 45°.	2,74	2,74	2,74
E Alcance a la altura máxima con la cuchara a 45°. (m)	0,75	0,72	0,72
F Angulo de recogida de la cuchara (m)	45 grad	45 grad	45 grad
G Angulo de recogida de la cuchara a la altura máxima (m)	36,7 grad	47 grad	47 grad
Fuerza de arranque (cilindro de elevación) (da N)	7400	7400	7400
Fuerza de arranque (cilindro de la cuchara) (da N)	5520	5500	5500
Capacidad de elevación máxima. (da N)	4770	4580	4500
Capacidad de elevación a la altura máxima. (Kg)	3500	3075	3075

Retroexcavadora: tabla 1 (Versión con equipo retro desplazable y enganche rápido).

	Balancín estándar	Balancín extensible (retraído)	Balancín extensible (desplegado)
Angulo de giro	180 grad.	180 grad	180 grad
G Profundidad máxima de excavación (m)	4,62	4,62	5,81
H Alcance máx. Desde el centro de giro (m)	5,90	5,90	6,99
J Altura de trabajo máxima (m)	5,81	5,81	6,49
K Altura de carga máxima (m)	3,93	3,93	4,62
L alcance máx. Desde el eje trasero (m)	7,23	7,23	8,32
M alcance a la altura de carga máxima (m)	1,90	1,90	2,84
Desplazamiento lateral con respecto al centro de la maquina (m)	0,62	0,62	0,62
Capacidad de elevación al alcance máximo	1610	1475	1125
Fuerza de arranque (cilindro de la cuchara)	5600	5600	5600
Fuerza de excavación (cilindro del balancín)	3744	3775	2643

Retroexcavadora: tabla 2 (Versión axial y enganche rápido)

	Balancín estándar	Balancín extensible (retraído)	Balancín extensible (desplegado)
Angulo de giro	180 grad	180 grad	180 grad
G Profundidad máxima de excavación (m)	471	471	5,90
H Alcance máx. Desde el centro de giro (m)	5,99	5,99	7,08
J Altura de trabajo máxima (m)	5,91	5,91	6,58
K Altura de carga máxima (m)	3,89	3,89	4,54
L Alcance máx. Desde el eje trasero (m)	7,32	7,32	8,50
M alcance a la altura de carga máxima (m)	1,86	1,86	2,80
Desplazamiento lateral con respecto al centro de la maquina (m)	0,62	0,62	0,62
Capacidad de elevación al alcance máx. Kg.	1545	1410	1055
Fza. de arranque (cilindro de la cuchara) daN	4920	4920	4920
Fza de excavación (cilindro del balancín) da N	3629	3629	2580



7.3.3. Prestaciones de retroexcavadoras.

- **BARREDORA**

Es un equipo complementario en la pavimentación, que generalmente se usa para retirar, polvo, basura, etc. acumulado sobre la base y subbase compactadas y de esta forma mejorar la adherencia del riego de liga.

Básicamente esta máquina es formada por un rodillo de cerdas, que se encuentra sostenido por un bastidor, que colocado apropiadamente y en forma perpendicular con respecto a su movimiento, da resultados meramente satisfactorios para el proceso.



7.3.4. Imagen de una barredora ROSCO.

- **PERFILADORA DE PAVIMENTO EN FRIO.**

Estas maquinas se encargan de eliminar el pavimento deteriorado o desgastado para originar una pendiente específica, donde su superficie tendrá una textura que permitirá que se comiencen rápidamente los trabajos de recubrimiento con asfalto nuevo, o la apertura inmediata del trafico.

Esta perfiladoras establecen un control del grado de corte, y controlan perfectamente la pendiente transversal sin ocasionar daños en la estructura del pavimento que esté en buenas condiciones, o sea, la que no será removida.



7.3.5. Imagen de una perfiladora de asfalto.
Modelo PM-565B, que cuenta con un ancho de corte de 2100 mm / 6.9 pie.

MODELO	ANCHO DE CORTE	MODELO DE MOTOR
PM-102	1000 mm	C7 ACERT Technology
PM-200	2010 mm	Caterpillar® C18 ACERT
PM-201	2100 mm	C18 ACERT Technology

Tabla 7.3.6. Características de perfiladoras de asfalto

MODELO PM-200

1. MOTOR

- La tecnología ACERT™, una combinación de innovaciones que actúa en el punto de combustión, optimiza el rendimiento del motor y permite cumplir las normas sobre emisiones Tier 3 de EPA de los EE.UU. y Stage IIIa de la Unión Europea para aplicaciones de obras
- Potencia óptima.
El motor C18 opera a potencia bruta plena (SAE J1995) de 429 Kw (575 hp) a 1.900 rpm. La combinación de la cilindrada y par altos permite que la PM-200 logre producción máxima. La curva de potencia del motor está optimizada para las aplicaciones de fresado, y proporciona potencia óptima mientras que mantiene operando al motor a nivel máximo de eficiencia.
- Inyección unitaria electrónica de accionamiento mecánico (MEUI)
El sistema de combustible MEUI es un sistema único que combina el avance técnico de un sistema de control electrónico con la simplicidad de la inyección directa de combustible e control mecánico. El sistema MEUI sobresale por su capacidad para controlar la presión de inyección a cualquier gama de velocidad de operación del motor. Estas características permiten que el C18 tenga control completo sobre la sincronización, duración y presión de la inyección.
- Suministro de combustible de inyección múltiple preciso
Las temperaturas de la cámara de combustión se reducen configurando de manera precisa el ciclo de combustión, lo que genera menores emisiones y optimiza la combustión de combustible; lo que significa más trabajo generado por costo de combustible.
- Bloque de motor del C18
El bloque de motor es de hierro gris de una pieza que se caracteriza por tener una nervadura ancha que proporciona dureza, y mamparas pesadas para dar rigidez y resistencia durante el giro del cigüeñal. Este nuevo diseño soporta relaciones de compresión más altas en el motor y aumenta la densidad de la potencia. La incorporación de puntos de conexión de rosca recta y sello anular reducen la pérdida de aceite y fluidos del motor.
- Presiones altas de los cilindros
Las presiones altas de los cilindros combinadas con tolerancias rígidamente controladas, promueven una combustión extremadamente eficiente de combustible, menos escape de gases y emisiones reducidas.
- Servicio, mantenimiento y reparación
Se logran el servicio, mantenimiento y reparación más fácilmente al controlar las funciones clave y al registrar los indicadores críticos. Las capacidades de diagnóstico electrónico avanzado se pueden realizar con el Técnico Electrónico CAT

- Turbocompresión y posenfriamiento aire a aire (ATAAC)
Se asegura potencia alta con mayor tiempo de respuesta mientras se mantienen las temperaturas de escape bajas por largas horas de operación continua.
- Posenfriamiento aire a aire
El posenfriamiento aire a aire mantiene temperaturas reducidas de admisión y junto con los componentes de tolerancias ajustadas de la cámara de combustión maximiza la eficiencia de combustible y minimiza las emisiones. El nuevo turbocompresor, el diseño único de la culata de flujo transversal, el árbol de levas sencillo en la culata de impulsión delantero, y un múltiple de admisión más eficiente generan mejoras significativas al flujo de aire, lo cual maximiza la eficiencia y reduce las emisiones.
- Módulo de Control Electrónico ADEM™ A4
El módulo administra el suministro de combustible, la sincronización de las válvulas y el flujo de aire para obtener el mayor rendimiento por litro (galón) de combustible utilizado. El módulo de control proporciona una distribución flexible de combustible, lo cual permite que el motor responda rápidamente a las necesidades variables de las aplicaciones. Lleva a cabo el seguimiento de las condiciones de la máquina y del motor mientras mantiene la operación del motor a un nivel máximo de eficiencia

2. SISTEMA DE PROPULSION



Imagen 7.3.7. Sistema de propulsión de una perfiladora de asfalto.

- Sistema de propulsión
Mando hidrostático con caudal hidráulico proporcionado por una bomba de pistones de caudal variable. Motores de mando de cadena de dos velocidades proveen esfuerzo de tracción equilibrada.
- Bomba de propulsión
Un flujo equilibrado a los motores de propulsión de dos velocidades en cada cadena proporciona un esfuerzo superior de tracción en todo tipo de terreno



Imagen 7.3.8. Sistema de propulsión de una perfiladora de asfalto.

- Sistema de control de carga (anti-calado)
El sistema electrónicamente controlado hace coincidir la velocidad de propulsión con la carga al motor, para máxima producción. Se puede seleccionar tres configuraciones de control de carga. ALTA para cortes ligeros; MED para cortes medianos; y BAJA para cortes duros
- Dos gamas de velocidad
La máquina opera a par máximo a través de toda la gama de velocidades de fresado, o a una velocidad más rápida de recorrido para trasladarse alrededor del sitio de trabajo.
- Control positivo de tracción (divisor de caudal)
El caudal hidráulico igual a cada motor impulsión aumenta el esfuerzo de tracción en las aplicaciones de fresado duro. El control positivo de tracción se activa desde la consola del operador

3. MANDO DEL ROTOR



Imagen 7.3.9. Mando del rotor de una perfiladora de asfalto.

- **Mando del rotor**
El embrague húmedo exclusivo de Caterpillar entrega la potencia máxima disponible a cada herramienta de corte mientras que provee una larga duración de servicio y fiabilidad.
- **Embrague húmedo Caterpillar**
El sistema más eficiente y fiable para aplicar la potencia del rotor al pavimento. El sistema de embrague del rotor tiene un sumidero de aceite, bomba, filtro, válvula de control del embrague y enfriador de aceite separados para proporcionar enfriamiento y lubricación continuos.
- **Dos velocidades de corte**
La polea superior e inferior se intercambian fácilmente para par máximo con los materiales más resistentes y para requisitos diferentes de tamaño de material.
- **Dos correas moldeadas de seis costillas de alta tracción**
Las correas de alta resistencia a la tracción impulsan eficientemente al rotor y proporcionan larga vida útil.
- **Ajuste automático de tensión de correa**
El tensor automático e hidráulicamente impulsado de la correa de mando previene el patinaje de la correa de mando del rotor y reduce el mantenimiento

4. ROTOR



Imagen 7.3.10. Rotor de una perfiladora de asfalto.

- Portapuntas cónicos de desconexión rápida para reemplazo fácil y rápido. Unidades de 178 puntas de ataque tratadas al carburo. Las puntas están montadas en el portapuntas patentado y duradero de tres piezas de desconexión rápida y están dispuestas en un patrón de nervadura de envoltura triple para máxima fuerza de desprendimiento. Los portapuntas cónicos de desconexión rápida mantienen la sujeción en la base del portapuntas



Imagen 7.3.11. Punta del rotor de una perfiladora de asfalto.

- Paletas grandes de carga reemplazables con superficies de carburo
Las paletas de carga mueven el material fresado a la banda transportadora de recolección de material, lo cual genera mayor producción y menos desgaste en la parte interior de la cámara del rotor y de las piezas de corte
- Espaciamiento óptimo de puntas
La ubicación de las puntas en configuración triple en los extremos del rotor provee el espaciamiento óptimo de las puntas para limpiar material suelto y reducir el desgaste del rotor al trabajar en el corte.

5. BANDA TRANSPORTADORA DE RECOLECCIÓN DE MATERIAL



Imagen 7.3.12. Banda transportadora de una perfiladora de asfalto.

