



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“CONSERVACIÓN DE CARRETERAS CON PAVIMENTO
FLEXIBLE”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

RAFAEL HERIBERTO RUBIO VÁZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ





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

Le agradezco a Dios padre por darme la oportunidad de esta vida y que dia a dia me puso retos los cuales he podido realizar.

Le agradezco a mi alma mater la UNAM la oportunidad de haber estado en tan grandiosa Universidad y formarme profesionalmente como lo que soy un Ingeniero.

A mi mamá que es la persona mas importante en mi vida, por su apoyo moral e incondicional, por la comprension que me ha dado desde que estoy en este mundo, especialmente por guiarme por el camino del bien y haberme apoyado durante todo este tiempo y aunque muy pocas veces se lo he dicho sabe que la amo mas que a nada.

A mis hermanas que han sido mi ejemplo a seguir que me han apoyado y dado buenos consejos y que seguro una de sus ilusiones es verme triunfar en la vida, que con su fuerza me han ayudado a entender que las metas que tengo se pueden lograr, saben que las amo mucho.

A aquellos que ya no estan con nosotros pero que de alguna manera sé que estuvieron pendientes de mi y me apoyaron aunque no lo dijeron son parte de este triunfo.

A mis cuñados Juan Carlos y Rolando que indirectamente tambien fueron inspiración para mi, mis sobrinos que son el amor de mi vida y son parte especial de ella sepan que los amo a todos y muchisimo.

A mi tio Sergio que me apoyo a su manera quiero que sepa que este objetivo alcanzado tambien es parte de él.

A mis amigos que me han apoyado quiero que sepan que este triunfo es compartido, sin ustedes hubiera sido mas dificil el camino, gracias especiales a Jesus, Benjamin, Tere, Ludwin que son mis hermanos de corazon se le quiere y lo saben y a otros mas que también han estado presentes.

A mis profesores de la carrera que me han dado parte de su vida y sus conocimientos y sin ellos no estaría aquí cumpliendo el objetivo mas grande hasta ahorita de mi vida.

Este objetivo está inspirado en todos ustedes y creo que no les fallé, con amor y respeto esto es por y para ustedes.

GRACIAS.

Dedicatoria.

El presente trabajo se lo dedico con todo mi amor y cariño a las 3 mujeres más importantes y únicas de mi vida ... A mi Madre y mis Hermanas.

Porque creyeron en mi, dandome ejemplos de de superación y entrega, hoy puedo ver esa meta alcanzada porque siempre estuvieron para impulsarme y darme animos en los momentos mas dificiles en mi carrera y por el orgullo que sienten por mí que fue lo que hizo que nunca me rinidera.

Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí, son mi mayor orgullo.

“CONSERVACIÓN DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE”

Introducción

Glosario

	Pág.
Capítulo 1 Conceptos generales.	17
1.1. Carretera	17
1.2. Sección transversal	20
1.3. Conservación	25
1.4. Secciones Estructurales Tipo	26
1.4.1. Cuerpo de terraplén	26
1.4.2. Capa Subrasante	27
1.4.3. Base Hidráulica	28
1.4.4. Base asfáltica	28
1.4.5. Carpeta de concreto asfáltico	28
Capítulo 2 Deterioros en la carretera.	32
2.1. Concepto de deterioro y falla	32
2.2. Deterioros en la Corona	33
2.2.1. Desprendimientos	34
2.2.2. Deformaciones	37
2.2.3. Roturas	39
2.2.4. Varios	44

Capítulo 3 Evaluación. 47

3.1. Evaluación rutinaria 47

3.2. Evaluación detallada 55

Capítulo 4 Conservación. 60

4.1. Trabajos de Conservación Rutinaria 61

4.2. Trabajos de Conservación Periódica 69

4.3. Trabajos de Conservación en la Corona 77

4.3.1. Grietas 77

4.3.2. Renivelación 79

4.3.3. Bacheo 80

4.3.4. Riego de liga 84

4.3.5. Rastros y Recargues 85

Conclusiones.

Recomendaciones.

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

Historia de las carreteras

Las primeras carreteras que se hicieron fueron por la necesidad de caminar de un lugar a otro y estas fueron de tipo peatonal, por la necesidad de buscar alimento, después de que las tribus se volvieron sedentarias estos caminos fueron utilizados para actividades religiosas, de comercio y conquista.

Al principio estos caminos eran usados como caminos peatonales y fueron evolucionando conforme el paso del tiempo; luego de caminar se empezó a utilizar carretas jaladas por animales con el fin de agilizar los movimientos de mercancías y personas; los primeros en hacer caminos con una gran similitud a los de hoy en día fueron los Fenicios y Romanos, debido al crecimiento de sus imperios necesitaban más caminos para comunicarse. Estos al hacer sus carreteras, si encontraban terrenos con condiciones inadecuadas lo mejoraban colocando piedras para evitar algún problema, utilizaban varios tipos de materiales ya fuera para la construcción de la carpeta de rodamiento o para el cuerpo de la estructura, utilizaban piedra machacada para revestir la carpeta e incluso usaban empedrados.

Las carreteras en México han venido evolucionando, en épocas anteriores lo que solo eran caminos peatonales, se han convertido en carreteras que empezaron a comunicar varias partes de la República, no fue sino hasta los años 20's cuando se introdujo tecnología más avanzada para la construcción de los caminos, los primeros caminos comunicaban las ciudades más importantes, con los puertos o entre las mismas ciudades, estas las construyeron firmas Estadounidenses, pero a partir de los 40's Ingenieros Mexicanos se han encargado de este tipo de trabajos, logrando así más de 90,000 [km] de caminos pavimentados, mas de 120,000 [km] de caminos secundarios, y así poder dar una mejor solución para la comunicación del país.

El desarrollo de la infraestructura carretera inicio en los años 20's, en los primeros años se dedicaron a construir caminos nuevos por todo el país con el objetivo de comunicar permanentemente a la capital con todos los estados y entre estos los puertos y las ciudades fronterizas más importantes. Una vez que esta tarea estaba concluida se inició la construcción de carreteras regionales, con esto se consiguió mejorar la conectividad de la red entre estados y mejorar el desarrollo de zonas de actividad económica, además de continuar construyendo nuevas carreteras y modernizando las ya existentes.

Para los años 70's y principios de los 80's la red nacional ya se había consolidado como uno de los sistemas de infraestructura pública más importantes, por ella se movían el 79% de la carga terrestre y el 96% de los pasajeros en recorridos terrestres. A mediados de los años 80's se vino una baja para el desarrollo de infraestructura debido a las crisis económicas que sufrió el país, esto hizo que el gobierno hiciera acciones para poder pagar las deudas y manejar la economía de una manera mejor, una de las actividades afectadas por esta situación fue la reducción de infraestructura y por consecuencia el deterioro de las condiciones en las carreteras.

México es uno de los países más grandes y poblados del mundo, y sus necesidades de comunicación se deben de atender, a lo largo del tiempo nuestro país ha desarrollado un importante sistema de transporte, para poder realizar desplazamientos de carga y de personas. Para el 2008 la infraestructura de transporte constaba de 365 mil kilómetros de carreteras de los diferentes tipos. Sin embargo contando con toda esta infraestructura las condiciones están rezagadas respecto a las condiciones que requiere el país para alcanzar un desarrollo óptimo. Este rezago se debe en mayor parte a que la población ha venido en aumento de manera considerable, tanto así que entre 1970 y 2000 la población se duplicó, además de que se urbanizó con la misma rapidez.

Así que al hablar de una gran infraestructura se debe tomar en cuenta su **conservación**. El desgaste que sufre el pavimento se debe al paso normal de vehículos, además de las condiciones naturales, como el sol, la lluvia, expansión térmica, oxidación y también a las cargas no contempladas para estos pavimentos.

Lo anterior se refiere al peso que puede soportar la carretera, por ejemplo un automóvil tiene 2 ejes, este pesa aproximadamente una tonelada, lo que significa que cada eje carga 0,5 toneladas, las carreteras donde puede transitar un camión de carga están calculadas para cargar como máximo por eje 10 toneladas, y es por eso que al sobre pasar la carga aparecen deformaciones y ciertos tipos de fallas que van degradando la vida útil.

El desarrollo de la infraestructura en un país permite que éste sea sumamente competitivo económicamente. Uno de estos desarrollos son las redes carreteras las cuales permiten el libre transporte de mercancías y pasajeros; sin una infraestructura carretera adecuada el país está destinado al subdesarrollo.

Para 1996 México contaba con 312,301 [km] de carretera, divididas en federales, estatales, caminos rurales y brechas mejoradas; donde solo el 31,3% estaba pavimentado. Para 2009 la red carretera aumento a 356,945 [km] de las cuales el 25,5% están pavimentadas. El aumento en el número de kilómetros carreteros, se debe a la iniciativa privada, por concesiones a particulares y gubernamentales, lo cual no implica un mejoramiento de la infraestructura existente.

En México el sistema de transporte es una parte muy importante, ya que por medio carretero se transporta más del 50% de la carga nacional y más del 98% de la movilización de los pasajeros; por auto transporte se movilizan cerca de 479 millones de toneladas y 3170 millones de pasajeros anualmente. (Ver figura I.1)

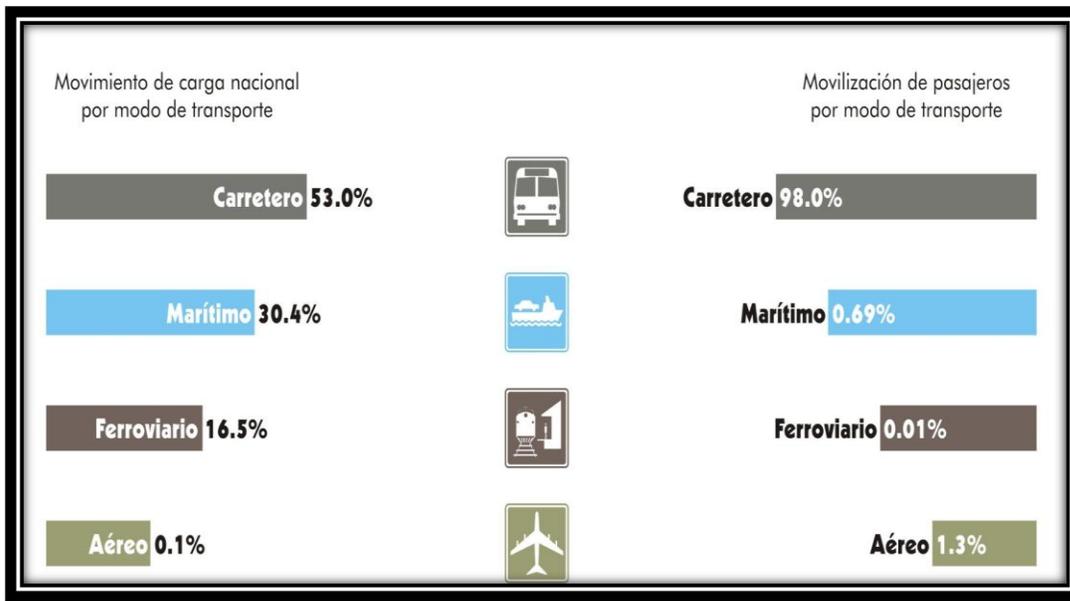


Fig. 1.1 Transporte de carga y de personal

El funcionamiento de una carretera contempla su construcción, conservación, mantenimiento y/o rehabilitación, la construcción se realiza con inversiones muy grandes y en muchos casos estas son de iniciativa privada, la conservación en algunos casos no se realiza y a veces se necesita una rehabilitación con un costo mayor el cual en muchas ocasiones no se quiere hacer y con el tiempo se pierde esta infraestructura, creando de manera alterna una nueva carretera olvidando la ya existente.

Como cualquier tipo de estructura las carreteras necesitan un mantenimiento, que por su uso y por las condiciones climatológicas (lluvia, sol y del uso que la van desgastando), existen diferentes tipos de conservación que depende del grado de desgaste que tengan los componentes de la vía.

En conservación de carreteras se tienen dos tipos:

- Rutinario: Se realizan inspecciones diarias en puntos estratégicos de acuerdo a un plan de trabajo. El propósito es prever anomalías de su estado inicial para mantener un desempeño y eficiencia óptimos.

- Periódico: Consta de realizar un plan donde se detalle el tipo de reparaciones que se van a realizar para restituir el desempeño funcional, se realiza un plan de conservación a mediano plazo para evitar que vuelvan a presentarse las fallas.

En el presente trabajo se aborda el tema de conservación en autopistas de cuota con pavimento flexible, que es el más utilizado en México, sin embargo, existen otros tipos los cuales se prevee serán utilizados en el futuro con mayor frecuencia como el concreto hidráulico, llancreto, etc.

Se presentan los conceptos que componen una autopista, como son el terraplén, las capas subyacente, subrasante, la base hidráulica, base asfáltica, carpeta de rodamiento y algunos tipos de riego; se dan a conocer los diferentes deterioros y fallas más comunes que se presentan en la capa de rodamiento y, que en algunos casos llega a afectar a las otras capas que están por debajo de la misma, además de hablar de las causas que los producen; se ven los tratamientos de algunos deterioros y fallas, tipos de maquinaria que se utiliza para la conservación.

