

109  
2EJ

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



## MANTENIMIENTO DE VIAS TERRESTRES

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTA

**LUIS ALFONSO MONTFORT MAYORQUIN**

MEXICO, D. F.

1987



## **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 está 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.

## I N D I C E

## CAPITULO I

INTRODUCCION	7
--------------	---

## CAPITULO II

POTENCIAL DE LA INFRAESTRUCTURA EN MEXICO	8
---	---

AUTOTRANSPORTE FEDERAL	8
------------------------	---

FERROCARRILES	12
---------------	----

INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA	18
-------------------------------	----

PLAN DE DESARROLLO AEROPORTUASIO	19
----------------------------------	----

## CAPITULO III

IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	23
-------------------------------	----

## CAPITULO IV

PROBLEMAS TECNICOS	29
--------------------	----

SUBESTRUCTURA DEL CAMINO	29
--------------------------	----

OBRAS DE ARTE	40
---------------	----

PAVIMENTOS FLEXIBLES	48
----------------------	----

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	60
----------------------------	----

PAVIMENTOS RIGIDOS	69
--------------------	----

ASPECTOS GENERALES DE CONSERVACION EN VIAS FERREAS	77
--	----

CONSERVACION DE LA AUTOPISTA MEXICO-CUERNAVACA	83
--	----

PROGRAMA DE CONSERVACION	87
--------------------------	----

## CAPITULO V

CONCLUSIONES	116
--------------	-----

BIBLIOGRAFIA	119
--------------	-----

## INTRODUCCION

En el contexto nacional de desarrollo económico el progreso simultaneo de todos los sectores que integran la vida económica y social del país, requiere del cumplimiento de todos los programas de trabajo siendo de gran importancia la conservación de las vías terrestres de comunicación ya que éstas coadyuvan al desenvolvimiento integral y equilibrado del país, siendo el menor costo en los transportes y la mayor facilidad de acceso a los servicios, una forma eficaz de alcanzar una mejor distribución del ingreso nacional que implica elevar el nivel de vida de nuestro pueblo.

El conservar las obras existentes y modernizar las que lo ameriten asegurará su cabal y eficaz aprovechamiento manteniéndose así la infraestructura básica con que cuenta el país en materia de comunicación a fin de acelerar el desarrollo agrícola, industrial y comercial del país, teniendo en consideración el efectivo beneficio que proporcionan las vías terrestres en cuanto permiten el transporte rápido y adecuado de personas y bienes por la mayor parte del territorio nacional. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho esta tesis obedece al problema que enfrenta nuestro país en la conservación adecuada de las obras ya construidas, ya que a medida que nuestra red de caminos crece en longitud, y a medida que el tiempo que nos separa de la época en que se construyeron los primeros caminos, se va incrementando la densidad del tránsito y el peso de los vehículos, la conservación y la reparación de estas vías demandan mayores esfuerzos e inversiones. Un país que inicia su red caminera puede hasta cierto punto desentenderse de la conservación, por el contrario una nación que cuenta con una considerable red se dedica a conservarla y mejorarla ya que esta reclama una atención creciente.

## CAPITULO II.

### POTENCIAL DE LA INFRAESTRUCTURA EN MEXICO

Nuestro país no puede ni debe desligarse del contexto en que se mueven todos los países del planeta; las actividades sociales, políticas y económicas se rigen hoy en día a base de la comunicación, por lo que ha sido una preocupación creciente el integrar a todo el territorio nacional mediante una red de comunicación que cumpla con los requerimientos mínimos indispensables y que sea una plataforma de sustentación del desarrollo integral de todos los sectores que conforman nuestra nación.

Así pues se cuenta con una infraestructura de autotransporte federal de carga, ferrocarriles, aeroportuaria y aeronáutica civil que a continuación se describe brevemente.

#### AUTOTRANSPORTE FEDERAL

Se mueve por este medio aproximadamente el 80 % de la carga y el 98% del pasaje, su posibilidad de acceso a prácticamente cualquier parte y su flexibilidad de operación en comparación con otros medios de transporte lo hacen el más importante.

El autotransporte federal ha tenido un desarrollo acelerado a partir de los años cuarenta y para 1976 contaba con 16,797 unidades; sin embargo, enfrentó problemas de subutilización de los equipos generada por la simultaneidad de horarios e itinerarios.