- Banda transportadora de recolección de material
La abertura grande de descarga y la banda transportadora de recolección ancha, descarga la caja de corte rápidamente. Sistema de rociado de agua para lubricación, enfriamiento y disminución de polvo.
- Dimensionado y gradación óptimos de material
El dispositivo anti-placa hidráulicamente operado previene la formación de placas en la superficie del camino, protege a la banda transportadora de recolección de material, y asegura una abertura de descarga óptima para la cámara del rotor.
- Abertura grande de descarga
Se descarga rápidamente la cámara del rotor para mayor producción
- Eficiencia máxima
La banda transportadora de recolección tiene 800 mm (31,5") de ancho y es impulsada por un motor hidráulico de par alto que proporciona máxima eficiencia

- Velocidad variable de la correa
La velocidad variable de correa de la banda transportadora de recolección de material controla la carga de materiales molidos para coincidir precisamente con el tipo y la cantidad de material.
- Reducción óptima de polvo
El rociado de agua estándar lubrica y controla el polvo en la correa de

6. BANDA TRANSPORTADORA PLEGABLE DE CARGA FRONTAL



Imagen 7.3.13. Banda transportadora plegable de una perfiladora de asfalto.

- Banda transportadora plegable de carga frontal
La capacidad y versatilidad altas aumentan la productividad del sitio de trabajo. La banda transportadora se puede plegar para reducir las dimensiones de la máquina durante el transporte
- Banda transportadora hidráulica plegable
El transporte de la máquina se facilita con la banda transportadora que se pliega hidráulicamente hacia arriba, lo cual reduce las dimensiones de la máquina.
- Ancho de la banda transportadora superior
La banda transportadora superior tiene 800 mm (31,5") de ancho y su ajuste de altura es controlado hidráulicamente mientras que dos cilindros proporcionan un giro de 48 grados hacia la izquierda y hacia la derecha.
- Correa de una sola pieza
La correa de una sola pieza con abrazaderas altas ofrece una larga duración de servicio y provee mejor control de partículas finas.

- Velocidad variable de la correa
La velocidad variable de la correa de la banda transportadora de carga frontal controla la carga de materiales molidos para coincidir precisamente con el tipo y la cantidad de material.
- Sistema de rociado de agua doble (optativo)
Provee rociado adicional de agua para enfriamiento y lubricación de las puntas de corte y reducción de polvo durante las aplicaciones más difíciles de corte. El sistema incluye una bomba de agua y boquillas de rociado adicionales.

7. ESTACIÓN DEL OPERADOR



Imagen 7.3.14. Estación de operación de una perfiladora de asfalto.

- Diseñada para operar con eficiencia, productividad y sencillez desde ambos lados de la consola. Controles de alcance fácil para minimizar la fatiga del operador.
- Controles dobles de operación
Clara distribución de los instrumentos y de los controles para proporcionar facilidad de uso. Todos los medidores y pantallas son de fácil lectura con luz diurna
- Sistema Monitor Computarizado (CMS)
El sistema constantemente controla las presiones del sistema y la condición del motor con múltiples modalidades de operación. Si ocurre un problema, alerta al operador usando tres niveles de información sobre el suceso.



Imagen 7.3.15. Sistema de monitoreo de una perfiladora de asfalto.

- Techo operado hidráulicamente (optativo)
El techo de ancho completo con dos alas laterales extensibles y el parabrisas y la ventana trasera proporciona comodidad y protección óptimas al operador. El techo se puede bajar hidráulicamente para el transporte.
- Iluminación nocturna óptima
El área de trabajo está eficientemente iluminada por un juego de luces de instalación rápida que se almacenan convenientemente en uno de los compartimientos de la máquina

8. MANIOBRABILIDAD



Imagen 7.3.16. Maniobrabilidad de una perfiladora de asfalto (articulación)

- Cuatro modalidades de dirección proveen excelente manejo para el control preciso en calles urbanas angostas y para mayor producción

- Cuatro modalidades de dirección
El control de dirección provee cuatro modalidades de dirección para maniobrar en espacios limitados: dirección delantera, dirección acodillada, dirección coordinada y dirección trasera solamente.
- Radio limitado de corte
El radio de corte de 2,0 m (6 pies 5 pul) permite el fresado en calles urbanas angostas y en calles sin salida
- Zapatas de cadena de poliuretano
Las zapatas de cadena de poliuretano proveen buena tracción y mejor resistencia la separación de las zapatas.
- Excelente visibilidad de las planchas laterales de la caja de corte
La excelente visibilidad aumenta la productividad y permite que el operador ponga con precisión el rotor contra las cunetas o facilite el trabajo cerca de obstrucciones
- Palancas de propulsión dobles
Velocidades infinitamente variables de la máquina para moverse rápidamente alrededor del sitio de trabajo

9. FIABILIDAD Y FACILIDAD DE SERVICIO



Imagen 7.3.17. Perfiladora de asfalto

- Puerta de servicio del rotor hidráulico
La puerta de servicio se abre completamente para el acceso conveniente al rotor para inspección y mantenimiento de las puntas.

- **Módulo de Control Electrónico (ECM)**
Los sistemas de la máquina están controlados, lo cual provee autodiagnóstico para el operador o personal de servicio.
- **Tres niveles de advertencia**
El operador es informado de condiciones de la máquina que requieren su atención. Fomenta la reparación antes de una avería mayor.
 - Nivel uno – el operador puede continuar operando la máquina, sin embargo, el sistema requiere atención pronto.
 - Nivel dos – el operador debe cambiar la operación de la máquina o realizar el mantenimiento requerido al sistema lo antes posible.
 - Nivel tres – representa la condición más severa y la máquina debe pararse inmediatamente de manera segura
- **Indicadores visuales**
Los indicadores visuales permiten la comprobación fácil del nivel del tanque de rociado de agua y del nivel del tanque de aceite hidráulico.
- **Orificios de conexión rápida para pruebas hidráulicas**
La característica de conexión rápida simplifica los diagnósticos del sistema.
- **Drenajes ecológicos**
Los drenajes ecológicos proporcionan un medio ambientalmente más seguro para drenar los fluidos. Estos se incluyen en el radiador, en el colector de aceite y en los tanques de combustible y aceite hidráulico.
- **Orificios S•O•SSM.**
Los orificios del Análisis Periódico de Aceite permiten la recolección fácil del aceite hidráulico.
- **Tendido seguro de mangueras**
Hay bloques de tendido de poliuretano que proveen un tendido seguro para reducir la fricción y prolongar la vida útil de las mangueras.
- **Baterías libres de mantenimiento CAT**
Las baterías están montadas en la parte trasera de la máquina. Las baterías están diseñadas específicamente para potencia máxima de arranque y para protección contra la vibración.
- **Conjunto de enfriamiento**
El conjunto de enfriamiento es de diseño de plano único, superpuesto en serie para acceso fácil para tareas de limpieza y servicio. Un sistema modular superpuesto proporciona enfriamiento más eficiente de los sistemas individuales y facilita la limpieza rutinaria.
- **Sistema de mando accesorio**
En un motor en condiciones en que no funciona o en un sistema hidráulico auxiliar que no funciona, el control completo de operaciones de las funciones principales de la máquina están fácilmente disponibles para el movimiento asistido de la máquina para mantenimiento y servicio.

10. OPCIONES DE CONTROL AUTOMÁTICA DE RASANTE Y PENDIENTE



Imagen 7.3.18. Perfiladora de asfalto

- Los controles optativos contactantes o no-contactantes proveen el control preciso de la máquina a una profundidad programada de corte. El sistema se puede configurar para controlar la rasante o la pendiente transversal
- Sensores de rasante contactantes o no-contactantes
Los sensores, que pueden ubicarse a cada lado, son fáciles de instalar y proporcionan precisión permanente. El sensor de pendiente transversal aumenta la versatilidad del sistema.
- Sensores de rasante con cable de contacto
El sensor mide el movimiento de la plancha lateral, lo que permite que toda la longitud de la plancha lateral se convierta en un dispositivo para determinar el promedio de desnivel, para establecer una correspondencia extremadamente precisa de la rasante
- Cajas de control de montaje remoto
Permiten la operación manual o automática desde la estación del operador o a nivel del suelo. La lectura constante de la profundidad del rotor y de la pendiente transversal es fácilmente visible con luz diurna o en condiciones de poca luz
- Sistema de promedio de desnivel sónico
Este sistema dispone de tres sensores de rasante no-contactantes, o una combinación de sensores contactantes y dos no-contactantes que se montan en el lado de la máquina. Permite que toda la longitud de la máquina se convierta en dispositivo de promedio de desnivel.

RECICLADORA DE ASFALTO.



Imagen 7.3.19. Recicladora Cutler.

La máquina para reciclado superficial de los pavimentos asfálticos, se encuentra conformada para ejecutar varios pasos consecutivos, El proceso involucra calentar y escarificar la pulgada superior del pavimento existente de asfalto, aplicando un agente rejuvenecedor para restaurar la viscosidad, mezclando este agente con el material escarificado y obteniendo una capa “con calidad de mezcla elaborada en planta” de pavimento reciclado que restaure el perfil y el corte transversal

SISTEMA DE RECICLADO DE ASFALTO CUTLER A UN SOLO PASO

1. Sistema de Calentamiento

Quemadores de acero inoxidable a base de gas LP suavizan la superficie existente. Acomodados en la caja de quemadores de 13 pies de largo (39.62cm), 39 quemadores suministran calor indirecto a la superficie del pavimento. Una vez en condiciones plásticas el pavimento está listo para la escarificación

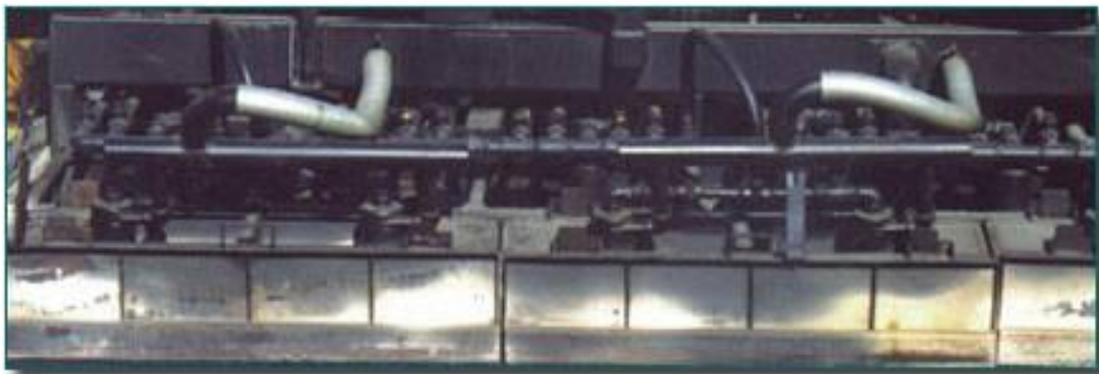


Imagen 7.3.20. Sistema de calentamiento de una recicladora (quemadores).

2. Sistema de Escarificación,

Los dientes escarificadores con puntas de carburo desprenden el pavimento suave y cortan sobre roderas, topes y fisuras en el ancho de la máquina (11, 12 ó 13 pies; de 33.52 a 39.62m. Los diafragma as individuales activados por aire incrementan la presión para permitir que cada sección escarificadora sea controlada independientemente. Esto asegura que se pase con éxito sobre registros y otras obstrucciones sin siquiera detener la repavimentadora.