1. CONCEPTOS GENERALES

En éste capítulo se define el concepto de carretera, sus características, dependiendo del tipo de deterioro es la conservación que requerirá, también se analizará la importancia de la conservación y porqué su importancia.

1.1. Carretera.

Una carretera es una vía donde circulan automóviles y vehículos de carga, es rápida y segura y su volumen de circulación es considerablemente grande. Para poder ser catalogada de este tipo debe cumplir con varias características según su tipo:

- Dos bandas de circulación una para cada sentido, separadas por vallas de protección o por una franja de terreno.
- Por lo menos dos carriles de circulación, uno por sentido.
- Un acotamiento lateral en cada banda para que los vehículos puedan parar por alguna emergencia sin parar el tráfico.
- Las curvas son menos pronunciadas en comparación a las carreteras que pueden ser hasta de 180°.
- Entradas y salidas con carril confinado para no reducir la velocidad de los demás usuarios.

En México la red carretera es muy importante ya que gran parte de la economía se mueve a través de las mismas, en los últimos años la inversión para la construcción de nuevas vías es limitada, y se han buscado nuevas estrategias para continuar con la construcción de nuevas redes y brindar el mantenimiento a las ya existentes para tener un nivel adecuado y así seguir siendo competitivos económicamente.

Al tener una infraestructura gastada por su uso y mal conservada se tiene un impacto que se verá reflejado tanto en el transporte como en la economía, bajara la

productividad, se tendría un alto costo en conceptos de reparaciones de vehículos, mayor consumo de combustible, existirán demoras en tiempos de traslados, interrupciones en la red y bajara en gran medida la competitividad económica del país.

Para el diseño y construcción de las carreteras estas se dividen en:

- a) *Carreteras de integración social:* Aquellos que unen el territorio nacional, ya sea mediante una autopista o carretera.
- b) *Carreteras sociales:* Aquellos que tratan de incorporar al desarrollo a las poblaciones que por falta de comunicación han permanecido marginadas.
- c) *Carreteras para desarrollo:* Aquellos que tratan de elevar el desarrollo de una población, ya sea agrícola, ganadera o turística.
- d) *Carreteras en zonas desarrolladas:* Aquellos que únicamente lo que hacen es agilizar el tránsito y disminuir los costos de operación, además de mejorarlo en caminos regionales.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes adoptó la siguiente clasificación de la red carretera:

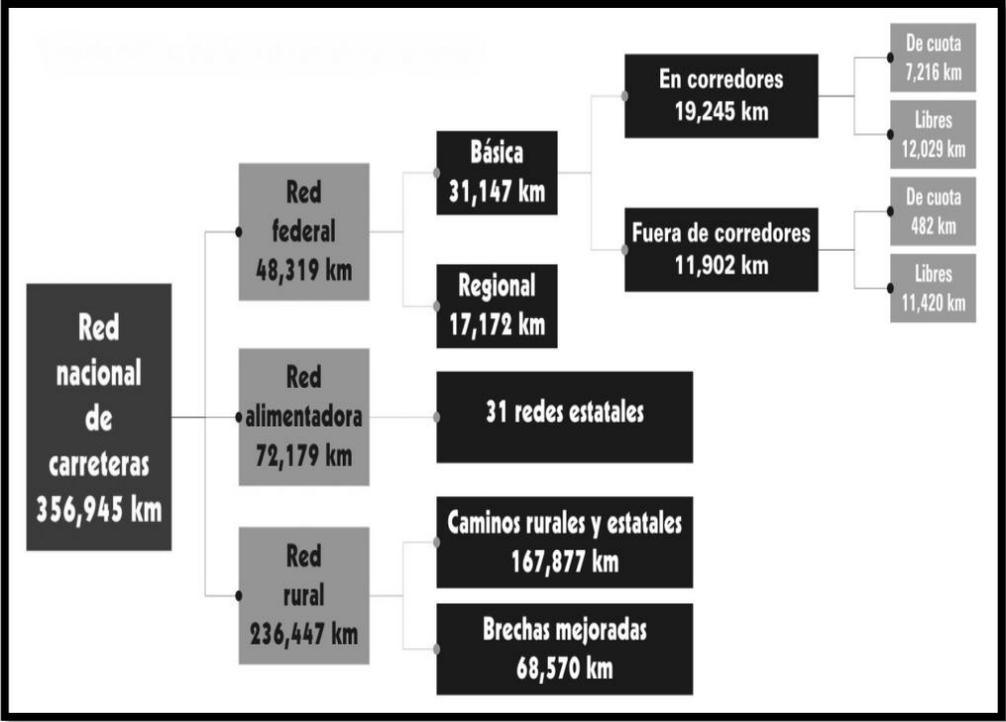


Fig. 1.1 Características de la red carretera nacional¹

La conservación se da a la estructura de pavimento, ya sea al cuerpo de terraplén, base, sub-base, carpeta de rodamiento, capaz de rodadura, base hidráulica, acotamiento, drenajes, cunetas, contra cunetas, etc.

¹ Página de la SCT, www.sct.gob.mx

Clasificación de las carreteras:

Tabla 1.1 Clasificación de las carreteras²

Tipo de carretera		Anchos de				
		Corona [m]	Calzada [m]	Acotamientos [m]		Faja separadora central [m]
E		4,00	4,00	--		--
D		6,00	6,00	--		--
C		7,00	6,00	0,50		--
B		9,00	7,00	1,00		--
A	(A2)	12,00	7,00	2,50		--
	(A4)	22,00 mínimo	2 x 7,00	EXT	INT	1,00 mínimo
				3,00	0,50	
(A4S)	2 x 11,00	2 x 7,00	3,00	1,00	8,00 mínimo	

1.2. Sección transversal.

La sección transversal de un camino es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, este permite definir las disposiciones y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación al terreno natural.

² Página de la SCT, www.sct.gob.mx

Las terracerías son los cortes que hay que hacer para lograr formar el camino hasta la subcorona, a este corte se le conoce como terraplenar. La diferencia de las cotas son las que determinan el ancho de corte o terraplén en cada punto de la sección.

Los elementos que integran y definen la sección son la corona, subcorona, cunetas, contracunetas, los taludes y partes complementarias.

Subcorona. Es la superficie que limita las capas superiores a las terracerías, estas son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho de subcorona.

Subrasante. Está determinada por el espesor de las capas de pavimento, sirve para determinar el espesor de corte o de terraplén; la pendiente transversal es la misma que la corona de igual manera su función es la de mantener el espesor de los pavimentos según este la sección en tangente, curva o transición. El ancho de subcorona es la distancia horizontal de ésta con los taludes del terraplén, cuneta o corte, está en función del ancho de corona.

Corona. Es la línea de la superficie del camino terminado, está comprendida entre los hombros del camino, o sea, las aristas superiores del terraplén y/o las interiores de las cunetas. Los elementos que comprenden la corona son rasante, pendiente transversal, calzada y acotamientos.

- a) Rasante. Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo de la superficie de rodamiento llamado corona.
- b) *Pendiente transversal.* Es una ligera pendiente normal que se le da a su eje, dependiendo de sus elementos puede ser de tres tipos:
 - 1. Bombeo: es la pendiente en la corona que se le da hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua en la superficie de rodamiento, un

buen bombeo es aquel que permita un drenaje correcto en la corona y así evitar que los conductores sientan algún tipo de inseguridad.

Tabla 1.2. Superficies de rodamiento

TIPO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO		BOMBEO (%)
Muy buena	Concreto hidráulico o asfáltico	1.0 – 2.0
Buena	Mescla asfáltica o carpeta de riego	1.5 – 3.0
Regular o Mala	Tierra o grava	2.0 – 4.0

2. Sobreelevación: es la pendiente que se le da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar la fuerza centrífuga de un vehículo.
 3. Transición del bombeo a la sobreelevación: en el alineamiento horizontal se requiere cambiar la pendiente de corona desde el bombeo hasta la sobreelevación, éste cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la curva.
- c) Calzada. Es la parte destinada al tránsito de los vehículos y está constituida por uno o varios carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. El *ancho de calzada* es el ancho de la calzada sin tomar en cuenta los acotamientos.
- d) Acotamientos. Son los carriles contiguos de la calzada comprendidas entre sus orillas y los hombros del camino, estos tienen como ventaja dar seguridad al conductor de tener un espacio mayor para eludir accidentes y hasta estacionarse en ellos, protección a la humedad, dar mayor visibilidad en curvas, facilita los trabajos de conservación mejora la apariencia del camino, el ancho de los acotamientos depende en gran medida del volumen de tránsito y el nivel de servicio.

Las *cunetas* son zanjas que se construyen en ambos lados de la corona contiguas a los hombros, su función es recibir el agua que escurre por la corona y los taludes de corte, normalmente son de sección triangular con un ancho de 1,[00] m medido horizontalmente y las *contracunetas* son zanjas de sección trapezoidal que sirven para recibir el escurrimiento superficial del terreno natural, se construyen perpendicularmente a la pendiente máxima del terreno para lograr una mejor captación del escurrimiento laminar.

Los *taludes* es la inclinación de los cortes o terraplenes, en caminos se llama talud a la superficie que va de la línea de ceros y el fondo de la cuneta y en terraplenes es la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

Partes complementarias. Sirven para mejorar la operación y conservación del camino, tales elementos son: guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras.

Guarniciones y bordillos. Son elementos parcialmente enterrados, generalmente de concreto hidráulico y sirve para limitar la banqueta, camellones, isletas, y delinear la orilla del pavimento.

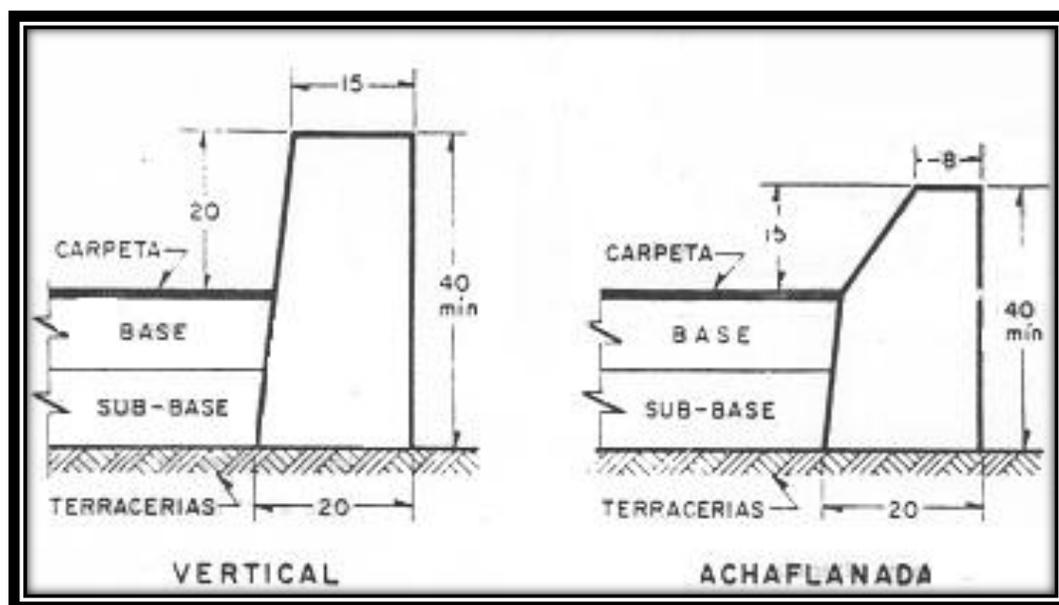


Fig. 1.3 Tipos de guarniciones

Las banquetas son fajas destinadas al uso de los peatones, éstas están ubicadas a un nivel superior de la corona y a uno o ambos lados de la corona.

Fajas separadoras y camellones. Se llaman a si a los elementos que se disponen para dividir los carriles de tránsito de uno a otro sentido o incluso del mismo sentido, a las primeras se les conoce como fajas separadoras centrales y a las segundas fajas separadoras laterales, el ancho mínimo de estas es de 1.20 [m].

1.3. Conservación y Mantenimiento.

La conservación de la red carretera es un conjunto de actividades que se destinan principalmente a preservarla en un estado óptimo, cumpliendo con los índices de calidad, comodidad, seguridad y economía.

En nuestro país las carreteras libres de peaje, tiene una longitud de 40,563[km], están divididos en corredores carreteros, la red básica y red secundaria, la primera se refiere a las carreteras que forman la columna vertebral del sistema, que está conformada por 14 corredores troncales que son las principales vías del país, ésta tiene una longitud de 9,898 [km].

La red básica está conformada por aquellas que comunican las capitales de los estados, las ciudades más importantes, puertos y cruces fronterizos, tiene una longitud de 13,581 [km], la red secundaria tiene 17,084 [km] y está constituida por las carreteras que tienen influencia regional o local.