Además, la ausencia de una racionalización ha impedido adecuar su capacidad a las variaciones de la demanda y ha alentado la preferencia por el automóvil.

A causa de la falta de coordinación entre autoridades estatales y federales se ha ocasionado un desarrollo desordenado de los servicios locales.

El programa de autotransporte federal se ha orientado a impulsar el transporte colectivo y contar con todo lo que implica para facilitar la coordinación multimodal; proveer la oferta del autotransporte en instalaciones comunes; aumentar la eficiencia operativa y la utilización de los equipos, así como el mejoramiento de los servicios auxiliares y conexos; fortalecer la vigilancia y la seguridad carretera mediante los programas de inspección técnica de vehículos, capacitación de operadores, campañas de seguridad vial y la extensión de los servicios de la medicina preventiva en el transporte.

Desde 1976 en el transporte público se experimentó un crecimiento promedio del 11.8% anual, manejándose en 1981 1,240 millones de pasajeros, interviniendo de manera relevante el autotransporte federal de pasajeros, que incrementó su participación del 96.7% en 1976 al 98.2% en 1981.

En consecuencia y con la ayuda determinante de acciones concretas, se han podido racionalizar las frecuencias y horarios en cada una de las rutas, haciéndolas coincidir con las necesidades de transportación. Ha

mejorando la calidad de la prestación del servicio, y el aprovechamiento de energéticos, al disminuir parcialmente el crecimiento de la utilización del automóvil como medio de transporte.

El tráfico de carga por vía terrestre, entre 1976 y 1981, se incrementó el 6% anual alcanzando un total de 381.5 millones de toneladas en 1981. El volumen transportado aumentó el 9% del tráfico previsto en 5 años, lo que permitió aumentar la participación del autotransporte federal - del 63% al 72.4% en 1981.

La racionalización del autotransporte público federal de carga, a través del acuerdo entre autoridades, usuarios y transportistas, ha permitido enfrentar más satisfactoriamente la creciente demanda de movilización de materias primas y productos terminados requerida por la actividad productiva nacional.

En el transporte carretero, el número de personas transportadas por -- cada mil asientos ofrecidos ascendió a 840 pasajeros en 1981, frente a 696 en años anteriores.

En el autotransporte de carga, la ocupación y el aprovechamiento de la -- flota vehicular del servicio público federal superó las expectativas, ob-- teniéndose en 1981 un nivel de 0.77 toneladas por cada tonelada de capa-- cidad ofrecida, contra las 0.71 toneladas programadas.

En 1984, y con una flota vehicular de 28,990 unidades, se transportaron 1,424 millones de pasajeros utilizando 77 terminales centrales.

Para 1988, de conformidad con el Plan Nacional de Desarrollo, se pretende que el autotransporte nacional esté en condiciones de movilizar sobre los 240,000 kilómetros de carreteras con que contará el país, cerca de 330 millones de toneladas de carga y 2,100 millones de pasajeros.

#### AUTO TRANSPORTE

##### FLOTA VEHICULAR DEL AUTOTRANSPORTE PUBLICO FEDERAL DE PASAJEROS.

<u>AÑO</u>	<u>No. DE VEHICULOS</u>
1976	16,800
1977	17,400
1978	18,600
1979	21,900
1980	24,900
1981	26,300
1982	27,600

##### FLOTA DEL AUTOTRANSPORTE PUBLICO FEDERAL DE CARGA

<u>AÑO</u>	<u>No. DE VEHICULOS</u>
1971	72,000
1976	103,400
1977	108,500
1978	115,900
1979	125,000
1980	141,900
1981	153,800
1982	167,800



**PASAJEROS TRANSPORTADOS  
POR EL AUTOTRANSPORTE  
PUBLICO FEDERAL**

<u>AÑO</u>	<u>No. DE PASAJEROS</u>
1976	700 000,000
1977	783 000,000
1978	836 000,000
1979	1,004 000,000
1980	1,151 000,000
1981	1,240 000,000
1982	1,267 000,000

**CARGA TRANSPORTADA POR  
EL AUTOTRANSPORTE PUBLICO FEDERAL**

<u>AÑO</u>	<u>No. DE TONELADAS</u>
1976	180 000,000
1977	189 000,000
1978	201 000,000
1979	224 000,000
1980	253 000,000
1981	276 000,000
1982	282 000,000

**FERROCARRILES**

En 1976 el sistema ferroviario mexicano estaba constituido por cinco entidades que operaban independientemente. Esto daba lugar al encarecimiento de la operación y a demoras en los puntos de conexión por las inspecciones en los intercambios; al desaprovechamiento de la fuerza tractiva y de los carros, así como de talleres e instalaciones para mantenimiento y la falta de coordinación en el movimiento de las mercancías y de los pasajeros.