Imagen 7.3.21. Barredora ROSCO.

3. Sistema de aplicación líquida

Cuatro tazas giratorias de velocidad variable distribuyen uniformemente el aditivo líquido sobre el pavimento suelto calentado para revertir el proceso de oxidación y restaurar la flexibilidad, maleabilidad y cohesión. La proporción de aplicación está sincronizada con la velocidad de avance de la máquina.

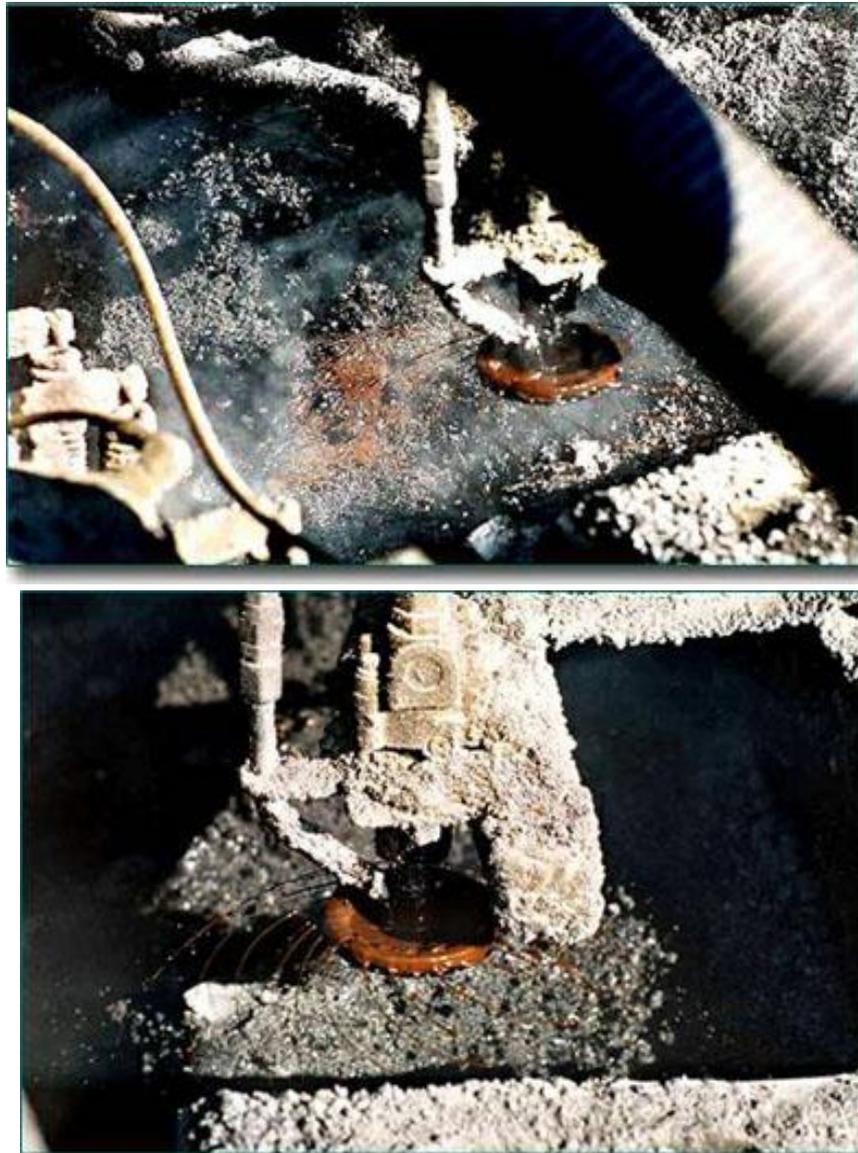


Imagen 7.3.22. Tazas o rociadores del sistema de aplicación líquida.

4. Plancha de reciclado

Un juego de tornillos helicoidales distribuye el material rejuvenecido en la parte frontal de la plancha de reciclado la cual distribuye y compacta en el nivel de enrase.



Imagen 7.3.23. Plancha de recicladora Cutler.

- **PAVIMENTADORA DE ASFALTO.**

Una máquina pavimentadora asfáltica o una pavimentadora de asfalto es una máquina que distribuye y le da forma al asfalto, la combinación de agregado y un agente aglutinante que se utiliza en la pavimentación de caminos. El asfalto es puesto en un área determinada como una carretera o un estacionamiento por las pavimentadoras de asfalto, que también terminan la tarea de compactarlo.

Aunque algunas pavimentadoras del asfalto son remolcadas por el camión que proporciona el asfalto, hoy en día la mayoría son automotoras y propulsadas con diesel. Las pavimentadoras remolcadas que son más pequeñas tienen generalmente entre tres y 20 caballos de fuerza, mientras que versiones automotoras de más tamaño tienen entre 100 y 250. Pesando entre 20,000 a 40,000 libras (9.072 a 18.144 Kg.), estas pavimentadoras miden normalmente entre 19 a 23 pies (5.8 a 7 m) de largo, 10 pies (3 m) de ancho, y 10 pies (3 m) de alto. Algunas pavimentadoras son neumáticas, significando que son vaciadas con el uso de una bomba y de aire a presión.



Imagen 7.3.24. Pavimentadora

Esta máquina terminadora de pavimentos asfálticos, consta de dos unidades, una de las cuales se llama tractora y la otra extendedora.

La unidad tractora contiene los mandos que regulan el paso de material a la maestra. Tiene una tolva en la que los camiones vierten la mezcla y desde la que el material va a la unidad extendedora por medio de transportadores de cinta. La unidad tractora produce también la fuerza motriz, no sólo para sí misma y para la unidad extendedora, sino para empujar el camión que está descargando en la tolva.

La unidad extendedora consta de brazos niveladores o brazos de maestra, una placa maestra, un dispositivo compactador y un dispositivo de regulador de espesor. La conexión básica entre la unidad extendedora y la tractora son los brazos de la maestra, que están articulados con el chasis de la unidad tractora. En teoría, esto da lugar a una maestra flotante que extiende el material que le llega en la forma deseada. Cuando las fuerzas que actúan sobre la máquina están equilibradas se obtiene un espesor uniforme. Si se cambia esta fuerza, la maestra subirá o bajará, la regulación del espesor se consigue combinando la inclinación de la placa maestra, variando con ello las fuerzas que actúan sobre el mecanismo de la maestra. Este mecanismo reacciona contra las nuevas fuerzas que aparecen hasta que se equilibra de nuevo, durante cuyo proceso se produce un cambio de espesor.

- **COMPACTADOR DE RODILLO.**

La compactación de suelos es el proceso artificial por el cual las partículas de suelo son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras, mediante una reducción del índice de vacíos, empleando medios mecánicos, lo cual se traduce en un mejoramiento de sus propiedades ingenieriles.

La importancia de la compactación de suelos estriba en el aumento de la resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtiene al someter el suelo a técnicas convenientes, que aumentan el peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales tales como cortinas de presas de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, bordes de defensas, muelles, pavimentos, etc.



Imagen 7.3.25. Compactador de Rodillo.

Beneficios de la compactación

- a. **Aumenta la capacidad para soportar cargas.**

Los vacíos producen debilidad del suelo e incapacidad para soportar cargas pesadas. Estando apretadas todas las partículas, el suelo puede soportar cargas mayores, debido a que las partículas mismas que soportan mejor.
- b. **Impide el hundimiento del suelo.**

Si la estructura se construye en el suelo sin afirmar o afirmado con desigualdad, el suelo se hunde dando lugar a que la estructura se deforme produciendo grietas o un derrumbe total.
- c. **Reduce el escurrimiento del agua.**

Un suelo compactado reduce la penetración de agua. El agua fluye y el drenaje puede entonces regularse.
- d. **Reduce el esponjamiento y la contracción del suelo.**

Si hay vacíos, el agua puede penetrar en el suelo y llenar estos vacíos. El resultado sería el esponjamiento del suelo durante la estación de lluvias y la contracción del mismo durante la estación seca.
- e. **Impide los daños de las heladas.**

El agua se expande y aumenta el volumen al congelarse. Esta acción a menudo causa que el pavimento se hinche, y a la vez, las paredes y losas del piso se agrieten. La compactación reduce estas cavidades de agua en el suelo.

El compresor vibratorio del asfalto de Cb-434c se diseña por todas las fases de la compactación. Es capaz del trabajo como una interrupción y rodillo intermedio debido a sus altas fuerzas compactivas. Cuando está funcionado en el modo estático, el Cb-434c es un ajuste perfecto como rodillo del final debido a sus altas libras estáticas por pulgada lineal.



Imagen 7.3.26. Compactador de rodillo liso vibratorio.

Especificaciones detalladas	
Motor	
Modelo de motor	CAT 3054NA
Potencia en el volante	49 Kw / 66 hp
Potencia bruta	52 Kw / 70 hp
Pesos	
Peso en orden de trabajo	6485 kg / 14300 lb
Peso sobre el tambor delantero	3113 kg / 6864 lb
Peso sobre el tambor trasero	3372 kg / 7436 lb
Especificaciones de operación	
Ancho de compactación	1422 mm / 56 pul
Velocidad máx. de desplazamiento	11.6 km/h / 7.2 mph
Radio interno de giro	3404 mm / 11.2 in
Radio externo de giro	4832 mm / 15.8 in
Altura libre sobre el suelo	381 mm / 15 pul
Frecuencia vibratoria	48 / 2900
Fuerza centrífuga máxima	74.7 KN / 16800 lb

Tabla 7.3.27.

Los métodos empleados para la compactación de suelos dependen del tipo de materiales con que se trabaje en cada caso; En la práctica, estas características se reflejan en el equipo disponible para el trabajo, tales como: plataformas vibratorias, rodillos lisos, neumáticos o patas de cabra.

- **COMPACTADOR NEUMÁTICO.**

Los compresores neumáticos del gato se diseñan para la compactación y acabar superiores.



Imagen 7.3.28. Compactador de tipo Neumático



Especificaciones detalladas	
Motor	
Potencia en el volante	74 Kw / 100 hp
Modelo de motor	CAT 3054T
Pesos	
Peso en orden de trabajo	25000 kg / 55115 lb
Peso máximo por rueda	3570 kg / 7870 lb
Especificaciones de operación	
Ancho de compactación	2275 mm / 90 pul
Velocidad de desplazamiento	18 / 11 mph
Radio interno de giro	3470 mm / 11.4 pies
Radio externo de giro	6700 mm / 22 pies
Espacio libre sobre el suelo	252 mm / 10 pul

Tabla 7.3.29. Especificaciones detalladas de un compactador de tipo neumático



CAPITULO VIII
APLICACIÓN A UN CASO REAL

***ANÁLISIS, EVALUACION Y DETERMINACION DEL METODO
PARA LA REHABILITACIÓN DE LA AV. SUTERM,
RÍO DE LUZ, ECATEPEC DE MORELOS, ESTADO DE MÉXICO***

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

Recientemente se puede observar que las ciudades presentan problemas de concentración de población y ésta a su vez, reduce espacios y demanda un mayor número de servicios. Entre otros problemas, las vialidades merman su capacidad, originando congestionamientos, contaminación ambiental, los tiempos de traslado se incrementan y se pierden muchas horas-hombre; si a esto le agregamos el costo que alcanza el consumo de energéticos, al incrementarse casi un 50% del que se utiliza en condiciones normales, hacen que la convivencia en la ciudad cada vez sea más difícil, disminuyendo la calidad de vida de las personas que la habitan

Por otra parte, regularmente las medidas que se toman para solucionar los problemas que se presentan, son de carácter inmediato; es decir, únicamente satisfacen las necesidades tal y como se presentan y en la mayoría de los casos no se corrige el origen del problema, por lo que las fallas siguen presentándose. Esto hace que el mantenimiento cada vez sea más frecuente y con trabajos mayores, incrementando considerablemente los costos. La causa principal es la falta de planeación, pero existen también factores determinantes como son el presupuesto disponible, el tipo de organización y cuestiones políticas

1.2 Ubicación.

La avenida Suter, se localiza en el Estado de México, en el municipio de Ecatepec de Morelos, entre la Av. Adolfo López Mateos (R-1) y Av. Hank Gonzales (Central) en la Colonia Rio de Luz.