Si no se hace una conservación a la red carretera ésta inversión será en vano, ya no va a ser competitiva, ya no habrá patrimonio y lo más importante dejará de haber comunicación dentro del país, pero si se hace una conservación adecuada, a tiempo, con buenos diseños, materiales de buena calidad con procedimientos constructivos que cumplan con las especificaciones técnicas adecuadas, con un control de calidad

adecuado, los recursos que deben de ser invertidos serán menores que la creación de una nueva carretera o por el abandono de éstas.

En México como en otros países del mundo, la conservación de carreteras es deficiente dando lugar a economías bajas, por causas económicas y por la capacidad técnica del personal, generando economías ínfimas. El impacto negativo en la economía por una deficiente conservación de carreteras conlleva una pérdida en el crecimiento del país, por lo tanto se deben tener planes y estrategias para evitarlo, haciendo gran énfasis en el financiamiento, la planeación y la tecnología a la hora de ejecutarlos.

1.4. Secciones tipo Estructurales

1.4.1. Cuerpo de terraplén

Son estructuras que se forman del material producto de cortes o de bancos de material, con la finalidad de que se logre el nivel de subrasante requerido para el proyecto, para ampliar corona, cimentar estructuras, formar bordos, bermas y taludes, es decir, para levantar el nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.

Las finalidades de esta parte de la estructura es soportar las cargas de tránsito que son transmitidas por las capas superiores y distribuir los esfuerzos de forma adecuada al terreno natural y satisfacer las especificaciones geométricas del proyecto, entre otras.

El procedimiento para la ejecución de terraplenes, con la maquinaria adecuada es el siguiente:

- Preparación de la superficie
- Desecación y humectación de las tongadas
- Compactación de cada tongada
- Refinado de los taludes y coronación

El acomodo de materiales se puede realizar de 3 maneras:

1. Cuando los materiales son compactables se les da este tratamiento, en general el grado de compactación en el cuerpo de terraplén debe ser del 90%.
2. Si los materiales no son compactables entonces se forma una capa aproximadamente del mismo espesor que el tamaño de la roca, se pasa un tractor de orugas 3 veces y en zigzag, para mejorar la compactación se debe proporcionar agua al material en una proporción 100 [L] de agua por 1[m³] de material.
3. Y la última y poco usada es colocar el material a volteo, este caso solo se permite cuando no hay manera de compactar y es muy pequeño el espacio de maniobra.

Los materiales que se utilicen en la construcción de terraplenes que provenga de cortes pueden ser compactables o no, pero si se utiliza en la construcción de subyacentes y subrasantes estos siempre deberán ser compactados.

1.4.2. Capa subrasante

Esta capa es la que esta aproximadamente a un metro del pavimento, también incluye material de relleno que reemplaza parcial o completamente el suelo natural que es inapropiado para la construcción de caminos.

Las funciones de esta capa son recibir y resistir las cargas que son transmitidas por el pavimento, transmitir las cargas al cuerpo de terraplén, evitar que los componentes del cuerpo de terraplén contaminen las capas de pavimento, evitar que sea absorbido el pavimento por el terraplén cuando este compuesto por rocas, evitar que se refleje en el pavimento las imperfecciones del terreno, mantener uniforme los espesores del pavimento sobre todo cuando varían los materiales, economizar los espesores de pavimento sobre todo cuando las terracerías requieran un espesor mucho mayor.

Las características de esta capa son:

- Tamaño máximo de agregado de 3[in]
- Espesor mínimo de la capa de 30 [cm]
- El grado de compactación de 95% de la prueba Proctor

1.4.3. Base hidráulica

Esta base es la capa tradicional de un pavimento flexible, esta capa a comparación de la subrasante y subyacente tiene una mejor calidad, esta capa es la que está en contacto con la capa superficial de rodamiento es la que en mayor medida absorbe y distribuye las cargas provocadas por el paso de los vehículos.

1.4.4. Base asfáltica

La estructura de un pavimento asfáltico o estructura del pavimento flexible es un conjunto de capas de mezclas de asfalto y áridos seleccionados situadas sobre la explanación. Los pavimentos asfálticos son aquellos compuestos de una capa de superficie de áridos envueltos en aglomerados con betún asfáltico, con un espesor mínimo de 25[mm] sobre capas de sustentación.

1.4.5. Carpeta de concreto asfáltico. La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir, las principales características que debe cumplir el pétreo son las siguientes:

1. Un diámetro menor de una pulgada.
2. Deberá tener cierta dureza para lo cual se le efectuarán ensayos.
3. La forma de la partícula deberá ser lo más cúbica posible, no se usa material en forma de laja o aguja pues se rompen con facilidad alterando la granulometría y pudiendo provocar fallas en la carpeta.

2. En corte. Depende de la topografía, esta se emplea en zonas montañosas donde se hace pasar la carretera por el centro de la misma y no generar alguna curva que haga más largo el trayecto. (Ver figura 1.4)

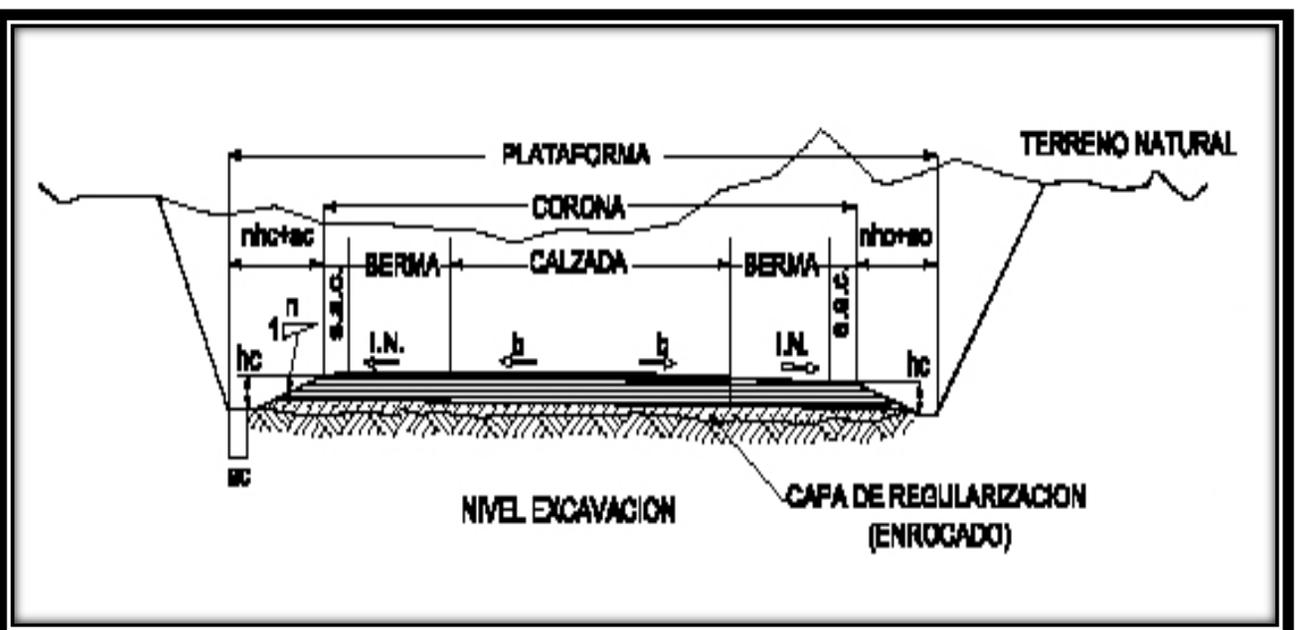


Fig. 1.4 Sección tipo estructural en CORTE

3. En Balcon. Esta sección se usa para llevar por una ladera la carretera, se usa para evitar cortes en la montaña, generalmente son usados para hacer curvas. (Ver figura 1.5)

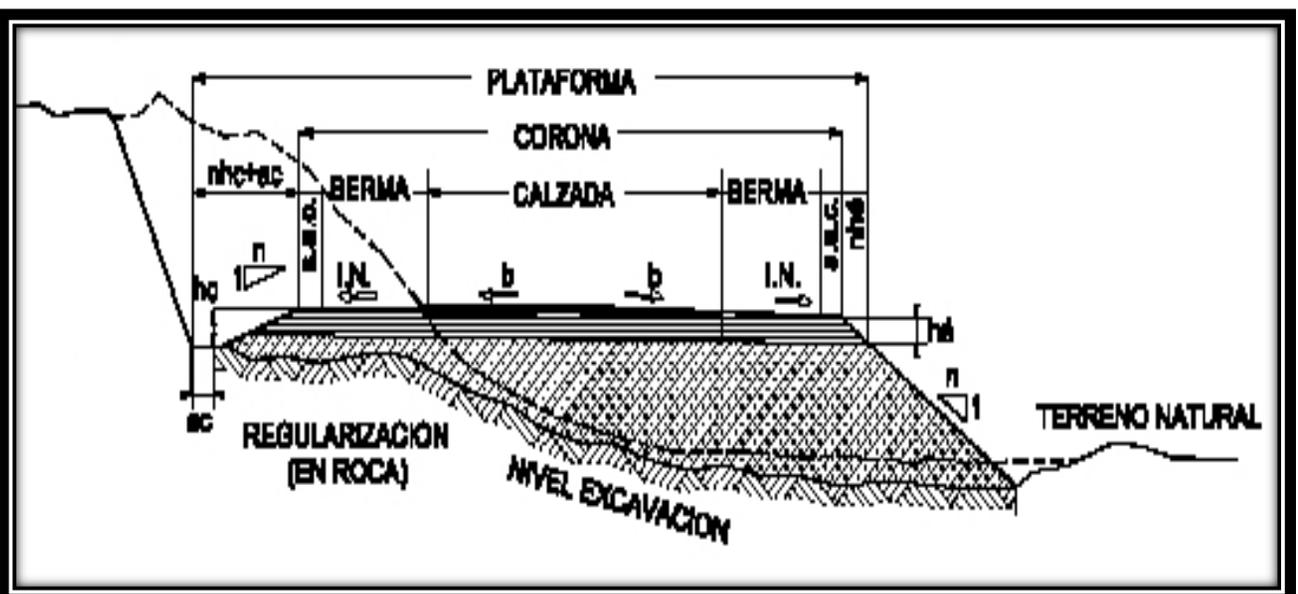


Fig. 1.5 Sección tipo estructural en BALCON

2. DETERIOROS EN LA CARRETERA

Existen varios deterioros o fallas que se presentan en las carreteras, además de que son diferentes en sus partes que las componen y su conservación es muy diferente entre ellas; para los deterioros no solo se hace una revisión visual si no que viene acompañado con un análisis para así poder hacer un diagnóstico definitivo y bien fundamentado

En este capítulo se tocan los diferentes tipos de deterioros, malformaciones y fallas que se presentan en la Corona (con ejemplos) y los posibles motivos que las provocan, sabiendo que en una carretera se tienen 5 elementos que son:

1. Corona
2. Drenaje
3. Derecho de Vía
4. Señalamiento vertical
5. Señalamiento horizontal

Considerando que la Corona es elemento de mayor importancia, en este capítulo solo se desarrollaran las fallas que aparecen en ésta, ya que recae el mayor porcentaje de la calificación al momento de evaluar y es el elemento que está a la vista de los usuarios.

2.1. Concepto de deterioro y falla.

Deterioro. Disminución de la vida útil de la autopista, por razones de uso y ambientales. Es aceptable que con el paso del tiempo, los efectos ambientales y el uso algunos elementos de la autopista comiencen a presentar malformaciones, desgastes en ellos, además de que es imposible evitarlos; estos generalmente se presentan solo en la superficie de rodamiento (**deterioros superficiales**) si se efectuara una conservación se evita que este deterioro se convierta en falla.

Falla. Pérdida de la capacidad operativa del elemento. Se trata de una discontinuidad en el material originado por las fuerzas que actúan sobre él y que logran superar la resistencia del mismo. Existe una rotura no superficial en el material y su conservación es mayor. Estos no solo se presentan en la superficie de rodamiento si no también en las diferentes capas que forman la autopista (**deterioros estructurales**).

2.2. Deterioros en la corona

Se tienen diferentes tipos de deterioros que se presentan en las carreteras, aquí se describirá cada una de ellas y se anexa una fotografía para identificarlos y clasificarlos, estos deterioros se dividen básicamente en 4:

1. Desprendimientos
2. Deformaciones
3. Roturas
4. Varios

Se hace notar que la clasificación que se hace es visual, ya que se deben de hacer pruebas, exámenes y análisis de cada una para poder darle una solución, que ayudara a seleccionar los análisis correspondientes y así clasificarlos de manera técnica.

Se tratan los deterioros más comunes que se han presentado en la mayoría de las carreteras del país, haciendo énfasis en que en este capítulo solo se verán en la corona y, en el capítulo 4 se toman todos los elementos que componen la carretera.