La infraestructura ferroviaria, construida en su mayor parte a fines del siglo pasado y principios del actual y de tan solo 25,645 kilómetros, ha tenido limitaciones para mejorar y facilitar su desarrollo.

Debido tanto a sus características geométricas como al haber diferido la conservación de la vía y sustitución de rieles y durmientes desgastados y en mal estado, viéndose afectados los niveles de seguridad y capacidad de los trenes teniéndose un sistema de muy baja velocidad en el manejo de cargas.

Se ha demandado sin embargo, un importante esfuerzo de rehabilitación con el objeto de ampliar la capacidad de las líneas, puesto que existían tramos de la red de mayor densidad de tráfico en mal estado físico y con bajo calibre de riel.

Existen un gran número de puentes y alcantarillas de baja capacidad, así como numerosos puentes provisionales que por los avances en la fabricación de unidades más largas y de mayor peso, imponen bajas velocidades y riesgos a la operación, retardando el recorrido de los trenes. Las fuertes pendientes y grados de curvatura, la dimensión insuficiente de los laderos, la baja capacidad de los patios y terminales de los principales centros ferroviarios y la dispersión de los talleres de mantenimiento del equipo, han afectado desfavorablemente la operación de los trenes.

Sin embargo, se ha seguido una tendencia creciente obligando a las empresas operadoras a ampliar su equipo de transporte. En 1976 el número de locomotoras era de 1,293 unidades y el equipo de arrastre estaba compuesto de 39,540 carros de carga, 723 coches de pasajeros y 575 coches expresa

y correo. Sin embargo, el uso de unidades con muchos años de servicio, y baja capacidad, hace difícil su mantenimiento y ocasiona fallas en el camino.

La operación ferroviaria presenta también grandes problemas debido a la escasez de personal técnico dedicado a la actualización de los procedimientos de operación y reglamentos.

Se han hecho ampliaciones en la capacidad de líneas que estaban a punto de llegar a su saturación, rectificación al trazo de tramos con pendientes pronunciadas y curvaturas cerradas, y se planteó la construcción de nuevas terminales de carga.

Sin embargo, poco se ha logrado, ya que hablar de un avance de 610 kilómetros de vía nueva, la rectificación de 1,778 kilómetros de vía con riel nuevo entre 1976 y 1982 es casi nula para las necesidades de este medio de comunicación.

En cuanto al equipo, en el mismo período se adquirieron 749 locomotoras, 5 autovías, 13,714 carros de carga y 302 coches de pasajeros, sin descuidar los trabajos de reparación correctiva y preventiva a las locomotoras y equipo de arrastre. Para dar una idea del problema ferroviario analicemos las siguientes cifras:

El promedio diario de carros esperando movimientos en Ferrocarriles Nacio

males de México aumentó de 15,735 en 1979 a 16,471 en 1980, debido principalmente al movimiento de carga de importación en las estaciones fronterizas del norte.

El tráfico de importación durante 1980 llegó a 8.5 millones de toneladas por las fronteras de Nuevo Laredo, Matamoros, Ciudad Juárez y Piedras Negras, lo que presentó un 52.0% más que el año anterior.

En 1980 se llegó a un promedio diario de 32,000 carros extranjeros, frente a 12,000 de 1979. La demora en la descarga de los carros contribuyó a aumentar dicho congestionamiento. Esto provocó la necesidad de detener un gran número de trenes fuera de las terminales.

El tráfico de carga aumentó durante el período 1976 a 1981, de 62.6 millones de toneladas netas productivas, que generaron 33,666 millones de toneladas-kilómetro, a 72.8 millones de toneladas, para llegar a un nivel de 43,512 millones de toneladas-kilómetro en 1981. En cambio, en el servicio de pasajeros, la tendencia decreciente observada a partir de 1970 se conservó, ya que en 1976 se transportaron 24.4 millones de personas, mientras que en 1981 llegó a 22.8 millones. En los pasajeros-kilómetro, la situación es diferente por el incremento en la distancia media recorrida por cada pasajero. De esta manera en 1976 se generaron 4,058 millones de pasajeros-kilómetro que ascendieron a 5,317 millones en 1981.