Figura 1.

Localización de la avenida en estudio (N 19° 32' 58.78", W 99° 01' 32.18").

1.3 Características del proyecto

Se realizó una evaluación del pavimento existente “calificación de servicio actual” de acuerdo a las pruebas de la AASHTO.



Figura 2. Localización de la avenida en estudio

2. CONDICIONES DEL SITIO

2.1 Exploración de campo

Para conocer el estado del pavimento, se realizó una visita y un recorrido al sitio de interés.

Ya que se observó que dicho pavimento correspondía a una Vialidad Secundaria del Municipio de Ecatepec de Morelos y esta cuenta con una longitud menor a un kilómetro, se descarta realizar una evaluación de acuerdo al Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (SIMAP); ya que este sistema aplica a vialidades de mayor dimensión, como carreteras o autopistas en donde la longitud en estudio es mayor a un kilómetro.

Por lo anterior solo se efectuara la evaluación del servicio actual del mismo, de acuerdo a la AASHTO.

LAS PRUEBAS DE ACUERDO LA AASHTO

Estas pruebas se basan exclusivamente en la apreciación personal (subjetiva) del usuario del camino, respecto a la facilidad que ofrece éste para ser recorrido cómodamente.

De acuerdo con un estudio realizado, el número de personas, para tener una estimación adecuada, deberá estar comprendida entre 5 y 10, como mínimo; es conveniente que la apreciación se realice individualmente y con el mismo tipo de vehículo que la persona que califica utiliza normalmente. En general, se obtienen promedios congruentes utilizando persona de diversa preparación; aún cuando la calificación individual varía ampliamente, el promedio es congruente y permite una estimación adecuada del estado de la carretera en el momento de la inspección.

Para obtener valores objetivos de la calificación, estudios posteriores realizados en diferentes países y en la misma AASTHO, han relacionado la calificación subjetiva con medidas proporcionadas por el perfilómetro CHLOE, determinando la variancia de la pendiente longitudinal y la deformación transversal, así como el porcentaje de áreas agrietadas y reparada.

La escala de calificaciones AASHTO es la siguiente:

Calificación	Estado del pavimento
4.1 - 5.0	Excelente
3.1 - 4.4	Bueno
2.6 - 3.0	Regular a bueno
2.1 - 2.5	Regular a malo
1.1 - 2.0	Malo
0.0 - 1.0	Muy malo

2.0 = nivel de reconstrucción
2.5 = nivel de rechazo

Y puede calificarse con aproximación decimal.

En las investigaciones realizadas en tramos de prueba experimentales de la red nacional, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, ha encontrado que son prácticos los sistemas de calificación o índice de servicio actuales desarrollados por la AASHTO para valorar el comportamiento de los pavimentos, recomendando utilizar valores de:

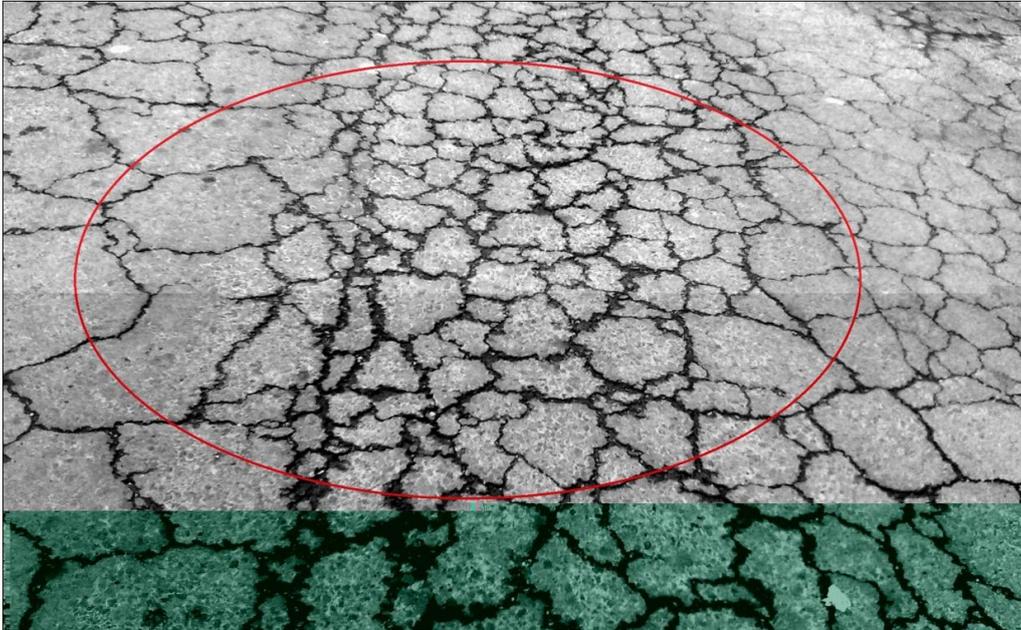
2.0 = nivel de reconstrucción

2.5 = nivel de rechazo

La valoración subjetiva de la calificación actual nos proporciona, como anteriormente se ha explicado, un índice que represente seguridad y confort al usuario del camino y que revele deficiencias en el acabado superficial, esto, en caso de caminos nuevos o deterioros sufridos en caminos en operación; sin embargo, la falla anticipada de agrietamiento por fatiga de la carpeta pasa desapercibida por el usuario del camino en la mayoría de los casos, sobre todo cuando dicho agrietamiento se presenta sin deformación. El agrietamiento poliédrico del tipo “piel de cocodrilo” es indicio de fatiga en los materiales que constituyen la estructura del pavimento, fenómeno que se acentúa en presencia de materiales deficientes.

El índice de Servicio Actual nos sirve de apoyo para determinar si la superficie de rodamiento necesita mejorarse, pero por si solo no debe usarse para diseño de sobrecarpetas u otras mejoras. Generalmente, para esta evaluación se utiliza una escala cuyos valores oscilan entre 0 y 5, distribuidos de la siguiente manera:

INSPECCIÓN VISUAL DEL DETERIORO SUPERFICIAL



Fotografía 1. Agrietamiento tipo cocodrilo en gran parte de la vialidad



Fotografía 2. Bache sobre la vialidad



Fotografía 3. Agrietamiento y disgregación



Fotografía 4. Calaveras en gran parte de la vialidad



Fotografía 5. Baches en el centro de la vialidad



Fotografía 6. Reparaciones y superficie lisa.



Fotografía 7. Disgregación y calaveras.



Fotografía 8. Oxidación y agrietamiento tipo cocodrilo.



Fotografía 9. Disgregación y agrietamiento tipo cocodrilo.



Fotografía 10. Oxidación, agrietamiento tipo cocodrilo y disgregación.

EVALUACIÓN

Esta vialidad en la actualidad es difícil de transitar, por el exceso de calaveras en su acabado superficial, así como baches y se observo que en toda su superficie existen agrietamientos, longitudinales y del tipo cocodrilo; y en algunas secciones se observa oxidación. Añadiendo que esta vialidad fue diseñada para una vida útil de 10 años; la cual tiene 20 años en servicio y nunca se ha considerado en un programa de conservación periódico.

De acuerdo a lo anterior esta vialidad es calificada con un valor objetivo de 2.3; este valor de acuerdo a la escala de calificaciones AASHTO es de regular a malo, tomando en cuenta su vida útil, se requiere de una repavimentación, ya que algún otro método sería insatisfactorios para rectificar su transitabilidad.

Haciendo una evaluación de los diferentes métodos constructivos que existen para el mantenimiento y reparación de carpeta asfáltica, a continuación enumeramos las características del método de reciclado.

1. Ser económicamente viable
2. No entorpecer el tráfico en las vialidades y calles adyacentes, permite abrir a la circulación inmediatamente después de terminar el sellado neumático.
3. Se debe aprovechar parte de la carpeta existente y transformarla en mezcla reciclada de gran calidad.
4. Se cumplen con normas de control de calidad ambiental.
5. El espesor mínimo requerido puede utilizarse, o mejorar de acuerdo a nuevos aforos de vialidad.
6. Se protege la carpeta reciclada arropándola con concreto asfáltico elaborado en planta
7. Se cuenta con equipo de calentamiento integrado a la maquina, para manejar asfalto o emulsión para rejuvenecer la carpeta existente.
8. La nivelación del trabajo se logra en forma automática y además debido a lo largo de la maquina se establecen parámetros longitudinales de 15 m. que no se logran con equipo tradicional.
9. La maquinaria que se utiliza es relativamente de reciente adquisición (modelo 2000 y 2001) y garantiza optimas condiciones, altos rendimientos y evita paros por fallas mecánicas, ya que además opera con un sistema estricto de mantenimiento.

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS POR EL CUAL SE DEBE DE APLICAR EL PROCEDIMIENTO DE RECICLADO A UN PASO

Se realiza la presente exposición de motivos por el cual es necesario el Reciclado de pavimento Asfáltico

VENTAJAS DEL RECICLADO:

1. Debido al precalentamiento y calentamiento que efectúa la recicladora, cuando está ejecutando el corte para formar la caja, la temperatura de unión entre el material de la caja y la carpeta reciclada a colocar es más eficiente, porque se están uniendo dos materiales a la misma alta temperatura. En cambio en el proceso de recarpeteo, la unión de la carpeta nueva al pavimento existente se hace uniendo un material frío con uno caliente redundando esto en un meja mejor calidad.
2. El alcance del trabajo es mayor en la recicladora, ya que el precio unitario está basado en un espesor de carpeta nueva de 5cm. pero en el proceso de reciclado la carpeta nueva se utiliza para arropar la carpeta de reciclado tanto en los hombros como en la superficie de rodamiento, por lo tanto falta considerar el espesor de la carpeta reciclada, que para este caso representa aproximadamente 3 cm. teniendo un espesor total de 8cm, lo que representa un aumento en el espesor del 37.5%.
3. Otro punto importante de análisis es la de los tiempos de ejecución, el procedimiento de reciclado tiene una capacidad de avance en una jornada normal de 8 hrs de 3,600 m² de obra terminada, cantidad que se puede incrementar de acuerdo a la accesibilidad de la obra.