2.2.1. Desprendimientos

Baches. Desprendimiento inicial de los agregados que al pasar los vehículos van formando oquedades en la carpeta de rodamiento; esto se debe a la escases de asfalto en la mezcla, espesor y/o drenaje deficiente, falta de resistencia en la carpeta. (Ver figura 2.1)



Fig. 2.1 Bache

Identación. Encajamiento de algún objeto duro sobre la superficie de rodamiento que produce un desgaste o hendidura en la superficie; estas se crean por pinchaduras de neumáticos, equipo pesado de construcción, accidentes de tránsito. (Ver figura 2.2)



Fig. 2.2 Identación

Desprendimiento de agregados. Separación de los agregados gruesos de la carpeta asfáltica, dejando huecos en la superficie de rodamiento se ven como pequeñas depresiones en forma de cráter; esto se debe a escasos de asfalto en la mezcla, expansión del agregado, falta de afinidad con el asfalto. (Ver figura 2.3)



Fig. 2.3 Desprendimiento de agregados

Pulido de superficies. Se produce un desgaste acelerado provocando partes lisas en la superficie de rodamiento; esto se produce por transito intenso, excesiva compactación, mezclas demasiado ricas en asfalto, agregados no apropiados. (Ver figura 2.4)



Fig. 2.4 Pulido de superficies

Desprendimiento de sello. Desintegración parcial o zonificada de la carpeta de rodamiento, cuando está formada por uno o varios sellos los agregados tienden a desprenderse y la deja expuesta por arranque de granzón y gravilla; esta se presenta cuando se separa la película de liga, dosificación inadecuada de ligante, mala calidad del ligante, mala adherencia a la capa subyacente, espesor insuficiente. (Ver figura 2.5)



Fig. 2.5 Desprendimiento de sello

2.2.2. Deformaciones

Burbujas. Es una ampolla de tamaño variable que está localizada en la superficie de rodamiento; se presenta por debilidad en el espesor o consistencia, liberación de cal en bases estabilizadas, presiones de vapor o aire en la capa de rodamiento. (Ver figura 2.6)



Fig. 2.6 Burbujas

Roderas o canalizaciones. Deformación o asentamiento permanente en la carpeta asfáltica en sentido longitudinal justo debajo de las huellas de los vehículos; esto se debe a mala compactación de la carpeta, baja estabilidad en la carpeta, y en un caso muy extremo consolidación de alguna de las otras capas. (Ver figura 2.7)



Fig. 2.7 Roderas o canalizaciones

Protuberancias. Desplazamiento del cuerpo de la superficie de rodamiento formando un montículo de dimensiones considerables; esto se produce por tránsito intenso, estabilidad inadecuada, liga deficiente entre las capas, compactación inadecuada. (Ver figura 2.8)



Fig. 2.8 Protuberancias

Asentamiento transversal. Áreas de pavimento localizadas en elevaciones más bajas que las aéreas adyacentes o elevaciones de diseño, en el sentido transversal al eje del camino; esto sucede por peso propio de la sección, suelos o cimentaciones resilientes, cargas excesivas o superiores a las de diseño, contaminación de capas inferiores. (Ver figura 2.9)



Fig. 2.9 Asentamiento transversal

2.2.3. Roturas

Grietas de reflexión. Son grietas longitudinales y transversales que reflejan el agrietamiento de juntas de un pavimento existente, cuando es reencarpetao con pavimento asfáltico; estas fallas surgen porque hay movimiento o contracciones en la capa subyacente, la liga es inadecuada entre capas. (Ver figura 2.10)



Fig. 2.10 Grietas de reflexión

Grietas de reflexión tipo 2. Es un agrietamiento en la carpeta asfáltica siguiendo un patrón determinado o no; esto pasa cuando hay una falta de unión en las grietas de capas inferiores, hay movimiento en la capa subyacente, contracción o dilatación de bases estabilizadas con cemento. (Ver figura 2.11)



Fig. 2.11 Grietas de reflexión tipo 2

Agrietamiento parabólico. Estas son grietas en forma parabólica o de media luna que se forman en la carpeta de rodamiento; se presenta cuando la carpeta es débil, donde generalmente frenan y arrancan los automóviles, existe una mezcla inestable. (Ver figura 2.12)



Fig. 2.12 Agrietamiento parabólico

Grieta errática o en zigzag. Agrietamiento en desorden de la carpeta asfáltica sin seguir patrones longitudinales y más bien de forma errática; se presenta por cambios extremos de temperatura, por una base defectuosa, terraplenes con taludes inestables. (Ver figura 2.13)



Fig. 2.13 Grieta errática o en zigzag

Grietas finas. Son pequeñas fisuras que están muy cerca una de otra, no tienen un patrón longitudinal ni transversal y su profundidad es menor al espesor de la carpeta de rodamiento; se presenta por envejecimiento de la carpeta, oxidación del material, mala dosificación del asfalto, exceso de finos en la mezcla, compactación con temperaturas muy altas. (Ver figura 2.14)



Fig. 2.14 Grietas finas

Agrietamiento piel de cocodrilo. Fisuras en la superficie de rodamiento, formando un patrón regular de polígonos hasta de 20 cm de amplitud, están interconectadas y asemejan la piel de cocodrilo; se presenta cuando el soporte es ineficiente en la base, debilidad de la estructura de pavimento, fatiga, envejecimiento, poco espesor de la carpeta, evolución progresiva de agrietamiento tipo mapa. (Ver figura 2.15)



Fig. 2.15 Agrietamiento piel de cocodrilo

Agrietamiento tipo mapa. Desintegración de la carpeta de rodamiento, asemeja a la división política de un mapa, con amplitud mayor a los 20 cm; se presenta cuando la calidad en algunas capas es deficiente, la estructura de pavimento es débil, fatiga, envejecimiento, espesor escaso de la capa. (Ver figura 2.16)



Fig. 2.16 Agrietamiento tipo mapa

Grieta transversal. Agrietamiento de la carpeta de tipo transversal o perpendicular al eje del camino; se presenta por la acción del tránsito, espesor insuficiente de la carpeta, contracción térmica, diferencia en juntas transversales. (Ver figura 2.17)



Fig. 2.17 Grieta transversal

Agrietamiento longitudinal. Agrietamiento paralelo al eje del camino y en la mayoría de los casos sobre el eje del camino; esto se presenta por deficiencia en las juntas de construcción, asentamiento de capas por tránsito, espesor insuficiente, contracción de materiales, asentamientos aislados en capas interiores. (Ver figura 2.18)



Fig. 2.18 Agrietamiento longitudinal

2.2.4. Varios

Llorado de asfalto. Flujo de liberación del asfalto hacia la superficie de la carpeta formando una película o capa peligrosa y/o ascenso del asfalto a través de grietas; se produce por exceso de asfalto, excesiva compactación de mezclas ricas, temperatura de compactación elevada, sobredosificación de riego de liga. (Ver figura 2.19)



Fig. 2.19 Llorado de asfalto

Expulsión de finos. Material fino sobre la superficie de rodamiento, acumulado en zonas adyacentes de color blancuzco; se produce por la acumulación de agua en capas subyacentes, exceso de finos en capas de la sección del pavimento, expulsión de cemento por grietas. (Ver figura 2.20)



Fig. 2.20 Expulsión de finos

Crecimiento de hierba entre carpeta y cuneta. Jardín silvestre que crece longitudinalmente entre la carpeta asfáltica y la cuneta de concreto hidráulico; esto se produce por una mala conservación, drenaje superficial ineficiente, falta de sello longitudinal. (Ver figura 2.21)



Fig. 2.21 Crecimiento de hierba entre carpeta y cuneta

Azolve en drenaje superficial. Arrastre de material que por falta de conservación se va acumulando y tapa o azolva el drenaje, repercute en un mal comportamiento de la sección de pavimento; esto se produce por descuido y falta de una conservación rutinaria. (Ver figura 2.22)



Fig. 2.22 Azolve en drenaje superficial

Obstrucción del drenaje por desprendimiento de rocas. En taludes muy verticales es común ver este tipo de caída especialmente en los acotamientos y drenajes, este obstruye parcial o totalmente el flujo adecuado del agua por su drenaje; esto se produce porque no hay una conservación adecuada y a tiempo. (Ver figura 2.23)



Fig. 2.23 Obstrucción del drenaje por desprendimiento de rocas o caídos

3. EVALUACIÓN

En este capítulo se detallarán algunos de los tipos de evaluación que se realizan durante las inspecciones en las autopistas.

La evaluación es un proceso importante ya que de éste obedece el tipo de conservación que se debe atender en una autopista, de esta depende los grados de conservación que deben de realizarse e incluso si fuera necesario una rehabilitación o una reconstrucción.

Para poder programar cualquier tipo de conservación se hacen las evaluaciones en forma para detectar los deterioros que servirán como indicadores para determinar el tipo de reparación y poder establecer una estrategia de conservación con la finalidad de programar las acciones y trabajos que permitan disminuir el deterioro progresivo de la infraestructura y elevar el nivel óptimo de servicio.

Existen dos tipos de evaluaciones:

3.1. Evaluación rutinaria.

Esta se realiza mediante recorridos periódicos donde por medio de una inspección visual se genera un informe el cual contiene la ubicación y tipo de los daños y algunas recomendaciones para reparar el mismo, si es necesario se puede considerar una evaluación más detallada debido al mal estado o indicando las razones del porque se necesita hacer un estudio más profundo. La frecuencia de estas inspecciones depende del tránsito, de la importancia de la autopista y del nivel y tipo de deterioros detectados en la superficie de rodamiento, estos recorridos se deben de efectuar con un periodo de una semana como máximo.

En la práctica profesional de evaluación rutinaria del estado físico de la infraestructura carretera existente en nuestro país, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

(SCT) ha editado normas para calificar los elementos de las carreteras que permita conocer el estado físico de la carretera y las condiciones de conservación y así realizar una comparación con las visitas sucesivas.

Para detectar las necesidades de la conservación la Administración Responsable que es la responsable de construir operar y conservar la carretera, debe realizar inspecciones periódicas, que basándose en las normas toman en cuenta los siguientes conceptos:

- En inspecciones diarias en la autopista se detectan y corrigen problemas como: cercado e invasión de derecho de vía, retiro de derrumbes, basura, limpieza de la superficie de rodamiento, falta de señales, etc.
- En inspecciones semanales se corrigen los problemas como: defensas y señales, obras de drenaje, baches, calavereo, grietas, deformaciones en el pavimento, limpieza de cunetas, daños por accidentes, alumbrado, deslaves en terraplenes, muros de contención, postes y fantasmas, pintura en general, etc.

Para realizar estas inspecciones se siguen normas, en un mes determinado (generalmente es el mes de enero) la Administración debe presentar un programa anual de conservación, éste se realiza con el formato siguiente:

La Administración Responsable ejecutará los trabajos que fueron planeados en la conservación rutinaria realizando la supervisión y el control de calidad y se informará de los avances. El centro SCT supervisará el cumplimiento del programa de conservación verificando el control de calidad informando mensualmente el cumplimiento de estos trabajos.

Como en este trabajo se habla únicamente de carreteras tipo A entonces las tablas solo tendrán los valores para éstas; para calificar los elementos de una carretera se usa una escala que adoptó la SCT que va de cero (pésimo) al cinco (óptimo) habiendo niveles intermedios:

Se utiliza un parámetro denominado Índice de Servicio Actual, que consiste en calificar en la escala adoptada por la SCT (de 0 a 5) el grado de confort y seguridad que el usuario detecta al circular por una carretera a la velocidad de operación diseñada.

Tabla 3.2 Calificaciones del ISA

CALIFICACION	ESTADO DEL ELEMENTO
0 – 1	Pésimo
1.1 – 2	Malo
2.1 – 3	Regular
3.1 – 4	Bueno
4.1 – 5	Optimo

Tabla 3.3 Calificaciones en Caminos Pavimentados

ELEMENTOS POR CALIFICAR	VALOR RELATIVO
Del cuerpo	
Corona	75
Drenaje	10
Derecho de vía	15
Suma	100
Del señalamiento	
Vertical	50
Horizontal	50
Suma	100
Influencia para la calificación total	
Del Cuerpo	0.65
Del señalamiento	0.35
Suma	1.00

Después de esta evaluación se califican los elementos y se obtiene un valor relativo conforme la siguiente tabla:

Las calificaciones de los elementos, después de ser procesadas, dan por resultado una “calificación ponderada” que toma en cuenta la importancia relativa de los elementos que integran la carretera.

Las máximas calificaciones ponderadas que pueden obtener los elementos en estos caminos son:

Tabla 3.4 Calificaciones máximas ponderadas

Corona	375
Drenaje	50
Derecho de vía	75
Suma	500
Señalamiento vertical	250
Señalamiento horizontal	250
Suma	500

La calificación ponderada para el cuerpo del camino y señalamiento es la suma de las calificaciones de sus elementos, posteriormente se multiplican los valores de las calificaciones ponderadas por su respectivo factor de influencia. La suma de esta multiplicación da La Calificación Total Ponderada del tramo.

Para definir el estado físico de una carretera se han establecido rangos de calificación decretado por la SCT.

Tabla 3.5 Estado Físico del camino

CALIFICACIÓN	
ESTADO FÍSICO	CAMINO TIPO
Malo	De 0 y hasta 300
Regular	Mayor de 350 y hasta 450
Bueno	Mayor de 450 y hasta 500

La Calificación que se obtiene de la inspección visual se da por una persona que tiene la experiencia suficiente y puede darla tan solo con ver el deterioro o falla, existen normas las cuales dan las características que son suficientes para determinar el tipo de deterioro, si se realizara tal cual dice la norma sería muy difícil terminar de hacer la revisión ya que al llevar el control de este procedimiento sería muy tardado y los deterioros se harían mayores y no se acabaría de revisar los elementos cuando ya surgirían mayores desperfectos, por lo cual esto se de manera subjetiva y por la experiencia del inspector que realiza la labor.