En lo que respecta a la eficiencia de las operaciones hubo una disminución en la fuerza tractiva del 73.0% en 1976 al 55.3% en 1981. Este -

descenso en los niveles de utilización se debió al mayor desgaste de las locomotoras por insuficiencia de equipo.

En los carros de carga, en 1976, la disponibilidad fue de 94.7%, en 1978 de 93.3% y en 1980 de 95.7%. 1978 fue un año difícil para el sistema ferroviario a causa de la constante utilización del equipo que impidió las revisiones periódicas programadas.

Para 1982 el transporte ferroviario contaba con 19,023 unidades de arrastre propiedad de los ferrocarriles y con 1,825 locomotoras, cuya potencia conjunta asciende a 4,456 millones de H.P.

Para mejorar este sector sería necesario ampliar y modernizar la infraestructura, así como adquirir equipo que sustituya las unidades que han llegado al término de su vida económica y ampliar la capacidad tractiva y de arrastre; procurar, asimismo, dentro de su estrategia de desarrollo, lograr una máxima eficiencia para satisfacer la creciente demanda a través de una mayor racionalidad en el uso de los recursos, así como el mayor aprovechamiento por medio de la planeación integrada de todas sus actividades y una adecuación permanente en sus tarifas.

Para superar las limitaciones actuales se tendría que contar con métodos modernos en el movimiento y control de los carros de carga; en la formación, despacho y movimiento de trenes, así como en la documentación y entrega de la carga. El apoyo tendría que prever las necesidades a mediano y largo plazo. Asimismo, aprovechar las ventajas de los sistemas de comunicación, control e información.

**EXISTENCIA DE LOCOMOTORAS**

1970	1,036
1976	1,293
1977	1,292
1978	1,291
1979	1,378
1980	1,574
1981	1,751
1982	1,825

**EXISTENCIA DE CARROS DE CARGA**

<u>AÑO</u>	<u>No. DE CARROS</u>
1970	24,725
1976	39,540
1977	40,751
1978	40,671
1979	43,155
1980	43,601
1981	46,605
1982	49,023

**PASAJE Y CARGA TRANSPORTADA  
POR EL SISTEMA FERROVIARIO**

<u>AÑO</u>	<u>No. DE PASAJEROS</u>
1970	37 840,000
1971	33 500,000
1972	33 679,000
1973	28 750,000
1974	25 390,000
1975	24 720,000
1976	24 430,000
1977	28 530,000
1978	28 880,000
1979	25 490,000
1980	23 680,000
1981	22 750,000
1982	22 250,000

<u>AÑO</u>	<u>No. DE CARGA (TONS.)</u>
1970	46 180,000
1971	47 050,000
1972	49 520,000
1973	52 820,000
1974	61 240,000
1975	61 620,000
1976	62 640,000
1977	68 470,000
1978	69 350,000
1979	67 800,000
1980	70 010,000
1981	72 810,000
1982	80 750,000

#### **INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA**

A partir de 1965, año en que se inició la primera etapa del Plan Nacional de Aeropuertos, la construcción de estos en el país ha tenido un desarrollo muy acelerado. La callada, pero persistente labor del gobierno federal en este ramo colocó al país en el tercer sitio en el continente en número de aeropuertos nacionales e internacionales aptos para aviones jet; sólo lo superan los Estados Unidos y Canadá. Este fuerte desarrollo de la infraestructura aeroportuaria ha logrado incrementos no previstos del tránsito de pasajeros en la primera etapa del Plan, provocando el crecimiento de las flotas de las compañías nacionales hasta colocarlas entre las primeras del mundo.

La red aeroportuaria actual está constituida por 50 aeropuertos administrados por el gobierno federal, de los cuales 38 permiten la operación de turboreactores de Mexicana de Aviación o de Aeroméxico; esta red de ae-

eropuertos cubre prácticamente la totalidad de las necesidades de la aviación nacional. Actualmente su problema más crítico radica en la saturación del Aeropuerto de la Ciudad de México, en donde se atiende el 37% del total de pasajeros que utilizan la red, con un volumen de 14.4 millones de pasajeros anuales. Además de este aeropuerto, puede identificarse un primer grupo de 21 aeropuertos que atienden volúmenes superiores a los 300,000 pasajeros anuales y que, en conjunto, proporcionan servicio al 49% de los pasajeros de la red aeroportuaria (de ellos 3 atienden cada uno entre 2.0 y 3.5 millones). Un segundo grupo de 28 aeropuertos atiende volúmenes inferiores a los 300,000 pasajeros anuales y en total proporcionan servicio al 14% de los pasajeros en la red.