CONCLUSION

Por lo expuesto se define que el procedimiento a ejecutar más viable para los trabajos de reparación y mantenimiento de vialidades con carpeta de concreto asfáltico es el de perfilado o fresado aparte de el reciclado de asfalto; previo estudio que evalúe las condiciones físicas de la avenida.

Previo a los trabajos de reciclado se deberá de realizar un perfilado o fresado del área por reciclar ya que la carpeta de esta avenida fue construida con un espesor de 12 cm; así mismo ya no existe luz entre guarnición y carpeta, por lo que si se recicla sin perfilar la carpeta quedara por encima de la guarnición; provocando que en épocas de lluvia está entre a los domicilios.

***DETERMINACION DEL PROYECTO
PARA LA REHABILITACIÓN DE LA AV. SUTERM,
RÍO DE LUZ, ECATEPEC DE MORELOS, ESTADO DE MÉXICO***

Se trata de una conservación de una vialidad secundaria, por lo que el levantamiento a realizarse será una nivelación directa.

Esto consiste en obtener primeramente los anchos de la vialidad y cadenear cada 20 metros hasta llegar al kilómetro o kilómetros proyectados. Esos cadenamientos a cada 20 metros se indicarán en forma que haya que pintar sobre la guarnición o algún punto visible con pintura, preferentemente de color rojo o blanco para una fácil visibilidad.

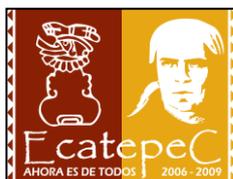
Posteriormente para obtener las cotas del terreno, se efectuara un banco de nivel y arrancar de ahí nuestra nivelación; a medida que ya no se visualice; se escogen puntos fijos, notables, invariables, en lugares convenientes; a estos puntos se les llama puntos de liga (PL).

Estos puntos PL, también hay que marcarlos con pintura, para facilitar su visibilidad y localización.

Nuestra nivelación se realiza arriba y debajo de la guarnición de ambos lados; a cada 2 m del ancho de la vialidad y a cada 20 metros de largo.

Obviamente antes de realizar estos trabajos se proporciona el equipo de señalamiento necesario para la seguridad del personal.

A continuación se muestran los anchos y los cadenamientos de la AV. SUTERM.



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

HOJA DE CÁLCULOS TOPOGRÁFICOS

CADENAMIENTO		ANCHO			LONGITUD	AREA
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PROMEDIO		
0+000	0+020	15.1	14.95	15.03	20	300.5
0+020	0+040	14.95	14.85	14.90	20	298.0
0+040	0+060	14.85	14.81	14.83	20	296.6
0+060	0+080	14.81	14.8	14.81	20	296.1
0+080	0+100	14.8	14.78	14.79	20	295.8
0+100	0+120	14.78	14.78	14.78	20	295.6
0+120	0+140	14.78	14.78	14.78	20	295.6
0+140	0+160	14.78	14.8	14.79	20	295.8
0+160	0+180	14.8	14.75	14.78	20	295.5
0+180	0+200	14.75	14.73	14.74	20	294.8
0+200	0+220	14.73	14.8	14.77	20	295.3
0+220	0+240	14.8	14.79	14.80	20	295.9
0+240	0+260	14.79	14.78	14.79	20	295.7
0+260	0+280	14.78	14.78	14.78	20	295.6
0+280	0+300	14.78	14.78	14.78	20	295.6
0+300	0+320	14.78	14.77	14.78	20	295.5
0+320	0+340	14.77	14.77	14.77	20	295.4
0+340	0+350	14.77	14.77	14.77	10	147.7
0+350	0+360	14.77	14.77	14.77	10	147.7
0+360	0+380	14.77	14.78	14.78	20	295.5
0+380	0+390	14.78	14.78	14.78	10	147.8
0+390	0+400	14.78	14.78	14.78	10	147.8
0+400	0+420	14.78	14.79	14.79	20	295.7
0+420	0+440	14.79	14.8	14.80	20	295.9
0+440	0+460	14.8	14.76	14.78	20	295.6
0+460	0+480	14.76	14.76	14.76	20	295.2
0+480	0+490	14.76	14.8	14.78	10	147.8
0+490	0+500	14.8	14.8	14.80	10	148.0
0+500	0+510	14.8	14.76	14.78	10	147.8
0+510	0+520	14.76	14.76	14.76	10	147.6
0+520	0+530	14.76	14.77	14.77	10	147.7
0+530	0+540	14.77	14.78	14.78	10	147.8
0+540	0+560	14.78	14.77	14.78	20	295.5
0+560	0+580	14.77	14.75	14.76	20	295.2
0+580	0+600	14.75	14.75	14.75	20	295.0
SUBTOTAL (M2) =						8874.5



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

HOJA DE CÁLCULOS TOPOGRÁFICOS

CADENAMIENTO		ANCHO			LONGITUD	AREA
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PROMEDIO		
0+600	0+620	14.75	14.73	14.74	20	294.8
0+620	0+640	14.73	14.72	14.73	20	294.5
0+640	0+660	14.72	14.76	14.74	20	294.8
0+660	0+680	14.76	14.82	14.79	20	295.8
0+680	0+700	14.82	14.78	14.80	20	296.0
0+700	0+720	14.78	14.78	14.78	20	295.6
0+720	0+740	14.78	14.78	14.78	20	295.6
0+740	0+760	14.78	14.76	14.77	20	295.4
0+760	0+780	14.76	14.84	14.80	20	296.0
0+780	0+800	14.84	14.84	14.84	20	296.8
0+800	0+820	14.84	14.8	14.82	20	296.4
0+820	0+840	14.8	14.8	14.80	20	296.0
0+840	0+860	14.8	14.85	14.83	20	296.5
0+860	0+880	14.85	14.78	14.82	20	296.3
0+880	0+886,7	14.78	14.78	14.78	6.7	99.0
0+886,7	0+900	15.94	15.84	15.89	13.3	211.3
0+900	0+907,46	15.84	15.83	15.84	7.46	118.1
SUBTOTAL (M2) =						4569.0

ESTACION	AREA No	LADO 1	LADO 2	LADO 3	AREA
0+000	1	4.34	4.76	2.37	10.294
0+000	2	5.63	6.05	8.64	16.957
0+910,6	3	15.83	3.14	16.15	24.853
0+910,6	4	1.46	1.34	2.37	0.882
0+910,6	5	1.49	1.28	2.00	0.953
SUBTOTAL (M2) =					53.939

SUPERFICIE TOTAL (M2) =

13443.5



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

NIVELACIÓN INICIAL

ESTACIÓN	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
BN 1	0.401	100.401		100.000	
0+000			0.885	99.516	G.I
			1.000	99.401	C.I
			0.990	99.411	C.C
			1.080	99.321	C.D
			1.150	99.251	G.D
0+020			0.950	99.451	G.I
			1.120	99.281	C.I
			1.250	99.151	C.C
			1.190	99.211	C.D
			1.110	99.291	G.D
			1.285	99.116	G.D (C/P)
			1.415	98.986	C.D
0+040			1.285	99.116	G.I
			1.340	99.061	C.I
			1.240	99.161	C.C
			1.445	98.956	C.D
			1.300	99.101	G.D
0+060			1.205	99.196	G.I
			1.338	99.063	C.I
			1.255	99.146	C.C
			1.485	98.916	C.D
			1.357	99.044	G.D
			1.383	99.018	G.D (C/P)
			1.482	98.919	C.D
0+080			1.192	99.209	G.I
			1.337	99.064	C.I
			1.290	99.111	C.C
			1.432	98.969	C.D
			1.260	99.141	G.D
0+100			1.285	99.116	G.I
			1.405	98.996	C.I
			1.352	99.049	C.C
			1.474	98.927	C.D
			1.308	99.093	G.D
			1.458	98.943	G.D (C/P)
			1.618	98.783	C.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

NIVELACIÓN INICIAL

ESTACIÓN	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+120			1.31	99.091	G.I
			1.480	98.921	C.I
			1.493	98.908	C.C
			1.588	98.813	C.D
			1.458	98.943	G.D
0+140			1.580	98.821	G.I
			1.707	98.694	C.I
			1.610	98.791	C.C
			1.722	98.679	C.D
			1.567	98.834	G.D
0+160			1.685	98.716	G.I
			1.885	98.516	C.I
			1.818	98.583	C.C
			2.020	98.381	C.D
			1.935	98.466	G.D
0+180			1.877	98.524	G.I
			2.030	98.371	C.I
			2.005	98.396	C.C
			2.183	98.218	C.D
			1.990	98.411	G.D
0+200			2.040	98.361	G.I
			2.245	98.156	C.I
			2.205	98.196	C.C
			2.345	98.056	C.D
			2.125	98.276	G.D
0+220			2.395	98.006	G.I
			2.535	97.866	C.I
			2.405	97.996	C.C
			2.570	97.831	C.D
			2.400	98.001	G.D
0+240			-	-	G.I
			2.650	97.751	C.I
			2.585	97.816	C.C
			2.715	97.686	C.D
			-	-	G.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

NIVELACION INICIAL

ESTACIÓN	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
P.L 1	1.045	98.784	2.662	97.739	
0+260			1.074	97.710	G.I
			1.210	97.574	C.I
			1.115	97.669	C.C
			1.270	97.514	C.D
			1.115	97.669	G.D
0+280			1.225	97.559	G.I
			1.340	97.444	C.I
			1.197	97.587	C.C
			1.378	97.406	C.D
			1.230	97.554	G.D
			1.292	97.492	G.D (C/P)
			1.473	97.311	C.D
0+300			1.285	97.499	G.I
			1.418	97.366	C.I
			1.328	97.456	C.C
			1.480	97.304	C.D
			1.355	97.429	G.D
0+320			1.387	97.397	G.I
			1.543	97.241	C.I
			1.444	97.340	C.C
			1.558	97.226	C.D
			1.433	97.351	G.D
			1.535	97.249	G.D (C/P)
			1.645	97.139	C.D
0+340			1.474	97.310	G.I
			1.597	97.187	C.I
			1.467	97.317	C.C
			1.588	97.196	C.D
			1.480	97.304	G.D
0+350			1.528	97.256	G.I
			1.628	97.156	C.I
			1.490	97.294	C.C
			1.593	97.191	C.D
			1.468	97.316	G.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACIÓN DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LÓPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

NIVELACIÓN INICIAL

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+360			1.615	97.169	G.I
			1.538	97.246	C.I
			1.548	97.236	C.C
			1.634	97.150	C.D
			1.415	97.369	G.D
0+380			1.662	97.122	G.I
			1.743	97.041	C.I
			1.590	97.194	C.C
			1.680	97.104	C.D
			1.512	97.272	G.D
0+390			1.630	97.154	G.I
			1.740	97.044	C.I
			1.620	97.164	C.C
			1.700	97.084	C.D
			1.599	97.185	G.D
0+400			1.595	97.189	G.I
			1.762	97.022	C.I
			1.620	97.164	C.C
			1.723	97.061	C.D
			1.568	97.216	G.D
0+420			-	-	G.I
			1.750	97.034	C.I
			1.550	97.234	C.C
			1.655	97.129	C.D
			-	-	G.D
0+440			1.600	97.184	G.I
			1.730	97.054	C.I
			1.540	97.244	C.C
			1.645	97.139	C.D
			1.462	97.322	G.D
P.L 2	1.85	99.173	1.460	97.324	



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACIÓN DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LÓPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