La manera de dar la calificación en los elementos es la siguiente:

- Dividir la carretera en tramos de 10 [km] tratando de que empiece en número cerrado, o sea si empieza en 21+450 la primer sección será de 1+450 y las demás secciones serán de la medida antes mencionada.
- A cada sección darle una calificación respecto a la inspección visual.
- Ponderar las calificaciones de cada sección
- Teniendo las ponderaciones de cada elemento se suman y en base a la tabla 3.5 se obtiene el estado físico de la carretera.

A continuación se muestra la tabla con la cual se dan las calificaciones por elemento y con la cual se obtiene la calificación de toda la carretera:

Tabla 3.6 Reporte de calificación

		DATOS OBTENIDOS EN EL RECORRIDO DE CALIFICACION DEL ESTADO FISICO DE LOS CAMINOS					
DIRECCION GENERAL DE CENTRO U G S T		CONSERVACION A CARGO DE LA : _____					
		ESTADO DE : _____		JEFE DE LA DEPENDENCIA : _____			
		JEFE DE LA UNIDAD : _____			FECHA : _____		
RESUMEN DE LA CALIFICACION							
ESTADO DE							
CUERPO :	ELEMENTOS	LONGITUD TOTAL EN KM					TOTAL
		PESIMO (0 - 1)	MALO (1.1 - 2)	REGULAR (2.1 - 3)	BUENO (3.1 - 4)	OPTIMO (4.1 - 5)	
	CORONA						
	DRENAJE						
DERECHO DE VIA							
SEÑALAM.	VERTICAL						
	HORIZONTAL						

La calificación total ponderada del estado físico de un camino nos dice en qué estado se encuentra la carretera y en base a esto realizar un plan de conservación.

3.2. Evaluación detallada.

En la Ingeniería carretera, la calidad del pavimento se analiza determinando la regularidad superficial, que son las irregularidades verticales acumuladas con respecto a un plano horizontal. Estas irregularidades se deben en mayor medida a dos causas, la primera es un proceso constructivo deficiente y la segunda al tránsito vehicular y, en algunas ocasiones es la combinación de ambas, es decir, que por una mala construcción y por el peso de los vehículos provoca un asentamiento o reacomodo del material que lo constituye y es por eso que las irregularidades se presentan.

Con relación al estado físico de la superficie de rodamiento de un pavimento a través del antiguo sistema y que aún hoy en día es vigente el sistema AASHO es una medida conservadora pero no deja de ser subjetiva.

En la actualidad para maximizar la rentabilidad de los recursos se han elaborado estrategias de conservación y lograr preservar la vida útil de las carreteras, por lo cual se han hecho estudios relativos a la medición de la rugosidad en la superficie de rodamiento en éstas, el Índice de Rugosidad Internacional y la obtención de la profundidad de roderas.

Para medir la rugosidad de los pavimentos se ha establecido y aceptado el indicador conocido como “Índice de Rugosidad Internacional (**IRI**), que mide la rugosidad del pavimento y así saber la uniformidad de la superficie de rodamiento.

La periodicidad de las evaluaciones detalladas dependerá del desgaste de la superficie de rodamiento de la autopista pero nunca deben de pasar más de 2 años entre una y otra evaluación. El IRI se deberá de medir con equipo y personal capacitado, que deberá

recorrer toda la longitud de las carreteras año con año y así llevar un seguimiento de los desgastes de la carretera.

El **IRI**, profundidad de roderas y los deterioros son los parámetros con los que se permite saber la calidad de la superficie de rodamiento.

El **IRI** es una medida de las irregularidades verticales del pavimento lo largo de la zona de rodadura, con respecto a una superficie plana y es equivalente a la relación entre dichas irregularidades acumuladas y la longitud del tramo medido.

Actualmente se utilizan equipos como el perfilógrafo que mediante un sistema gráfico o computarizado que determina las irregularidades en el punto medio, éste puede ser de 3 o 7 [m] de magnitud, éste equipo tiene una velocidad de operación de 20 a 80 [km/h] y no interfiere con el flujo vehicular.

El propósito del sistema es analizar la carretera por segmentos de 1[km] y establecer las características de regularidad superficial. Se realiza la medición del IRI para cada segmento y saber las condiciones de la carretera.

Para el Sistema Nacional de Autopistas de Cuota, los valores de IRI normativos de aceptación y rechazo son:

- Intervalo de aceptación $0 < \text{IRI} < 2.81$ km/m
- Intervalo de rechazo $\text{IRI} > 2.81$ km/m

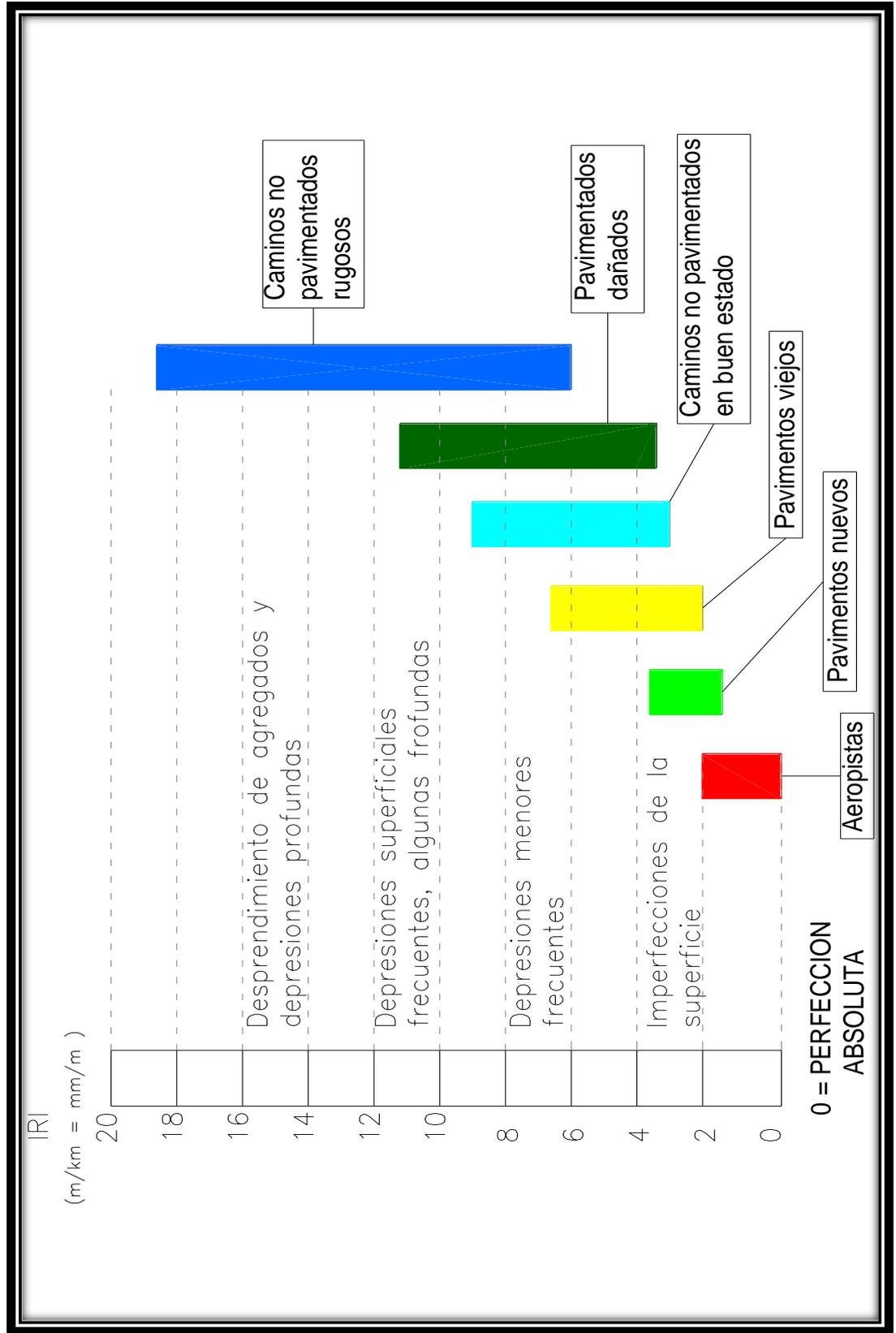


Fig. 3.1 Escala de valores del Índice de Rugosidad Internacional

En lo que respecta al coeficiente de fricción o deslizamiento del pavimento, su medida y estudio es fundamental, sobre todo en caminos donde la intensidad de tránsito es muy grande, la fricción se determina con el pavimento artificialmente mojado y una llanta especial. Este coeficiente indica la eficiencia de frenado en el pavimento mojado.

El coeficiente de fricción es la relación existente entre la fuerza de fricción, que desarrollan las llantas, oblicuas al eje de arrastre al ser remolcadas por un vehículo a la velocidad de operación sobre la superficie de rodamiento, y la fuerza normal a la superficie de apoyo a lo largo de la zona de rodadura de un subtramo homogéneo de autopista.

Éste coeficiente para cuando el pavimento se encuentra mojado depende de varios factores, algunos inherentes con la carretera, como el estado de la superficie de rodamiento, drenaje, etc.; mientras que existen otros que dependen totalmente del usuario, como la velocidad, el estado de las llantas, etc.; incluso algunos dependen de la naturaleza como la nieve, hielo sobre la carpeta, lluvia, etc.

El coeficiente de fricción está en función de la velocidad y cantidad de agua que exista en el pavimento, además del tipo y estado del pavimento.

Otra falla común que también se califica dentro de ésta evaluación es la conocida como rodera, se define como los deterioros que se presentan en la superficie de rodamiento, los cuales se identifican por hundimiento o marcas generadas por los ejes vehiculares.

Para el Sistema Nacional de Autopistas de Cuota, los valores de Profundidad de Roderas (PR) normativos de aceptación y rechazo son:

- Intervalo de aceptación $0 < PR < 10$ [mm].
- Intervalo de rechazo $PR > 10$ [mm].

Cuando la Profundidad de Roderas está en el primer intervalo se hace una renivelación para restituir el índice de servicio, pero si se encuentra en el segundo intervalo entonces esto muestra una probable falla estructural del pavimento (capas inferiores), como en base, sub-base, etc.

Por consecuencia se realiza un estudio para determinar posibles rehabilitación o reconstrucción del pavimento.

4. CONSERVACIÓN

En este capítulo se describen los tipos de conservación rutinaria y periódica.

Las carreteras están proyectadas y construidas para un determinado número de años, a este periodo se le conoce como horizonte de proyecto o vida útil de la obra. Al concluir este tiempo generalmente son abandonadas, rescatadas o reconstruidas con el objeto de que aumente el servicio. Al estar en operación la obra se va desgastando poco a poco y presenta diferencia en las condiciones de servicio conforme avanza el tiempo, estos cambios son conocidos como deterioros y se presentan conforme avanza la edad de la misma, al principio son pequeños pero conforme pasa el tiempo, las condiciones climáticas y el mismo uso hacen que estos sean mayores y en algún momento generen una falla en la vía, por lo mismo estas requieren de una conservación, para poder asegurar por lo menos la vida útil de la obra y así lograr un servicio adecuado.

El deterioro que se presenta en la carpeta de rodamiento tiene una escala de calificaciones que va del valor 1 al 5, a esta escala se le conoce como índice de servicio, en general cuando es entregada una obra finalizada este índice está entre 4,0 y 4,5, la cual disminuye con el paso del tiempo. Cuando los caminos llegan a estar en un valor de 2,0 ésta empieza a tener problemas de tránsito, la comodidad de viaje llega al punto mínimo, la seguridad también se ve afectada, en este momento la obra llega a la falla funcional, si continua en servicio el camino entonces llega a una falla estructural y ya es muy difícil el tránsito sobre esta obra.

Puede ser que ni siquiera pase a una falla funcional y se vea directamente la falla estructural, esto se debe a que los materiales utilizados no fueron los adecuados con la calidad requerida, el estudio de tránsito no se pronosticó de manera correcta y una obra puede estar destruida incluso antes de que cumpla con su vida útil.

Para evitar cualquiera de estos problemas lo que se recomienda es que al momento de que una autopista llegue a una calificación de 2,5 ésta se debe de rehabilitar y para tener un incremento en su vida útil que proyectará.

Al construirse una carretera se debe de tener antes un estudio de tránsito, el cual sirve para saber año con año los índices de servicio, con esto se puede trazar una curva con la que se puede conocer el tiempo en que la vía llegará a la falla estructural pero se puede dar conservación a una carretera en varias ocasiones, hasta que llegará un momento en que se necesite hacer una reconstrucción ya que la estructura se encontrará muy dañada.

4.1. Trabajos de Conservación rutinaria

1. PAVIMENTOS.

Limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos. Es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie de rodamiento y los acotamientos, el propósito es eliminar cualquier objeto extraño que afecte el tránsito, la comodidad y la seguridad de los usuarios.