#### PLAN DE DESARROLLO AEROPORTUARIO

Si bien en los últimos años la Red Aeroportuaria ha tenido un crecimiento mínimo en cuanto a número de nuevos aeropuertos construidos, sí se ha desarrollado una intensa labor para modernizar y ampliar las instalaciones, aumentando en forma importante su capacidad para atender a la demanda, el porcentaje de crecimiento del transporte aéreo de pasajeros depende del desarrollo del país; normalmente ha crecido el doble que el porcentaje de crecimiento del producto interno bruto. En estas circunstancias pueden preverse tasas de crecimiento promedio anual para el transporte básico - entre 8% y 9%, con lo cual el total de pasajeros manejados en la red aumentará de 18.7 millones actualmente a 30.2 millones para 1988; por otra parte, es deseable que el volumen de pasajeros atendidos por Aviación Rg



gional y Alimentadora obtenga una tasa de crecimiento anual del 20% que significaría un aumento de 3.0 millones de pasajeros, manejados actualmente, a 8.9 millones para 1988.

Resulta difícil prever la demanda de pasajeros que deberá atender el transporte aéreo en el año 2000; sin embargo, pueden señalarse para ese año cifras del orden de 98 millones de pasajeros, lo cual implicaría tendencias de crecimiento anual de 7% en el período 1988-2000 y significaría además que la participación del transporte aéreo en el sistema de transporte permaneciera como la actual, en el orden de 1.2%.

La infraestructura aeroportuaria con que cuenta nuestro país es capaz de atender a la demanda de aviación básica y gran parte de la regional; sólo será necesario concluir las obras en proceso, ampliar las áreas terminales de los principales aeropuertos y conservar toda la red en condiciones de servicio, principalmente las áreas de maniobras; para la comunicación regional podrá continuarse utilizando la red aeroportuaria básica y construir nuevas instalaciones en un reducido número de casos, e iniciar un programa nacional de mejoramiento de aeródromos y aeropuertos rurales.

<u>AÑO</u>	<u>No. DE TON. SERVICIO NACIONAL</u>
1970	32,780
1971	35,810
1972	45,200
1973	49,030
1974	53,700
1975	63,040
1976	60,000
1977	64,000

<u>AÑO</u>	<u>No. DE TON. SERVICIO NACIONAL</u>
1978	71,000
1979	83,000
1980	95,000
1981	97,000
1982	111,000

**SERVICIO INTERNACIONAL**

<u>AÑO</u>	<u>No. DE TON. CIAS. EXTRANJERAS</u>
1970	19,310
1971	19,220
1972	20,320
1973	27,220
1974	32,980
1975	28,660
1976	31,400
1977	27,000
1978	35,000
1979	43,200
1980	45,500
1981	49,100
1982	54,300

<u>AÑO</u>	<u>No. DE TON. CIAS. NACIONALES</u>
1970	6,790
1971	9,200
1972	9,040
1973	11,920
1974	12,520
1975	12,860
1976	15,100
1977	22,700
1978	24,200
1979	21,800
1980	24,500
1981	27,500
1982	31,700

**PASAJEROS TRANSPORTADOS****AÑO                      NO. DE PASAJEROS SERVICIO NACIONAL**

1970	2 274,000
1971	2 656,000
1972	3 182,000
1973	3 889,000
1974	4 839,000
1975	6 040,000
1976	7 180,000
1977	8 020,000
1978	9 172,000
1979	10 738,000
1980	12 360,000
1981	13 603,000
1982	15 590,000

**AÑO                      NO. DE PASAJEROS SERVICIO INTERNACIONAL**

1970	2 220,000
1971	2 433,000
1972	3 121,000
1973	3 297,000
1974	3 561,000
1975	3 595,000
1976	3 570,000
1977	3 698,000
1978	4 885,000
1979	5 994,000
1980	6 543,000
1981	7 098,000
1982	7 560,000

## IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

Las vías terrestres de comunicación deben prestar un servicio permanente en cualquier época del año y bajo todas las condiciones meteorológicas, por lo que es de fundamental importancia los trabajos de conservación - que éstas requieren.