NIVELACIÓN INICIAL

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+460			-	-	G.I
			1.945	97.228	C.I
			1.835	97.338	C.C
			2.005	97.168	C.D
			-	-	G.D
0+480			1.632	97.541	G.I
			1.798	97.375	C.I
			1.723	97.450	C.C
			1.912	97.261	C.D
			1.760	97.413	G.D
0+490			1.650	97.523	G.I
			1.790	97.383	C.I
			1.698	97.475	C.C
			1.985	97.188	C.D
			1.850	97.323	G.D
0+500			1.640	97.533	G.I
			1.780	97.393	C.I
			1.665	97.508	C.C
			1.980	97.193	C.D
			1.812	97.361	G.D
0+510			1.692	97.481	G.I
			1.850	97.323	C.I
			1.630	97.543	C.C
			2.022	97.151	C.D
			1.867	97.306	G.D
0+520			1.575	97.598	G.I
			1.700	97.473	C.I
			1.610	97.563	C.C
			1.852	97.321	C.D
			1.678	97.495	G.D
0+530			1.520	97.653	G.I
			1.630	97.543	C.I
			1.555	97.618	C.C
			1.792	97.381	C.D
			1.643	97.530	G.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009

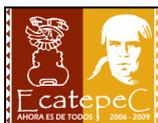
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACIÓN DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LÓPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

NIVELACIÓN INICIAL

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+540			1.500	97.673	G.I
			1.595	97.578	C.I
			1.590	97.583	C.C
			1.788	97.385	C.D
			1.660	97.513	G.D
0+560			-	-	G.I
			1.605	97.568	C.I
			1.625	97.548	C.C
			1.880	97.293	C.D
			-	-	G.D
0+580			1.444	97.729	G.I
			1.585	97.588	C.I
			1.702	97.471	C.C
			1.849	97.324	C.D
			1.710	97.463	G.D
0+600			-	-	G.I
			1.783	97.390	C.I
			1.702	97.471	C.C
			1.898	97.275	C.D
			-	-	G.D
0+620			1.600	97.573	G.I
			1.775	97.398	C.I
			1.737	97.436	C.C
			1.883	97.290	C.D
			1.745	97.428	G.D
0+640			1.750	97.423	G.I
			1.880	97.293	C.I
			1.712	97.461	C.C
			1.970	97.203	C.D
			1.820	97.353	G.D
0+660			1.615	97.558	G.I
			1.750	97.423	C.I
			1.717	97.456	C.C
			1.812	97.361	C.D
			1.680	97.493	G.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACIÓN DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LÓPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

NIVELACIÓN INICIAL

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+680			1.710	97.463	G.I
			1.880	97.293	C.I
			1.690	97.483	C.C
			1.970	97.203	C.D
			1.805	97.368	G.D
0+700			1.65	97.523	G.I
			1.790	97.383	C.I
			1.690	97.483	C.C
			1.820	97.353	C.D
			1.680	97.493	G.D
P.L 3	1.629	99.172	1.630	97.543	
0+720			1.580	97.592	G.I
			1.720	97.452	C.I
			1.580	97.592	C.C
			1.730	97.442	C.D
			1.598	97.574	G.D
0+740			1.420	97.752	G.I
			1.545	97.627	C.I
			1.525	97.647	C.C
			1.628	97.544	C.D
			1.510	97.662	G.D
0+760			1.430	97.742	G.I
			1.568	97.604	C.I
			1.430	97.742	C.C
			1.535	97.637	C.D
			1.413	97.759	G.D
0+780			1.358	97.814	G.I
			1.483	97.689	C.I
			1.412	97.760	C.C
			1.587	97.585	C.D
			1.470	97.702	G.D
0+800			1.615	97.557	G.I
			1.723	97.449	C.I
			1.583	97.634	C.C
			1.716	97.453	A.D
			1.590	97.582	G.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACIÓN DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LÓPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

NIVELACIÓN INICIAL

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+820			1.552	97.620	G.I
			1.672	97.500	A.I
			1.515	97.657	C.C
			1.628	97.549	A.D
			1.493	97.679	G.D
0+840			1.670	97.502	G.I
			1.787	97.385	A.I
			1.495	97.677	C.C
			1.572	97.600	A.D
			1.457	97.715	G.D
0+840			1.675	97.497	G.I
			1.785	97.387	A.I
			1.550	97.622	C.C
			1.758	97.414	A.D
			1.632	97.540	G.D
0+880			1.720	97.452	G.I
			1.790	97.382	A.I
			1.547	97.627	C.C
			1.590	97.582	A.D
			1.460	97.712	G.D
0+886.70			1.715	97.457	G.I
			1.775	97.397	A.I
			1.512	97.660	C.C
			1.600	97.572	A.D
			1.510	97.662	G.D
0+900			1.630	97.542	G.I
			1.850	97.322	A.I
			1.740	97.432	C.C
			1.795	97.377	A.D
			1.578	97.594	G.D
0+907.46			1.630	97.542	G.I
			1.898	97.282	A.I
			1.882	97.290	C.C
			1.935	97.237	A.D
			1.670	97.502	G.D

DETERMINACIÓN DE ESPESORES DE FRESADO Y CARPETA

A medida que se valla nivelando el terreno natural, se entrega un proyecto el cual, de acuerdo al comportamiento de la vialidad, se determina el corte del espesor, este no superior a 5cm y en la carpeta un espesor no superior a 7.5 cm.

Donde haya que cortar o necesite mas mezcla, se tomara en cuenta el criterio y visión del supervisor; siempre y cuando sea justificable (por hundimiento del terreno, etc.) y no se deba a errores de la maquina

A continuación se muestra la nivelación de la sub-rasante (perfilado) de la AV. SUTERM.



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009

DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

SUB-RASANTE

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
BN 1	0.401	100.401		100.000	
0+000			1.08	99.362	Λ.I
			1.09	99.352	ε
			1.17	99.272	Λ.D
0+020			1.203	99.239	Λ.I
			1.20	99.242	ε
			1.29	99.152	Λ.D
0+040			1.35	99.092	Λ.I
			1.31	99.132	ε
			1.53	99.912	Λ.D
0+060			1.425	99.017	Λ.I
			1.313	99.129	ε
			1.573	98.869	Λ.D
0+080			1.42	99.022	Λ.I
			1.37	99.072	ε
			1.52	98.922	Λ.D
0+100			1.487	98.955	Λ.I
			1.413	99.029	ε
			1.557	98.885	Λ.D
0+120			1.563	98.879	Λ.I
			1.57	98.872	ε
			1.683	98.754	Λ.D
0+140			1.783	98.756	Λ.I
			1.69	98.752	ε
			1.797	98.654	Λ.D
0+160			1.965	98.477	Λ.I
			1.883	98.559	ε
			2.10	98.342	Λ.D
0+180			2.105	98.337	Λ.I
			2.08	98.362	ε
			2.26	98.182	Λ.D
0+200			2.33	98.112	Λ.I
			2.277	98.165	ε
			2.43	98.012	Λ.D
0+220			2.613	97.829	Λ.I
			2.475	97.967	ε
			2.65	97.792	Λ.D
0+240			2.725	97.717	Λ.I
			2.653	97.789	ε
			2.793	97.649	Λ.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009

DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

SUB-RASANTE

ESTACION	(+)	APARAT O	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
PL 1	1.04	98.825	2.657	97.785	
0+260			1.305	97.520	Λ.I
			1.20	97.625	ε
			1.353	97.472	Λ.D
0+280			1.413	97.412	Λ.I
			1.273	97.552	ε
			1.463	97.362	Λ.D
0+300			1.50	97.325	Λ.I
			1.40	97.425	ε
			1.553	97.272	Λ.D
0+320			1.625	97.200	Λ.I
			1.51	97.315	ε
			1.647	97.178	Λ.D
0+340			1.667	97.158	Λ.I
			1.567	97.258	ε
			1.677	97.148	Λ.D
0+350			1.715	97.110	Λ.I
			1.573	97.262	ε
			1.665	97.160	Λ.D
0+360			1.635	97.790	Λ.I
			1.625	97.200	ε
			1.72	97.105	Λ.D
0+380			1.83	96.995	Λ.I
			1.66	97.165	ε
			1.76	97.065	Λ.D
0+390			1.817	97.008	Λ.I
			1.69	97.135	ε
			1.783	97.042	Λ.D
0+400			1.85	96.975	Λ.I
			1.703	97.122	ε
			1.80	97.025	Λ.D
0+420			1.83	96.993	Λ.I
			1.635	97.193	ε
			1.745	97.080	Λ.D
0+440			1.82	97.095	Λ.I
			1.63	97.195	ε
			1.73	97.095	Λ.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA:	PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN:	ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA:	RIO DE LUZ
MUNICIPIO:	ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

SUB-RASANTE

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
P.L 2	1.477	98.832	1.47	97.355	
0+460			1.628	97.204	Λ.I
			1.535	97.279	ε
			1.71	97.122	Λ.D
0+480			1.51	97.322	Λ.I
			1.412	97.420	ε
			1.61	97.222	Λ.D
0+490			1.495	97.337	Λ.I
			1.40	97.432	ε
			1.69	97.142	Λ.D
0+500			1.483	97.349	Λ.I
			1.37	97.462	ε
			1.685	97.147	Λ.D
0+510			1.544	97.288	Λ.I
			1.325	97.507	ε
			1.72	97.112	Λ.D
0+520			1.413	97.419	Λ.I
			1.308	97.524	ε
			1.549	97.283	Λ.D
0+530			1.333	97.499	Λ.I
			1.263	97.569	ε
			1.504	97.328	Λ.D
0+540			1.305	97.527	Λ.I
			1.301	97.531	ε
			1.50	97.332	Λ.D
0+560			1.326	97.506	Λ.I
			1.34	97.492	ε
			1.596	97.236	Λ.D
0+580			1.296	97.536	Λ.I
			1.412	97.420	ε
			1.564	97.268	Λ.D
0+600			1.498	97.334	Λ.I
			1.40	97.432	ε
			1.592	97.240	Λ.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009

DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

SUB-RASANTE

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+620			1.467	97.365	Λ.I
			1.431	97.401	ε
			1.58	97.252	Λ.D
0+640			1.58	97.252	Λ.I
			1.408	97.424	ε
			1.67	97.162	Λ.D
0+660			1.46	97.372	Λ.I
			1.43	97.402	ε
			1.51	97.322	Λ.D
0+680			1.589	97.243	Λ.I
			1.385	97.447	ε
			1.67	97.162	Λ.D
0+700			1.50	97.332	Λ.I
			1.385	97.447	ε
			1.52	97.312	Λ.D
PL 3	1.505	99.077	1.26	97.572	
0+720			1.67	97.407	Λ.I
			1.521	97.556	ε
			1.67	97.407	Λ.D
0+740			1.501	97.576	Λ.I
			1.462	97.615	ε
			1.575	97.502	Λ.D
0+760			1.523	97.554	Λ.I
			1.368	97.709	ε
			1.492	97.585	Λ.D
0+780			1.439	97.638	Λ.I
			1.36	97.717	ε
			1.545	97.532	Λ.D
0+800			1.68	97.397	Λ.I
			1.496	97.581	ε
			1.678	97.399	Λ.D
0+820			1.628	97.449	Λ.I
			1.482	97.595	ε
			1.588	97.489	Λ.D
0+840			1.738	97.339	Λ.I
			1.446	97.631	ε
			1.519	97.558	Λ.D

SECCIONES TRASVERSALES

Estas son secciones o perfiles, que se obtienen cada 20m, siguiendo el kilometraje, y avécese también se requieren de puntos intermedios.