Sellado de grietas aisladas en carpetas asfálticas. Sellar las grietas de hasta 1 [cm] de abertura, que se manifiestan de manera aislada con el propósito de evitar que entren cuerpos extraños y de agua proveniente de escurrimientos superficiales hacia las capas superficiales evitando que se pierda resistencia.



Bacheo superficial y profundo aislado. Reposición de una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración de los agregados en zonas localizadas y pequeñas.



2.- DRENAJE Y SUBDREN.

Son las actividades que se hacen para retirar cualquier tipo de material que obstruya el flujo de agua, estos materiales pueden ser azolve, tierra, vegetación, basura, fragmentos de roca, etc., con el propósito de restituir la capacidad y eficiencia hidráulica.

El equipo que se utiliza para realizar estos trabajos son los siguientes:

Esta limpieza se efectúa de manera habitual, generalmente antes de la época de lluvias o cuando el azolve llene la tercera parte de su profundidad. Cuando la autopista esta en operación estos trabajos se realizarán en los horarios en donde el tránsito sea menor y así afectar lo menos posible al tráfico.

Cuando los materiales sólidos como suelo, fragmentos de roca, ramas de árboles, pedazos de madera, basura u otros objetos que no puedan ser removidos con barredoras o motoconformadora se retiran con palas o por pepena, se acumularán en almacenamientos temporales o se cargaran directamente al camión, con tal de que este material no vuelva a interferir en la capacidad y eficiencia hidráulica.

Los elementos a los que se le da esta limpieza son:

- Cunetas y Contracunetas
- Canales
- Alcantarillas
- Colectores
- Lavaderos
- Registros
- Subdrenes
- Vados

- Obras especiales de control y protección

3. PUENTES Y ESTRUCTURAS.

Limpieza de juntas de dilatación. Se retiran suelos, vegetación, basura y material que se acumule en las juntas de los puentes, con el objeto de evitar que se generen esfuerzos que produzcan grietas y fisuras.



Limpieza de parapetos, banquetas y camellones. Se retira la vegetación, basura, fragmentos de roca y todo el material que se acumule en estos elementos.



Limpieza de drenes. El propósito es quitar azolve y todo material que se acumule en estos elementos con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica, esto tiene por objeto evitar encharcamientos en la superficie de rodadura así como la formación de humedades que provoquen el deterioro de los elementos de la superestructura. Los drenes a limpiar son: drenes de piso, drenes de tubo y drenes pluviales.



Limpieza de estribos, pilas, columnas y aleros. Retirar la vegetación, basura, fragmentos de roca, y todo material que se acumule en la estructura, esta limpieza incluye el cuerpo de los elementos, coronas y los dispositivos de apoyo.

4. TÚNELES.

Impermeabilización de revestimientos. La finalidad es obturar las porosidades y fisuras que se presentan en el revestimiento de un túnel, ya sean por defecto de colado o de consolidación del concreto hidráulico, por esfuerzos de tensión o en juntas frías, para evitar las humedades ya sean por escurrimiento en los poros del revestimiento que se observan como manchas de diferente tonalidad, filtración ligeras que aparecen como zonas brillosas en la superficie y por el flujo de agua del subsuelo hacia el interior del túnel.

Limpieza de paredes y bóvedas. Retirar el hollín, grasa, polvo, material vegetal y todo el material que se acumule en las paredes y bóvedas en el túnel, con la finalidad de mantenerlos limpios o para que éstos reciban algún tratamiento, recubrimiento o pintura.

5. SEÑALAMIENTOS Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.

Reposición de marcas en el pavimento. Se reponen las marcas de señalamientos sobre la carpeta de rodamiento, esto para mantener la carretera en condiciones óptimas de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.



Estas marcas son rayas, símbolos o letras aplicados con pintura normal, termoplástica o especial que están hechas con materiales plásticos preformados y adheridos al pavimento.

Reposición de marcas en quarniciones. Es la reposición de las marcas de señalamientos sobre la carpeta de rodamiento, esto para mantener la carretera en condiciones óptimas de seguridad en lo que a señalamiento se refiere. Estas se delinean tanto de la cara horizontal como de la vertical utilizando generalmente pintura normal.

Reposición de marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura.

Reposición de las marcas de señalamientos en estructuras y objetos adyacentes, esto para mantener la carretera en condiciones óptimas de seguridad en lo que a señalamiento se refiere. Estas se delinear pintando su cara normal al tránsito utilizando generalmente pintura normal.

Limpieza de vialetas, botones y señales verticales. Se realiza para eliminar todo el material que se acumule en las vialetas y botones, con el fin de que se restaure la visibilidad y la capacidad de autorreflexión.



Limpieza de defensas y barreras centrales. Remoción de todo el material que se acumule en estos elementos.



Reposición de vialetas para defensas y barreras centrales. Reposición de estos elementos cuando hayan perdido su capacidad de retroreflexión o que hayan sufrido algún daño por el cual ya no tengan el desempeño que debe, con el fin de que las condiciones de la carretera sean las óptimas en lo que a señalamiento se refiere.



Instalación de señalamientos y dispositivos para protección en obras de conservación. Son las marcas, señales verticales y dispositivos que son colocados de manera temporal, con el fin de garantizar la integridad de los usuarios.



4.2. Trabajos de Conservación periódica.

Es el conjunto de actividades que se realizan para reparar diferentes fallas con el fin de restituir las condiciones originales de los siguientes elementos:

1. PAVIMENTOS.

Renivelaciones locales. Son los trabajos en la superficie de rodamiento de un pavimento asfáltico para corregir deformaciones permanentes, tales como roderas, depresiones y corrugaciones, con el propósito de restablecer las características geométricas, de drenaje superficial, de seguridad y comodidad. Esta renivelación se realiza con mezcla asfáltica en frío o en caliente. Para que se pueda realizar esta renivelación en la superficie de rodadura, no debe de existir insuficiencia estructural y las deformaciones máximas deben estar en el rango de uno 1 [cm] a cinco 5 [cm]., medidas con una regla rígida de tres 3 [m], colocada en cualquier dirección, no debe presentar agrietamientos por fatiga, ya que se reflejarían en la superficie corregida.



Carpeta de un riego. Es la aplicación de un material asfáltico y una capa de material pétreo triturado, de una composición granulométrica determinada, a esto se le conoce como riego, el fin de esto es restablecer o mejorar las características de resistencia al derrapamiento y aumentar la seguridad en la superficie de rodamiento. Pueden ser o no premezcladas.



Carpetas de granulometría abierta. Es el tendido y compactación de una mezcla elaborada en caliente de cemento asfáltico y materiales pétreos de granulometría uniforme, con bajo contenido de finos y alto porcentaje de vacíos, con la finalidad de que el agua que proviene de la lluvia sea desplazada por las llantas de los automóviles, con lo cual aumenta la fricción de las llantas con la superficie, se minimiza el acuaplaneo, se reduce la cantidad de agua que se impulsa sobre los vehículos, y se mejora la visibilidad de los señalamientos horizontales, restableciendo o mejorando las características de comodidad y seguridad de la superficie.

Carpetas de mortero asfáltico. Se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla elaborada generalmente en frío, de emulsión asfáltica y materiales pétreos de granulometría fina, con el fin de restablecer o mejorar las características de resistencia al derrapamiento y seguridad, además de evitar desprendimientos menores. Generalmente son carpetas muy delgadas de aproximadamente 1 [cm] de espesor.

Carpeta asfáltica de granulometría densa. Se realizan mediante el tendido de y compactación de una mezcla elaborada en caliente, de cemento asfáltico con o sin modificación y, con granulometría densa, esto se hace para reforzar la estructura de pavimento, restablecer y mejorar la seguridad y comodidad. En el caso de las mezclas en frío éste material puede ser rebajado con solventes o en emulsión.

Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos. Esta se realiza con la fresadora para eliminar deformaciones superficiales producidas por una mala construcción o por el tránsito diario, con el fin de mejorar las características de comodidad y fricción de la capa de rodadura.



Recorte de carpetas asfálticas. Remoción de la carpeta por medios mecánicos, con la profundidad, ancho y sección requeridos por el proyecto, para así reponer la carpeta y la capa de rodadura.



Recuperación en caliente de la carpeta asfáltica. Es la desintegración superficial de la carpeta por medio mecánico, aplicando calor y se remezcla el material recuperado con material pétreo nuevo, materiales asfálticos, cal, cemento portland u otros; se tiende y se compacta esta mezcla y se forma una carpeta nueva.

2.- DRENAJE Y SUBDREN.

Reparación de cunetas, contracunetas y canales. Es la acción de cambiar o rehabilitar estos elementos con el fin de optimizar el encauce del agua en la carretera.



Reparación de alcantarillas y colectores. Es la rehabilitación de los elementos para garantizar el correcto flujo del agua en la carretera.



Reparación de lavaderos. Es el cambio o reparación de estos elementos de la carretera para optimizar el cauce del agua evitando que existan fallas por causa del agua.

Reposición de bordillos y reparación de guarniciones. Es la rehabilitación de estos elementos de la carretera, con el fin de garantizar la seguridad de los usuarios.

Reparación de registros. Es el cambio o reposición de estos elementos que se encuentren dañados o faltantes, tratando de garantizar o mejorar la seguridad de los usuarios.

Reparación aislada de subdrenes y geodrenes. Son las acciones que se realizan para mejorar las condiciones de estos elementos y garantizar el flujo correcto del agua en la carretera.

3.- PUENTES Y ESTRUCTURAS

Calafateo de fisuras. Sellado de fisuras de hasta 0.3 [mm] de grosor que se encuentren en los elementos estructurales de concreto, mediante productos especiales, con el fin de que el acero no entre en contacto con el agua y así evitar su deterioro y degradación.



Reparación de grietas. Sellado de fisuras mayores de 0.3 [mm] de grosor que se encuentren en los elementos estructurales de concreto, mediante productos especiales, con el fin de que el acero no entre en contacto con el agua y así evitar su deterioro y degradación.



Reparación y resanes en elementos de concreto. Restitución de los elementos de estructuras de concreto hidráulico deteriorado, ya sea por impactos, corrosión, concreto deficiente, degradación del concreto, entre otros. Esta restitución se puede hacer mediante resane o reparación de la sección.

Reposición del sello en juntas de dilatación. Reposición parcial o completa de sello en las juntas, con el fin de que no entre ningún cuerpo extraño y agua, además de que da libertad de movimiento cuando hay cambio de temperatura evitando su degradación y deterioro.

Reparación de parapetos y banquetas. Esto se realiza para reponer o reparar parcial o totalmente estos elementos, provocados por impactos o por corrosión en sus elementos metálicos, el propósito es restituir las condiciones originales de los mismos.

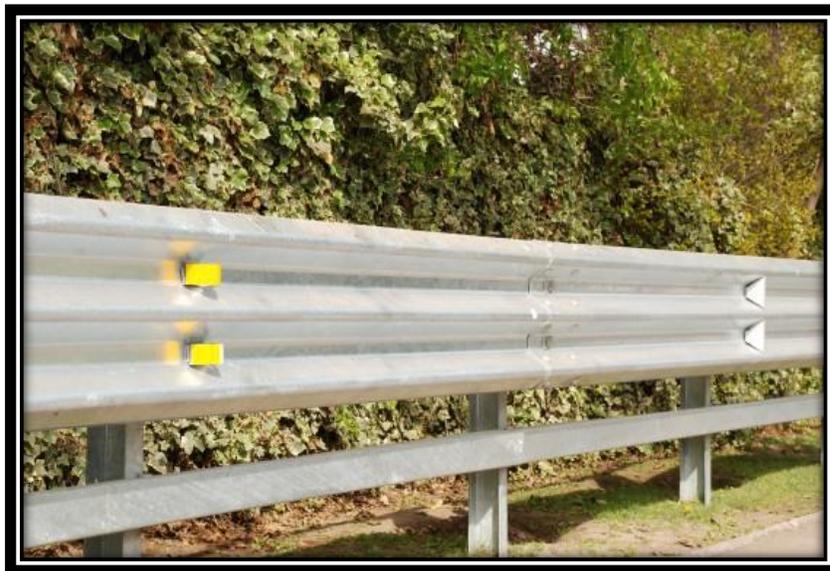
4.- TÚNELES

Relleno de oquedades. Es la colocación de un aglutinante entre el terreno natural y las cavidades subterráneas, inyectándolo o colado en sitio, con el objeto de rellenar oquedades y evitar el aflojamiento en el terreno o concentraciones de carga desfavorables y para el control de filtraciones.

Reposición de drenes longitudinales. Es la sustitución de los tramos de tubería que se encuentren en mal estado, con el fin de restituir las condiciones originales de un túnel carretero.

5.-SEÑALAMIENTOS

Reposición parcial de defensas. Es el cambio de las defensas que se encuentren en mal estado, ya sea por accidentes, corrosión o efectos del clima, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.



Reparación de barreras centrales de concreto hidráulico. Son las reposiciones o rehabilitaciones de estas barreras, ya sea total o parcialmente que presenten daños o deterioros con la finalidad de restituir sus condiciones originales.