La conservación es la mejor inversión posible ya que aumenta la vida de las obras reduciendo su costo final, garantizando además las fuertes inversiones iniciales. Tanto en los trabajos de proyecto como de construcción deben tenerse en cuenta los problemas que se presentarán al conservar las obras, evitando en lo posible errores en la construcción pues - generalmente estos repercuten en serios problemas de conservación. Antes de iniciar los trabajos de conservación debe tenerse un conocimiento completo y detallado de las características de la construcción o reconstrucciones que hayan sido realizadas, así como inspecciones periódicas de las obras identificando los defectos y circunstancias que puedan ser causa de futuros desperfectos, como es el caso de filtraciones, corrientes de agua mal encausadas, modificaciones en los acotamientos, cunetas, taludes y canales. Además deben hacerse inspecciones especiales en momentos en que las observaciones son mas fructíferas como es el caso de lluvias torrenciales, para observar el funcionamiento del drenaje, tipo de acarreo de las corrientes, amenaza de derrumbes o deslaves, así como peligros a que puede quedar sujeto el tránsito.

Es importante hacer notar que la observación debe ser minuciosa pero sin un número elevado de datos de difícil interpretación, el fácil y pronto

estudio de ésta evitará en gran medida que los problemas se presenten - como sorpresas y es de gran ayuda para la elaboración de los programas y presupuestos de inversión, resaltando el tiempo en que es mas oportuno el desarrollo de los diferentes trabajos.

La conservación debe verse como un asunto de economía y no solo como un problema técnico de ingeniería, resaltando como actividad básica la correcta programación pues toda demora en la ejecución de los trabajos - trae como consecuencia mayores desperfectos y por lo tanto mayores erogaciones y dificultades para su realización.

Al iniciar un trabajo debe contarse con todos los elementos necesarios - para un desarrollo continuo de las actividades, obteniendo de esta manera una mayor calidad con un costo menor, por ello se deben evitar titubeos, cambios de frentes, suspensiones o interrupciones ya que las partes de obra sin terminar sufren daños de gran consideración y en ocasiones - se pierden en su totalidad.

Cualquier obra por bien construida que esté requiere de trabajos constantes o periódicos, tendientes a evitar la destrucción de sus partes o un deterioro prematuro, llamándose a estos trabajos de conservación normal, los cuales son generalmente rutinarios , tendiendo a efectuarse en forma de ciclos, interviniendo en la formulación de los programas de conservación, la intensidad del tránsito, condiciones meteorológicas, períodos - de germinación y duración de la vegetación del lugar, así como la duración de los materiales empleados en los trabajos. En muchos casos el -



El contar con los materiales y equipo necesario es de **primordial** importancia para la correcta ejecución de las obras.



deterioro o destrucción se presenta en forma imprevista y en ocasiones violenta, siendo necesario realizar obras de reparación emergente considerándose estas con carácter provisional, con el objeto de evitar suspensiones y accidentes de tránsito.

Los trabajos de reparación obedecen a una destrucción, prematura de la obra, debido ya sea a una mala construcción, a un proyecto defectuoso o a la existencia de factores que no se tuvieron en cuenta y que ocurrieron en forma imprevista después de la construcción. Antes de iniciar una reparación se deben hacer estudios minuciosos y lo más precisos posible para determinar la causa del mal y asegurarse así contra una nueva destrucción.

La reconstrucción debe considerarse como un complemento de la conservación normal ya que es un trabajo necesario para reponer las partes que habiendo tenido la conservación normal han tenido el desgaste razonable con relación al uso y edad de la obra y ya no están capacitados para prestar el servicio eficiente para el que fueron destinados.

Los gastos generados por la conservación normal van aumentando por el uso y edad de las obras, por lo que debe estudiarse económicamente el límite en que dicha conservación es mas cara que una reconstrucción. Al decidirse una reconstrucción debe estudiarse la necesidad de ampliar la sección, mejorar pendientes o modificar el trazo, teniendo presente la corrección del drenaje y factores que pudieran encarecer su conservación futura.

La economía en caminos tiene como factor básico la disminución del trans-

porte de materiales, lo cual se logra con el uso de los materiales locales considerando los depósitos más cercanos para extracción de materiales sin descuidar la calidad de los mismos.

Es un principio fundamental de la conservación de caminos usar los mismos materiales que sirvieron en la construcción para hacer las reparaciones, y el quebrantar este principio trae resultados negativos.