Las secciones se dibujan a escala 1:100 horizontal o vertical, y sirven para dibujar en cada una la sección que debe construirse.

Estas secciones serán en corte, en el cual se mide la diferencia de cotas o espesores.



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

RASANTE FINAL

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
BN 1	0.53	100.53		100.00	
0+000			1.06	99.470	Λ.I
			1.065	99.465	Ε
			1.17	99.360	Λ.D
0+020			1.21	99.320	Λ.I
			1.115	99.415	Ε
			1.33	99.200	Λ.D
0+040			1.40	99.130	Λ.I
			1.32	99.210	Ε
			1.48	99.050	Λ.D
0+060			1.455	99.075	Λ.I
			1.325	99.205	Ε
			1.59	98.940	Λ.D
0+080			1.41	99.120	Λ.I
			1.333	99.197	Ε
			1.525	99.005	Λ.D
0+100			1.50	99.030	Λ.I
			1.425	99.105	Ε
			1.585	98.945	Λ.D
0+120			1.55	98.980	Λ.I
			1.557	98.973	Ε
			1.705	98.825	Λ.D
0+140			1.825	98.705	Λ.I
			1.71	98.820	Ε
			1.83	98.700	Λ.D
0+160			1.985	98.545	Λ.I
			1.91	98.620	Ε
			2.12	98.410	Λ.D
0+180			2.13	98.400	Λ.I
			2.073	98.457	Ε
			2.28.	98.250	Λ.D
0+200			2.33	98.200	Λ.I
			2.26	98.270	Ε
			2.41	98.120	Λ.D
0+220			2.63	97.900	Λ.I
			2.45	98.080	Ε
			2.635	97.895	Λ.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

RASANTE FINAL

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+240			2.72	97.810	Λ.I
			2.633	97.897	Ε
			2.785	97.745	Λ.D
PL 1	1.164	98.944	2.75	97.780	
0+260			1.325	97.619	Λ.I
			1.22	97.724	Ε
			1.385	97.559	Λ.D
0+280			1.45	97.494	Λ.I
			1.28	97.664	Ε
			1.425	97.519	Λ.D
0+300			1.57	97.374	Λ.I
			1.42	97.524	Ε
			1.605	97.339	Λ.D
0+320			1.675	97.269	Λ.I
			1.55	97.394	Ε
			1.71	97.234	Λ.D
0+340			1.74	97.204	Λ.I
			1.605	97.339	Ε
			1.723	97.221	Λ.D
0+350			1.785	97.159	Λ.I
			1.60	97.344	Ε
			1.723	97.221	Λ.D
0+360			1.885	97.059	Λ.I
			1.65	97.294	Ε
			1.76	97.184	Λ.D
0+380			1.867	97.077	Λ.I
			1.707	97.237	Ε
			1.81	97.134	Λ.D
0+390			1.89	97.054	Λ.I
			1.73	97.214	Ε
			1.843	97.101	Λ.D
0+400			1.907	97.037	Λ.I
			1.75	97.194	Ε
			1.855	97.089	Λ.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

RASANTE FINAL

ESTACION	(+)	APARATO	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+420			1.89	97.054	Λ.I
			1.68	97.264	Ε
			1.79	97.154	Λ.D
0+440			1.85	97.094	Λ.I
			1.64	97.304	Ε
			1.77	97.174	Λ.D
PL 2	1.544	98.888	1.60	97.344	
0+460			1.60	97.288	Λ.I
			1.50	97.388	Ε
			1.67	97.218	Λ.D
0+480			1.503	97.385	Λ.I
			1.418	97.470	Ε
			1.603	97.285	Λ.D
0+490			1.492	97.396	Λ.I
			1.37	97.518	Ε
			1.675	97.213	Λ.D
0+500			1.50	97.388	Λ.I
			1.34	97.548	Ε
			1.673	97.215	Λ.D
0+510			1.544	97.344	Λ.I
			1.321	97.567	Ε
			1.695	97.195	Λ.D
0+520			1.405	97.483	Λ.I
			1.29	97.589	Ε
			1.569	97.323	Λ.D
0+530			1.34	97.548	Λ.I
			1.265	97.623	Ε
			1.515	97.373	Λ.D
0+540			1.325	97.563	Λ.I
			1.312	97.576	Ε
			1.519	97.369	Λ.D
0+560			1.325	97.563	Λ.I
			1.348	97.504	Ε
			1.605	97.283	Λ.D
0+580			1.331	97.557	Λ.I
			1.41	97.478	Ε
			1.572	97.316	Λ.D



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

RASANTE FINAL

ESTACION	(+)	APARAT O	(-)	COTA	PUNTO OBSERVADO
0+600			1.508	97.380	Λ.I
			1.40	97.488	ε
			1.59	97.298	Λ.D
0+620			1.487	97.401	Λ.I
			1.44	97.448	ε
			1.618	97.270	Λ.D
0+640			1.588	97.300	Λ.I
			1.423	97.465	ε
			1.659	97.229	Λ.D
0+660			1.47	97.418	Λ.I
			1.405	97.483	ε
			1.525	97.363	Λ.D
0+680			1.57	97.318	Λ.I
			1.348	97.540	ε
			1.64	97.248	Λ.D
0+700			1.50	97.388	Λ.I
			1.368	97.520	ε
			1.505	97.386	Λ.D
PL 3	1.598	99.157	1.329	97.559	
0+720			1.712	97.445	Λ.I
			1.54	97.617	ε
			1.715	97.442	Λ.D
0+740			1.53	97.627	Λ.I
			1.465	97.692	ε
			1.60	97.557	Λ.D
0+760			1.54	97.617	Λ.I
			1.398	97.759	ε
			1.507	97.650	Λ.D
0+780			1.473	97.684	Λ.I
			1.382	97.775	ε
			1.545	97.612	Λ.D
0+800			1.71	97.447	Λ.I
			1.488	97.669	ε
			1.69	97.467	Λ.D
0+820			1.668	97.489	Λ.I
			1.46	97.697	ε
			1.598	97.559	Λ.D
0+840			1.755	97.402	Λ.I
			1.452	97.705	ε
			1.556	97.601	Λ.D

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE PERFILADO O FRESADO DE CONCRETO ASFALTICO.

El fresado es aquel molido en frío del pavimento por medio de una perfiladora, para restaurar la superficie del pavimento a una pendiente y rasante especificada; para sacar baches, surcos, así como otras imperfecciones y dejar una superficie texturizada y nivelada, ideal para unirla o adherirla a una nueva carpeta de asfalto.

A continuación se describe el proceso de fresado.

1. Con el cierre del tramo a trabajar; con el señalamiento adecuado.
2. Se procede a retirar todos los autos estacionados en la vialidad u objetos que obstaculicen el trabajo de los equipos y personas.
3. Se debe limpiar (barrer), la zona de trabajo, retirando la basura, montones de tierra, etc.
4. El topógrafo debe de marcar correctamente la retícula con pintura vinílica de acuerdo a proyecto; y revisar que en los accesorios (pozos, registros, boca de tormenta, etc.) que se encuentren dentro de la vialidad, se pongan costales para cubrir y evitar que el producto de fresado caiga por los mismos, ocasionando azolve.
5. Un camión (góndola, torno, rabón) debe de ponerse en la parte delantera de la perfiladora en donde se encuentra la banda transportadora, a continuación la perfiladora empieza a cortar el asfalto, o sea muele en frío el pavimento a retirar; a medida que se llene el camión; se le reemplaza por otro, así sucesivamente. La perfiladora cortara a cierta longitud (carril), y regresara hasta llegar a un ancho total de corte (emparejar dicho ancho), si hay tiempo se le dará una longitud extra sin dejar anchos incompletos (sin cortar).
6. En general las perfiladoras dejan una ceja al lado de la guarnición o entrada de cocheras, un ancho de 10 a 30 cm; esta deberá ser retirada de modo manual (zapapico, barreta y pala).
7. En forma conjunta a medida que avanza la perfiladora, se inicia el barrido del material producto del fresado, que se llega a caer de la banda transportadora. La superficie debe quedar completamente limpia. Para realizar el barrido del material caído, deberá de efectuarse con una barredora recolectora, con la finalidad de garantizar el barrido y no una dispersión de este material, así como evitar el volado de partículas de asfalto; que provoca molestias a los vecinos.
8. Los acarreos se efectuaran con camiones (góndola, torton, rabon), estos trasportan el material producto del fresado (corte, molido), de la zona de obra aun lugar denominado tiro o deposito final autorizado; en el cual también se incluye el kilometraje.



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS

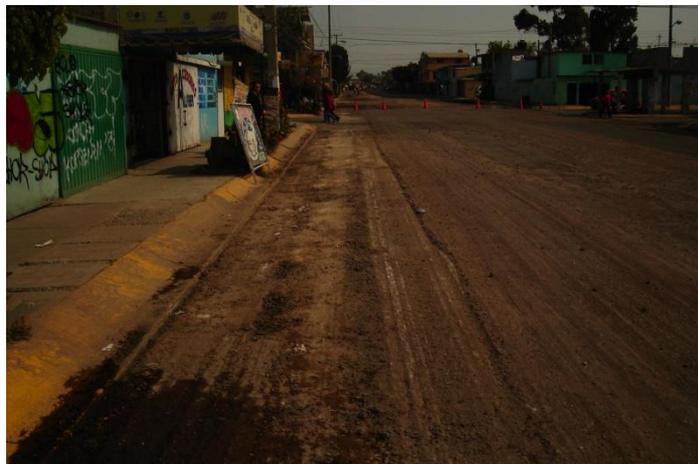


OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL PERFILADO



Cierre del tramo a trabajar con señalamiento



Cierre del tramo a trabajar con señalamiento



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL PERFILADO



Inicio del perfilado de la Av. Suterm, de la Av. Adolfo López Mateos, a la Av. Hank Gonzales.



Corte o escarificado del carril de baja direccion poniente a oriente



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL PERFILADO



Retiro de topes de concreto con rotomartillo neumático



Retiro de topes de concreto



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL PERFILADO



Corte, escarificado y cargado del camión con producto de la molienda de asfalto con ayuda de la banda transportadora .



Molienda de asfalto cargado con ayuda de la banda transportadora .



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL PERFILADO



Retiro de ceja, de forma manual



Retiro de ceja



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL PERFILADO



Barrido del material producto del fresado.



Carga con retroexcavadora del fresado que no fue cargado con la banda transportadora.



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL PERFILADO



Nivelación de la sub-rasante final.



Verificación del espesor perfilado.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS CON EL SISTEMA DE RECICLADO EN CALIENTE DE UN SOLO PASO.

En el proceso de Reciclado en caliente de un solo paso; recuperamos 2.5 cm. de la carpeta existente y utilizamos un espesor variable de Concreto Asfáltico nuevo con cemento AR 8000 (AC-20) elaborado en planta, superando económicamente a cualquier otro método tradicional similar comparado únicamente espesores totales.

Las características principales de este procedimiento es el uso de la alta temperatura, que al hacer el corte logra vulcanizar las fallas que existan en la estructura del pavimento.