Reposición aislada de vialetas y botones. Es la reposición de estos elementos ya que se encuentran dañados o faltan algunos por desprendimiento o accidentes, esto para aumentar la seguridad y lograr las mejores condiciones.

Reposición aislada de señales verticales. Es el cambio de las señales verticales cuando estas perdieron la capacidad de retroreflexión o han sufrido daños, la finalidad de esto es que la seguridad sea la óptima.

Reposición y reparación de reglas y tubos guía para vados. Restitución de estos elementos ya que han sufrido algún daño o que falten, la finalidad de esto es volver a tener las condiciones funcionales originales de la autopista.

Reposición de indicadores de alineamiento. Cambiar los elementos que ya han perdido su característica de retroreflexión o han sufrido algún daño, con la finalidad de mantener las condiciones de seguridad que debe tener una autopista.

4.3. Trabajos de Conservación en la Corona.

4.3.1. Grietas

Las grietas son manifestaciones frecuentes de fallas, se pueden originar por cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los materiales subyacentes utilizados para su construcción. En estas fallas es muy difícil decir o dar un valor numérico de cuando se deba corregir mediante las labores de conservación o hacer una reconstrucción, se establece que cuando se presenten agrietamientos en el pavimento se debe proceder a su relleno o corrección, para evitar que la falla sea mayor y se presenten deterioros mayores, sin importar que se hagan los estudios pertinentes para encontrar y eliminar las causas que los generan.

Los procedimientos para efectuar las correcciones de las grietas es diferente, ya que depende de del tipo y magnitud de las mismas.



1.- Grietas aisladas cuya profundidad no pase el espesor de la capa-base, el procedimiento de corrección es:

- Cuando la grieta sea menor o igual a 3 mm, esta se rellenará con un producto asfáltico cuya fluidez garantice la penetración. Generalmente se usan asfaltos rebajados de fraguado rápido.
- Cuando la grieta sea mayor a 3 mm, esta se rellenará con una mezcla de arena y un producto asfáltico que garantice la penetración en la grieta, o bien capas alternadas de arena y producto asfáltico, cuidando que la última capa sea de asfalto.
- Al terminar de rellenarse la grieta, lo que sobra de producto asfáltico se deberá extender sobre el nivel de la carpeta.

2.- Grietas aisladas cuya profundidad alcance o llegue a las capas de sub-base o a las terracerías. En este caso se debe de estudiar que causa esas fallas para poder definir la solución y los procedimientos de reparación que sean más adecuados. En general para reparar estas fallas se abre un hueco en **forma de caja rectangular** con las dimensiones **mínimas** para poder trabajar, con profundidad mayor al de la grieta y rellenar de la misma forma.

3.- Grietas abundantes en carpeta firme, estas no se pueden rellenar individualmente, ya que son muy numerosas y se llevaría mucho tiempo, por lo que se debe de reparar la carpeta con un tratamiento general de la superficie de rodamiento, tomando en cuenta lo siguiente:

- Si las grietas son de un espesor menor a 3 [mm] y la base se encuentra en buen estado entonces se puede realizar un tratamiento superficial con riego de sello o mortero asfáltico.

- Si las grietas son mayores a 3 [mm] y la base está en buen estado entonces se programa una reconstrucción de la superficie de rodamiento, siendo una carpeta nueva o se hace una sobrecarpeta.

4.- Agrietado abundante, con porciones de carpeta suelta, la base en buen estado y sin deformaciones permanentes. En estas fallas se tienen dos casos:

- Cuando las grietas se presentan en zonas aisladas, se remueve en dichas zonas y se procede a la reparación como bacheo o renivelación.
- Cuando la zona presenta un daño mayor al 50% del área total de la superficie de rodamiento, se procede a remover toda la carpeta asfáltica y se construye una nueva.

5.- Grietas paralelas acompañadas de deformaciones, este tipo de grietas se producen en las capas inferiores adyacentes a la carpeta de rodamiento, por lo cual para poder hacer una reconstrucción de ésta habrá que hacer los estudios en cada capa y determinar la causa de la falla y suprimirla. Tomando en cuenta que no se puede hacer una nueva carpeta o una sobrecarpeta ya que las fallas no son totalmente de esta carpeta.

4.3.2. Renivelación.

Son las labores que se realizan para reponer porciones de la superficie de rodamiento que han sufrido deformaciones o desplazamientos en su nivel original. Las acciones para reparar estas fallas son las siguientes:

- Cuando se tienen deformaciones de 1 a 3 cm estas se pueden corregir usando algún sistema de riego.

Cuando las deformaciones tengan más de 3 [cm] entonces se corregirán utilizando mezclas asfálticas de la siguiente manera:

- Las zonas por renivelar tendrán que estar libres de cualquier tipo de contaminante como tierra, hierba, basura, desechos de animales u otros.
- Se debe definir y marcar la zona a renivelar, tratando de seguir el perímetro que abarque la totalidad de la zona de falla.
- Ya definida el área se procede a hacer un cajón de 5 [cm] de ancho y espesor, con la finalidad de que los espesores en cualquier parte de la corrección sea el mismo y evitando que la mezcla se corra fuera del cajón.
- Se dará un riego de liga con el tipo de producto asfáltico y temperatura adecuada de tal forma que el asfalto debe cubrir uniforme y totalmente el área a reparar, la dosificación debe impregnarse de forma homogénea y teniendo una adhesión perfecta sin producir exceso de asfalto en la superficie, se debe dar un tiempo para el fraguado y evitar que quede solvente y que este provoque deslizamiento.
- La mezcla asfáltica debe cumplir con las especificaciones de materiales para carpeta o bases, se debe variar el tamaño del material pétreo de acuerdo con el espesor de la carpeta pero sin exceder del 40% de ella. Si la profundidad de asentamiento excede 7 [cm] de esta deberá rellenarse en dos o más capas y la capa superficial puede ser de hasta 6 [cm] de espesor y las inferiores un máximo de 10 [cm].
- Las capas se aplanan de las orillas al centro con aplanadoras o con rodillos, el pisón de mano solo se usa en renivelaciones poco profundas y que no sea mayor a 4 [m²] de superficie, jamás se deberá dejar una renivelación al tránsito sin antes hacer la debida compactación.
- Deberá sellarse la zona renivelada en un lapso no mayor a 1 mes, siguiendo los pasos necesarios.

4.3.3. Bacheo.

Cuando se desprenden partes de la superficie de rodamiento se le conoce como bache, para esto se debe seguir una serie de labores para poder reponer esa porción de

superficie que ha sido destruida y removida por la acción del tránsito, estas porciones generalmente se conocen como calaveras o baches, esto depende del tamaño del daño, el limite son 15 [cm] ya sea superior o inferior a este valor.



- Calaveras. En el momento en que se empiezan a presentar calaveras en el pavimento es cuando nos damos cuenta que hay fallas en la superficie de rodamiento y se deberá considerar su relleno y, solo se podrá considerar solución definitiva si están muy aisladas estas fallas. Cuando este tipo de fallas se presentan a cada 10 [m] o si se ve que se incrementan al doble en un lapso de 3 meses será necesario hacer un estudio de dichas fallas para programar la reconstrucción a la brevedad. Estas reparaciones se deben hacer con bastante anticipación para evitar que el problema se haga mayor.

Las calaveras deben de atenderse de manera rápida para evitar que se convierta en bache, y origine un costo mayor de reparación y evitar un detrimento al tránsito. El procedimiento de reconstrucción es el siguiente:

La zona a reparar debe estar limpia de cualquier materia extraña y removerse de la superficie de rodamiento, la zona a reparar debe de estar seca, se dará una un riego de liga con productos asfálticos, la calavera se rellenara con una mezcla asfáltica con

material pétreo de tamaño no mayor al 40% de la profundidad, se compacta con pisón o rodillo ligero pero sin dejar de hacer la compactación adecuada antes de dejar libre paso al tránsito.

- Baches. Cuando estas fallas se presenten del orden de 1 o 2 por cada 20 [m], se deberá de iniciar el estudio correspondiente e iniciar la reconstrucción de manera que se efectúe oportunamente, para evitar que la falla sea de mayores consecuencias.



La zona debe de estar libre de material extraño, se define y marca el área a reparar, cuidando que esta sea rectangular y que dos lados sean perpendiculares al eje del camino, se excavará hasta llegar a la profundidad necesaria para remover todo el material alterado que contenga agua o arcilla, si es necesario ampliar la zona de excavación esta deberá tener las mismas características de ser rectangular y con dos lados paralelos al eje, con las paredes los mas vertical posible y remover el material suelto. En caso de que los baches sean muy profundos, mayores a 40 [cm] entonces el ancho mínimo será de 60 [cm].



El bacheo se efectuará con mezcla asfáltica, y si la profundidad es mayor a 7 [cm] se rellenara en capas y la capa superficial tendrá entre 4 y 6 [cm] de espesor, las capas inferiores máximo de 10 [cm]; antes de iniciar el relleno se debe dar un riego de liga en las paredes y el piso, las capas deben compactarse con pisón de mano o rodillo ligero, sin dejar el paso de tránsito con la debida compactación.



4.3.4. Riego de liga.

Es la aplicación de un material asfáltico que es cubierta con material pétreo para impermeabilizar el pavimento y darle protección al desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.



En superficies que no excedan $60[m^2]$ que cubra baches, agrietamientos y renivelaciones se podrán aplicar a mano el producto asfáltico y el material pétreo, en cambio si son áreas menores a $6000[m^2]$ continuos el material puede extenderse a mano y su utiliza una petrolizadora para dar el riego de producto asfáltico. Se tiene que cuidar mucho el material no importando si son bacheos pequeños o renivelaciones grandes tratar que no contengan polvo para evitar alguna falla posterior.



Si sobre pasa de 6000[m²] continuos las fallas entonces se deben hacer los estudios en los cuales se definan las fallas programando una reconstrucción haciéndola en el menor tiempo para evitar que se haga mayor el problema y evitar un costo mayor.

4.3.5. Rastreos y recargueos.

Se llama así al reacomodo del material de la capa superficial de un camino con superficie de rodamiento revestida o terracerías, que da las condiciones originales a la sección transversal siendo necesario efectuar recargueos de material correspondientes.



Estos trabajos se deben hacer mínimo cada 6 meses preferentemente antes de la época de lluvia o después para evitar que surjan fallas, para que la sección transversal mantenga el bombeo o la sobre-elevación adecuada, permitiendo una escurrimiento del agua superficial, evitar que la superficie tenga ondulaciones o depresiones y que garantice la transitabilidad del camino aun en época de lluvias.

Antes de iniciar los trabajos de rastreo, habrá que verificar que no se hayan producido fallas como baches, asentamientos, deformaciones y, en caso de que la capa superficial ya esté muy delgada deberá de efectuarse un recargue de material.



Una vez efectuado el recargue del material se procederá al rastreo, para efectuar este trabajo es necesario que este húmedo el material si no está suficientemente húmedo entonces deberá de añadirse el agua necesaria, se debe especificar el grosor de la capa superficial antes de tender la nueva para evitar encarpetamientos, al termino del tendido preferentemente se hará una compactación, si no se tiene el equipo para esto entonces se efectuará un rastreo y/o recargueo y dejar la capa sin compactar para el tránsito vehicular.



Si después de analizar y llegar a la conclusión de que no se necesita hacer recargue, el rastreo consiste en hacer rebajes en las partes salientes para rellenar las depresiones con ese material, si se considera necesario se hará un riego con agua dejando que penetre y se compacte el material flojo.



CONCLUSIONES

Las carreteras que se tienen actualmente son de mucha importancia y se ha visto que si se cuenta con una infraestructura adecuada, el país es más productivo, ya que por éstas se mueve un porcentaje muy alto de productos y de personas, por lo que si se tienen en óptimas condiciones, los gastos tanto para los usuarios como para las dependencias que les darán este servicio será mucho menor y tendrán una vida económica mayor.

En estos días la conservación en las carreteras concesionadas se realiza con mayor conciencia debido a que las empresas están obligadas a mantenerlas en óptimas condiciones; si no la realizan la Institución encargada de supervisar esos trabajos tienen la obligación de multarlas por no tener en las éstas condiciones las carreteras, la conservación que se debe hacer a cada una de ellas debe de ser muy estricta, ya que al término del contrato pasa a ser propiedad del gobierno por lo que éste debe de llevar un control de estos trabajos para no recibir una obra en malas condiciones, por lo que sí está en malas condiciones en vez de hacer una conservación se tendrá que hacer una reconstrucción, y esto es mucho más costoso. El gobierno les da una conservación mínima ya que el presupuesto designado no es el suficiente para poder mantener todas las carreteras del país.

Nuestra infraestructura se ve deteriorada por muchas causas las principales son:

- Por una mala conservación
- Porque los materiales con las que están construidas o con los que se le da mantenimiento están por debajo de las normas de calidad
- Porque los transportistas llevan una carga mayor a la que está estipulado deben de ir
- Por accidentes en las mismas, etc.
- Por condiciones climáticas extremas

La conservación de estas se debe de realizar a conciencia, por gente calificada que tiene mucha experiencia, ya que en el reconocimiento de fallas en muchas ocasiones la experiencia es la que determina que grado es el tipo de conservación que necesitan las fallas. Éste es un error que aún se comete en las inspecciones visuales, ya que no se cuenta con personal calificado para realizar esta tarea.