Para obtener resultados satisfactorios en todos los trabajos debe tenerse la seguridad de la buena calidad de los materiales, por lo que es necesario obtener las muestras necesarias para ser enviadas al laboratorio y realizar los análisis para determinar su calidad, tanto de los materiales existentes en la obra, que hayan mostrado alguna fatiga como aquellos que se proponga utilizar, y dichas muestras deben sujetarse a las instrucciones que dicte el laboratorio. Debe tenerse en cuenta que el análisis de los materiales es responsabilidad de este último, pero el aceptar o rechazar un material es responsabilidad del encargado de la obra.

La forma en que se lleven a cabo los transportes de materiales para conservación tiene la misma importancia que para construcción y por lo tanto deben tomarse en cuenta las condiciones del caso, ya que durante su transporte los materiales no deben sufrir mermas considerables o disminuir su calidad. En materiales pétreos por ejemplo se debe evitar la separación por tamaños de las partículas y en materiales bituminosos agitaciones perjudiciales que cambien sus características.



La calidad y economía en los trabajos de conservación dependen en gran medida del uso de herramienta y maquinaria adecuada, por lo que deberá tenerse una buena visión para hacerse del equipo necesario de acuerdo con la importancia de los trabajos a desempeñar; la maquinaria debe procurarse sea de construcción sencilla de fácil y rápida movilización tanto en su operación, instalación y remoción ya que generalmente los trabajos de conservación son de menor duración que los de construcción y no tienen un avance uniforme a lo largo del camino.

para que las reparaciones del equipo sean oportunas siendo los tiempos perdidos mínimos, debe procurarse que el equipo destinado a trabajos semejantes sea de la misma marca, tipo, potencia y capacidad, lo que debe lograrse por lo menos en cada tramo si no a lo largo del camino. La capacidad y tipo del equipo debe seleccionarse de acuerdo con la importancia del camino considerando su anchura, trazo, pendiente, topografía y tipo de materiales componentes del camino, pues resultará antieconómico -- usar un equipo de demasiada capacidad así como también es ineficiente y antieconómico usar un equipo de escasa potencia.

## PROBLEMAS TECNICOS

## SUBESTRUCTURA DEL CAMINO

La estabilidad de las superficies de rodamiento en los caminos depende -- primeramente de la capacidad adecuada de soporte de las terracerías, por lo que se deben hacer las pruebas necesarias cuando existan asentamientos o deformaciones de la superficie para conocer si existen reblandecimientos en estas debido a materiales inadecuados o por exceso de humedad.

En estos casos el bacheo y la reparación deben profundizarse para mejorar las terracerías, y en su caso, ~~PROVER~~ los drenajes subterráneos necesarios para quitar el exceso de humedad proveniente de filtraciones laterales de los cortes o por capilaridad. Los deslizamientos o movimientos de un relleno son generalmente causados por inestabilidad del suelo sobre el cual se hace el relleno, por falta de estabilidad del material del propio relleno o por falta de consolidación en la construcción.

Mediante el estudio de las causas se deben tomar las medidas necesarias -- para corregir los defectos de las terracerías antes de proceder a cualquier reparación de las bases o de los pavimentos.

La mayoría de los casos de fracasos en secciones completas de camino se -- debe invariablemente al drenaje deficiente de las terracerías de lo cual resulta una incapacidad de soporte, en estos casos es necesario remover en toda la sección la superficie de rodamiento y las bases, corrigiendo las condiciones de drenaje, instalando drenes subterráneos y una vez mejorado el drenaje se deberá consolidar cuidadosamente la terracería para que tenga una resistencia uniforme y evitar así que la situación de los

drenes subterráneos se manifieste en asentamientos en la superficie por diferencia de resistencia en la parte correspondiente a los drenes y en la terracería simple.

En todos los casos de destrucción de las superficies de rodamiento se deberá investigar si existe en las terracerías exceso de limos, sedimentos, materiales de depósitos fluviales, fango, exceso de arcillas, o -- cualquier otro material de baja resistencia, de límites plásticos o límites líquidos inadecuados o de contracciones lineales excesivas pues la mayoría de los agrietamientos en los pavimentos flexibles o sus desintegraciones así como la fractura de losas de concreto se debe a los defectos de dichos materiales que se alteran en formas exageradas por la filtración del agua superficial a través de las grietas del pavimento o por falta de drenaje subterráneo.