Para este procedimiento se emplean dos maquinas; un Precalentador y una Recicladora.

Después de iniciar el barrido y limpieza, se continua con un precalentamiento del pavimento asfáltico existente, hasta una temperatura de 116°C (240°F) y enseguida un calentamiento final con la maquina Recicladora hasta alcanzar 127°C (260°F) y continuar con el reciclado, haciendo un corte de 2.5 cm. de espesor usando escarificadores, cortador circular, cuchillas y rociadores de aditivos (Emulsiones Asfálticas) para reactivar la carpeta existente y un molino circular para desbastar los posibles grumos de sobre tamaño, lográndose así tener una mezcla de material reciclado lista para extenderse con el equipo integrado como parte de la misma máquina y a continuación, todo este trabajo se recubre con concreto asfáltico elaborado en planta con cemento asfáltico AR 800 (AC-20) con un espesor variable, arrojando así con otra extendedora (Plancha) también integrada a la recicladora tanto en hombros como en Superficie, pero sin mezclarse, ya que se perdería el control de calidad. Finalmente se efectúa la compactación de este trabajo con rodillo metálico y un neumático, hasta alcanzar el 95% del PVM de compactación.



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACION: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL RECICLADO EN CALIENTE DE UN SOLO PASO



Tren de reciclado de asfalto a un solo paso



Calentado del asfalto existente con el Precanetador.



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL RECICLADO EN CALIENTE DE UN SOLO PASO



Posicionamiento de la recicladora para dar inicio a los trabajos de reciclado



Calentamiento por parte de la recicladora previo al escarificado.



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL RECICLADO EN CALIENTE DE UN SOLO PASO



Tendido y planchado de asfalto del proceso de reciclado de asfalto a un paso



Desvanecido de la junta de dos secciones de carpeta asfáltica



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL RECICLADO EN CALIENTE DE UN SOLO PASO



Tendido y planchado de asfalto del proceso de reciclado de asfalto a un paso



Desvanecido de la junta de dos secciones de carpeta asfáltica



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

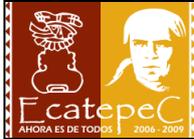
REPORTE FOTOGRAFICO DEL RECICLADO EN CALIENTE DE UN SOLO PASO



Retiro y acarreo de material sobrante (mezcla asfáltica)



Compactacion con equipo del tipo rodillo



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRAFICO DEL RECICLADO EN CALIENTE DE UN SOLO PASO



Franja de carpeta terminada



Imagen de dos franja de carpeta asfaltica trabajadas en jornadas diferentes.



CAPITULO IX

RESULTADOS.

El estado que presenta el pavimento, tanto desde el punto de vista del nivel de servicio que otorga al usuario (condición funcional), como de la capacidad de resistir solicitaciones de carga durante su periodo de vida útil (condición estructural), fue el primer parámetro a evaluar para asignar las acciones de conservación más adecuada

El deterioro funcional del pavimento se relaciona principalmente con la calidad de la superficie y afecta negativamente la serviciabilidad (confort-costo de operaciones del usuario) y la seguridad de circulación. Entre este tipo de diferencias encontramos la rugosidad, fallas superficiales y pérdida de fricción.

Por lo antes mencionado, se determinó efectuar el rehabilitado de la Avenida Suter, que se localiza en el Estado de México, en el municipio de Ecatepec de Morelos, entre la Av. Adolfo López Mateos (R-1) y Av. Hank Gonzales (Central) en la Colonia Rio de Luz, mediante el método de reciclado a un solo paso.

Se efectuó un reciclado de 71,856.28 m², a lo largo de la Avenida Suter; colocando una carpeta con espesores variables entre 5 y 7 cm de espesor, logrando optimizar las condiciones funcionales de esta Avenida y beneficiando a 400,000 habitantes que viven en este sector y aquellos que transitan la vialidad



H. AYUNTAMIENTO DE ECATEPEC DE MORELOS 2006 -2009
DIRECCION DE OBRAS PUBLICAS
SUBDIRECCION DE OBRAS POR ADMINISTRACION
DEPARTAMENTO DE OBRAS Y SERVICIOS



OBRA: PERFILADO Y REPAVIMENTACION DE LA AV. SUTERM
UBICACIÓN: ENTRE AV. CARLOS HANK GONZALES (AV. CENTRAL) Y AV. ADOLFO LOPEZ MATEOS (R-1)
COLONIA: RIO DE LUZ
MUNICIPIO: ECATEPEC DE MORELOS, EDO DE MEX.

REPORTE FOTOGRÁFICO DEL TERMINO DE LA OBRA





CAPITULO X

CONCLUSIONES.

De acuerdo a este trabajo puedo concluir que la estructuración de una obra vial, ya sea una carretera o camino; generalmente está integrada por el terreno natural ó por una superficie de apoyo, terracerías (subrasante, terraplén, subbase y base) y obras complementarias de drenaje superficial y sub-drenaje, teniendo cada una de ellas una función específica.

Los pavimentos generalmente se dividen en dos tipos flexibles; que constan de una carpeta asfáltica, y Rígidos; que constan de losas de concreto hidráulico, aun que también son considerados los semi-rígidos y los articulados, estos derivados de los anteriores.

Un pavimento está constituido por varias capas de materiales seleccionados teniendo cada una de ellas su función particular, siendo la principal desde el punto de vista estructural, la de transmitir las cargas de los vehículos en forma adecuada a la terracería o bien a la superficie de apoyo.

La función básica de un pavimento desde el punto de vista operacional, es permitir el fácil, cómodo y seguro tránsito de vehículos, por ello uno de los objetivos de los técnicos de pavimentos es evitar la aparición prematura de fallas que no dejen que se cumpla dicha función.

Al estar en operación un pavimento, se deteriora poco a poco y presenta diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros pueden ser pequeños al principio; pero más adelante probablemente sean más serios y aceleren la falla de la vía; por esto, una obra requiere mantenimiento o conservación, para que por lo menos cumplan con su vida de proyecto y proporcionar un servicio adecuado.

Se puede establecer que cuando se presenta una falla operacional, la cual no se atiende, posteriormente puede conducir a una falla estructural.

Las vías terrestres se proyectan y se construyen para que estén en servicio por un determinado número de años, llamado horizonte de proyecto de la obra. Al concluir este tiempo, los caminos se abandonan, se rescatan y se construyen con el objeto de aumentarse el servicio por más tiempo, que es en general lo que sucede.

La identificación de fallas es un concepto muy importante dentro de la evaluación de caminos.

El objetivo de evaluar y analizar los diferentes tipos de fallas, así como sus causas en los pavimentos flexibles, es en virtud de describir los métodos y cada uno de los procesos de rehabilitación por el hecho de que de esta manera se determinara conjuntamente el más óptimo y los materiales apropiados para su reparación.

Los problemas (fallas), que se producen en los pavimentos pueden ser inmensamente variados; y la rehabilitación va desde bacheo, sellado de grietas, renivelación, la colocación de riego de rejuvenecimiento, construcción de sobrecarpeta, reciclado de carpeta, hasta reconstrucciones integrales; también han de considerarse los problemas emanantes de las ampliaciones de sección.

Las rehabilitaciones por incremento normal del tránsito suelen resolverse con el empleo de sobrecarpeta, en tanto que las reconstrucciones serán necesarias en pavimentos que muestren indicios de falla, consistentes en la aparición de deformaciones excesivas o en niveles muy elevados de deflexión.

El planteamiento de un criterio de rehabilitación es, en rigor, un enlistado de las circunstancias que hacen insatisfactorio el servicio de un pavimento dado; desde luego ya vimos con anterioridad que es algo mucho más complicado que simple aparición de grietas superficiales. En lo anterior, insatisfactorio no implica, desde luego, la necesidad de una falla catastrófica; puede requerir rehabilitación un pavimento que esté soportando adecuadamente muy altos volúmenes de tránsito, pero en el que se gaste más de lo conveniente en la conservación. Las siguientes son las principales normas de criterio que suelen considerarse para definir la necesidad de una rehabilitación.

Por todo lo anterior se recomienda la elaboración de programas que tengan en cuenta la distribución y el crecimiento del tránsito, así como el estado de la infraestructura vial y de su superficie de rodamiento, y la contribución que puede hacer cada tipo de operación de mantenimiento. Cuando se formulan tales programas, es esencial minimizar el costo económico de cada tipo de operación, haciendo hincapié, por ejemplo, en técnicas eficientemente dirigidas y con gran intensidad de mano de obra, en los casos en que abunden los trabajadores no calificados.

Es indispensable la realización de un Estudio de Administración de Pavimentos en las localidades que carezcan de él, el cuál manifieste cualitativos y cuantitativos de la situación actual, y a través de las estrategias planteadas ofrecer alternativas de solución en el corto, mediano y largo plazo. a su vez estarán compuestos por algunos de los siguientes análisis:

- Mapas de cobertura de pavimentación
- Elaborar diagnósticos de la situación actual de los pavimentos.
- Elaborar los programas de pavimentación y mantenimiento de calles y avenidas.
- Condiciones físicas de los pavimentos e infraestructura vial complementaria.
- Estrategias de propuestas.
- Programación de obras, y costos estimados.
- Corresponsabilidad operativa.

Creación de un sector que se encargue exclusivamente de la evaluación, rehabilitación, construcción, reconstrucción, mantenimiento y modernización de la red vial urbana y que en general se encargue de:

La capacitación de los técnicos encargados del mantenimiento vial y su continuidad en el sector.

En la cobertura no pavimentada de la red vial urbana implementar acciones de pavimentación acorde al tránsito, a la condición de los suelos y a un horizonte de proyecto determinado que permita hacer obra a bajos costos como acciones inmediatas.

Solución integral de las obras inducidas: drenaje pluvial y sanitario, agua potable, cables de teléfonos, luz y fuerza, etc.

Empleo de normas y especificaciones técnicas vigentes.

Estudios que permitan dar como resultados costos mínimos.

Continuidad en las conservación, rehabilitación, mantenimiento, construcción y reconstrucción.

La utilización de la infraestructura de pavimentos tendrá que ser utilizada estrictamente para las condiciones técnicas para las que fue diseñada.

Para la vialidad por construir, el apego a las normas y procedimientos de construcción.

BIBLIOGRAFIA.

Estructuración de Vías Terrestres
Olivera Bustamante Fernando
Editorial Continental, S. A. de C. V. México.

Emulsiones Asfálticas
Rodríguez Talavera Víctor, Castaño Meneses Manuel y Martínez Madrid Miguel
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Documento Técnico No. 23

Sistema de Evaluación de Pavimentos Versión
Juan Manuel Orozco y Orozco, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Ricardo Solorio
Murillo, Alfonso Pérez Salazar, María Ariadna Sánchez Loo, Sandra Torras O.
Secretaría de Comunicaciones y Transporte (IMT)
Sanfandila, Qro, 2004,
Publicación Técnica No 245

Manual de Pavimentos
Jesús Moncayo V.
México Cecsca, 1983

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles Y
Aeropistas Volumen 2
Alfonso Rico Rodríguez
Hermilo del Castillo
Editorial Limusa
México 1977

Información Sobre Diversos Temas Relacionados con los Pavimentos
Ortega Maldonado Antonio

Mezclas Asfálticas
Padilla Rodríguez Alejandro