RECOMENDACIONES

Mis recomendaciones son las siguientes:

- Hacer un programa el cual se lleve a cabo dependiendo de las temporadas donde gracias a estudios y dependiendo de el tipo de carga, el transito, el clima y agentes que cambien o aceleren el desgaste de las carreteras.
- Tener mas dispositivos en las carreteras para evitar que los transportistas lleven cargas mayores a las de diseño.
- Ser mas estrictos con los materiales que se usan en los trabajos que se realicen para el mejoramiento de éstas.
- Tener personal calificado para realizar inspecciones visuales.
- Dar prioridad a las carreteras existentes, ya que en su momento es más fácil construir una nueva que está casi paralela a la que esta dañada.
- Tener conciencia de que si invertimos en algo y lo conservamos durará mayor tiempo y a la larga será mas barato.

BIBLIOGRAFIA

- Normas, Instituto Mexicano del Transporte (IMT), 2008, México D.F.
- Página de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, www.sct.gob.mx
- Ing. Gustavo Rivera E. 1997. **Reciclado de Pavimentos en frío**. Alfa Omega.
- A. T. Papagiannakis 2007. **Pavement Design and Materials**. John Wiley.
- Luis E. Bracamontes S/A. **Historia de las juntas locales de caminos**. IMT.
- Oglesby S/A. **Ingeniería de Carreteras**. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Nai C. Yang 1972. **Design of functional Pavement**. Mc Graw Hill.
- L'Herminer R. 1968. **Mecánica de suelo y dimensionamiento de firmes**. Blume.
- Fernando Olivera Bustamante 1999. **Estructuración de Vías Terrestres**. CECSA.
- Marcelino Conesa Lucerga y Alfredo García García 1987. **Diseño Geométrico de Carreteras**. Publicaciones Servicio.
- Nicholas J. Garber y Lester A. Hoel 2006. **Ingeniería de Tránsito y Carreteras**. Thomson.
- Paul H. Wright 1993. **Ingeniería de Carreteras**. LIMUSA.

- Carlos Crespo Villaluz 2005. **Vías de Comunicación.** LIMUSA.
- Alfonso Rico Rodríguez 1978. **La Ingeniería de suelo en las Vías Terrestres Vol. II.** LIMUSA.
- Nicolás Plasencia S/A. **Conservación y Pavimentos.** CICM
- Fred L. Mannering 1998. **Principles of highway Engineering and Traffic Analysis.** John Wiley.

GLOSARIO

Acotamiento. Son los carriles que se encuentran a la orilla de la carretera y a los hombros.

Acuaplaneo. Es cuando un vehículo transita por una carretera a cierta velocidad y se encuentra mojada la superficie de rodamiento, existe una delgada película de agua entre la llanta y la superficie de rodamiento no tiene contacto una con otra y se pierde el control del vehículo.

Agregado. Son partículas de diferentes diámetros que son los cuales son utilizados para hacer el concreto asfáltico.

Alcantarilla. Es un elemento destinado para evacuar las aguas residuales, lluvia o de cualquier otro tipo.

Aleros. Son los elementos que encausan el flujo de agua, están contruidos de concreto.

Azolve. Son los depósitos de sedimentos transportados por el agua, en los canales.

Banqueta. Faja para el uso de peatones.

Barrera central. Es una muralla generalmente de concreto, su función principal es dividir los carriles de un sentido y otro y evitar accidentes.

Base asfáltica. Compuesto por una base y un pavimento asfáltico el cual está constituido por una capa intermedia y una de rodadura.

Base hidráulica. Es el conjunto de capas de mezclas asfálticas.

Berma. Es un espacio llano, cornisa o barrera que su función principal es separar dos zonas.

Betún asfáltico. Es la combinación de algunos químicos con el asfalto para lograr el material con las necesidades requeridas.

Bombeo. Es la pendiente que se da a ambos lados de la corona hacia la rasante.

Brecha. Es un camino no pavimentado por el cual pasa un tránsito muy bajo y es solo local, comunica a pequeños poblados.

Caído. Es cuando se presentan desprendimientos en los taludes, ya sea por exceso de humedad o por falla geológica.

Calafateo. Es la acción de tapar las juntas, para evitar la entrada de agua y provocar una mayor falla.

Calavera. Es una falla en forma de cajete, una de las fallas más frecuentes y que debe ser reparada de forma casi inmediata.

Calzada. Es donde transitan los vehículos, es la parte que notamos más al circular por una carretera.

Camellón. Son los elementos divisorios de los carriles de tránsito de uno y otro sentido.

Canal. Es una construcción destinada a la conducción del agua, esta puede ser natural o artificial.

Carpeta. Parte superior del pavimento que proporciona la superficie de rodamiento.

Carretera. Vía de circulación de automóviles y vehículos de carga, tiene un volumen de circulación considerablemente grande.

Cavidad. Hueco que se presenta o se forma dentro de una de las partes que componen la carretera.

Colector. Es un tramo de alcantarillado que conecta diversos ramales para la evacuación apropiada de aguas residuales.

Columna. Es un soporte vertical de gran altura con respecto a su sección transversal.

Compactación. Es la acción de comprimir el terreno hasta llegar al grado que se requiera.

Concreto hidráulico. Es una mezcla de cemento (silicatos de calcio y aluminio), grava y arena, al cual hay que agregarle agua y se deposita sobre un armado reforzado de barras de acero (varillas) la cual se endurece como roca y en estos tiempos es usado para hacer carreteras.

Conservación. Son las actividades que se realizan para mantener en óptimas condiciones una carretera.

Construcción. Es todo aquello que exige, antes de hacerse, tener o disponer de un proyecto y una planificación. En la Ingeniería es la técnica de fabricar infraestructura.

Contracuneta. Zanja construida para el escurrimiento superficial del terreno natural.

Corona. Es la línea del camino terminado, esta es la que se encuentra entre los hombros del camino.

Corrosión. Es el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno, es decir, es la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna.

Corrugación. Es el diseño especial para construir elementos estructurales, que presentan resaltos o corrugas que mejoran la adherencia y está dotado de una gran ductilidad que permite a la hora de doblar o cortar no tenga daños.

Cota. Numero con que se indica en un plano las dimensiones de una figura.

Cuneta. Zanja a los lados de la corona contigua a los hombros para recibir el agua que escurre por la corona y los taludes de corte.

Defensas. Son las barreras metálicas que se encuentran en las orillas para aviso de una curva muy prolongada.

Deformación. Son fallas en las cuales cambia la forma natural de los elementos.

Depresión. Es un término para designar la zona del relieve situada a un nivel inferior que la superficie que está a lado.

Derrapamiento. Es la acción de derrapar, cuando un automóvil pierde la estabilidad del auto y éste empieza a hacer movimientos bruscos.

Desecación. Es el proceso de formación de grietas poligonales en el suelo compacto al perder agua y la humedad.

Desgaste. Es la erosión de material sufrida por una superficie sólida por acción de otra superficie. Está relacionado con las interacciones entre superficies y más específicamente con la eliminación de material de una superficie como resultado de una acción mecánica

Desplazamiento. Es la longitud de la trayectoria comprendida entre la posición inicial y la posición final de un punto material.

Desprendimientos. Falla en la cual hay faltante del material y provoca hendiduras en la superficie.

Deterioro. Disminución de la vida útil de algún elemento que forma parte de la carretera.

Dosificación. Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen alguna mezcla como el concreto.

Drenaje. Es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos.

Emulsión. Es una mezcla de líquidos inmiscibles de manera más o menos homogénea.

Estructura. Es toda construcción destinada a soportar su propio peso y la presencia de acciones exteriores sin perder las condiciones de funcionalidad para las que fue concebida ésta.

Evaluación. Proceso en el cual se califica el estado en que se encuentran los elementos que componen una carretera.

Expansión Térmica. Es la acción que se presenta cuando hace calor y algunos materiales presentan esta expansión.

Explanación. Es la acción de nivelar o allanar un terreno.

Falla estructural. Cuando el elemento estructural no soporta los esfuerzos a los que se le somete, empieza a sufrir deformaciones hasta tal grado que ya no es capaz de mantenerse y falla.

Falla funcional. Cuando el elemento rebaza el tiempo de diseño es normal que el elemento falle, ya que se fatiga y sus condiciones cambian.

Falla. Son discontinuidades que surgen en los elementos al aplicar una carga mayor a la que puede soportar.

Fatiga. Esto se refiere a al fenómeno que surge por el esfuerzo.

Fisura. Son hendiduras que se presentan en los elementos después de que estos son puestos a cargas.

Fraguado. Es el endurecimiento de las mezclas que se usan para la construcción de infraestructuras y edificios.

Fresado. Consiste en el corte o arranque de material con una herramienta rotativa de varios filos, que son llamados dientes los cuales realizan esta acción.

Grado de compactación. Son los requerimientos de compactación en cada una de las capas que componen el terraplén.

Granulometría. Es la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria.

Granzón. Es un tipo de grava de menor diámetro que solo pasa determinada criba.

Gravilla. Producto de la trituración de una roca cuyos elementos tienen un grosor máximo de 25 [mm].

Guarnición. Elementos limitadores de la banquetta, camellones, isletas y delinea la orilla del pavimento.

Horizonte de proyecto. Es el tiempo o la vida útil que se le da a un proyecto para que este sea sustentable.

Infraestructura. Es la base material de la sociedad que determina la estructura social y el desarrollo y cambio social. Incluye las fuerzas productivas y las relaciones de producción.

Junta de dilatación. Es un elemento que permite los movimientos relativos entre dos partes de una estructura o entre la estructura y otras con las cuales trabaja.

Lavadero. Son canales que conducen y descargan el agua recolectada por los bordillos.

Ligante. Es un compuesto adhesivo que ligan o mantienen unidos dos elementos.

Malformación. Son fallas que surgen por defectos en los elementos de las capas que componen una carretera.

Mantenimiento. Son las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida

Oquedad. Espacio que en un cuerpo sólido queda vacío.

Parapeto. Es una pared o baranda que tiene como fin evitar caídas.

Pavimento flexible. Son aquellos cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él.

Pendiente transversal. Es una pendiente muy ligera que se la da a su eje.

Pepena. Son los trabajos de limpieza que se hacen por varias personas, así se les dice ya que van levantando toda la basura que se encuentre a los lados de la carretera.

Pila. Elemento estructural que forma parte de la cimentación para soportar las cargas que son transferidas de las capas superficiales.

Rasante. Es la línea que surge al proyectar sobre el plano vertical el desarrollo de la superficie de rodamiento.

Recargueo. Son los trabajos que se hacen a los lados de la carretera para evitar desprendimientos y deslaves por debajo de la carpeta.

Reconstrucción. Reparación que se hace de nuevo a una cosa destruida o en condiciones muy malas.

Rehabilitación. Reconstrucción y recuperación de vías y carreteras que se encuentran en condiciones malas y que no requieren una inversión muy grande.

Renivelación. Es el procedimiento mediante el cual se determina el desnivel existente entre dos o más planos de referencia.

Resane. Restaurar o reparar los daños o defectos de una superficie.

Retroreflexión. Acción de auto reflejar la luz en un elemento.

Rodera. Son deformaciones que se presentan en la carpeta asfáltica y son como canales que se hacen en donde circulan las llantas de los vehículos.

Rotura. Falla en la cual un elemento se rompe y se forman las grietas.

Sección transversal. Corte vertical normal al alineamiento horizontal, define las dimensiones de los elementos que conforman el camino.

Señal horizontal. Son todas las señales informativas, restrictivas, etc., que se pintan en la superficie de rodamiento.

Señal vertical. Son todas las señales informativas, restrictivas, etc., que están en los postes arriba de los automóviles.

Sobreelevación. Es la pendiente que se le da a la corona hacia el centro de la curva.

Subdrén. Son redes colectoras que permiten recolectar el agua subterránea.

Subcorona. Superficie que limita las capas superiores a las terracerías.

Subrasante. Se determina por el espesor de las capas de pavimento, determina el espesor de corte o de terraplén.

Subyacente. Es la línea que separa a la capa subyacente y la carpeta asfáltica.

Talud. Inclinación de los cortes en los caminos.

Terracerías. Son los cortes que se hacen para formar el camino hasta la sub-corona.

Terraplén. Es la tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.

Tongada. Son las capas o estratos en los que se apoya el cuerpo de terraplén.

Vado. Es una parte rebajada del bordillo en la vía pública. Espacio modificado en la acera que se destina al libre acceso de vehículos a locales o fincas situadas frente al mismo.

Vialeta. Las vialetas son dispositivos que tienen elementos retroreflejantes, dispuestos de tal forma que al inducir en ellos la luz proveniente de los faros de los vehículos se refleje hacia los ojos del conductor en forma de un haz luminoso. Se colocan sobre superficies de rodamiento con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas sobre la noche.

Vida útil. Es el tiempo que se le da a una obra para que esta sea sustentable.