Con terracerías inadecuadas por grandes que sean los espesores de base y carpeta, se tienen caminos de mala calidad en su superficie de rodamiento a pesar de los gastos excesivos que dichos espesores requieran, la economía de los pavimentos se finca por lo tanto en la resistencia adecuada de las terracerías. Pavimentos de carpetas delgadas construidas sobre terracerías adecuadas dan mejores resultados de resistencia y duración que pavimentos costosos sobre terracerías inadecuadas.

La estabilidad de las terracerías está relacionada también con la amplitud de los asentamientos, con el trabajo de las cunetas y con la apropiada conservación de los taludes.

La función de los acotamientos es el respaldo que prestan a las bases y pavimentos además de asegurar la estabilidad de la parte central de las terracerías por lo que es importante conservarlas con la amplitud de -- proyecto, además sirven al tránsito como lugar de seguridad para estacionamiento o zona de emergencia. Es necesario que se mantengan limpios y parejos para que no haya agujeros, arbustos, hierba grande, piedras, lugares altos o bajos que además de ser un peligro para el tránsito, impiden el drenaje apropiado de la superficie de rodamiento y del propio acotamiento.

Los acotamientos mas altos que la orilla del pavimento ocasionan infiltraciones perjudiciales a las bases y sub-bases cuando las pendientes son reducidas y en casos de pendientes fuertes concentran una corriente de agua a lo largo del camino entre el pavimento y el acotamiento, lo cual trae como consecuencia la iniciación de la destrucción del pavimento a partir de sus orillas.

Deben estudiarse los ciclos apropiados para llevar a cabo los trabajos de conservación de los acotamientos a fin de que estos resulten oportunos y económicos, es conveniente que reciban una especial atención antes de principiar los períodos de lluvias. Cuando los acotamientos sean innecesariamente amplios, las cunetas se deben recortar para que la arista marque la anchura promedio adecuada, esto tiene como resultado dar mayor amplitud al drenaje de la cuneta y a la vez evitar el excesivo gasto de conservación de acotamientos.

En algunas regiones es conveniente cubrir los acotamientos con pastos de poca altura que sirven de protección al deslave permitiendo el drenaje indispensable, sin embargo, no son adecuados cuando las fajas de pavimento son angostas y tienen un tráfico pesado, tampoco son adecuados en la proximidad de poblaciones, en estos casos es preferible revestir los acotamientos con materiales estables de banco, como grava, piedra triturada escorias volcánicas o minerales, mezclas arcillo-arenosas etc. En caso de que las concentraciones de tránsito destruyan estos sistemas de protección es conveniente recurrir a los riegos de asfalto, lo mismo sucede en los casos de pendientes fuertes en que los materiales no resisten la erosión o deslave, en algunos casos los factores de destrucción justifican una verdadera pavimentación de los acotamientos, permitiendo el tránsito del tráfico pesado.

Cuando en la sección del camino se extiende la pavimentación del acotamiento hasta cubrir la cuneta, antes de hacer la pavimentación es conveniente y en muchos casos indispensable construir un dren ciego a lo largo de la cuneta para recoger y encausar las filtraciones de los cortes, puesto que la impermeabilización de la superficie del acotamiento y la cuneta impiden el desahogo de humedad de filtraciones al impedir la evaporación natural a través de dicha superficie.

La pavimentación de los acotamientos es adecuada también en el interior de curvas forzadas puesto que los conductores de vehículos aprovechan estas zonas para tomar la curva con mayor facilidad y seguridad.

En el caso de pavimentos rígidos es mas difícil mantener el acotamiento



Conservación del acotamiento que debido al tráfico intenso a que en ocasiones es sometido el camino debió pavimentarse.

conformado y nivelado con la orilla del pavimento por lo definido y rígido de las orillas de éste por lo que se debe de tener especial cuidado en el mantenimiento de estos acotamientos ya que son pavimentos muy costosos que al quebrarse por asentamientos o infiltraciones ocasionadas por un mal acotamiento las erogaciones son de mayor consideración.

La conservación de las cunetas es de suma importancia ya que si se permite que se llenen de hierbas, hojas, tierra, piedras, etc. su funcionamiento es deficiente llegando hasta hacer correr el agua sobre la corona del camino ocasionando deslaves y deslizamientos en los terraplenes, debiéndose hacer el desasolve periódicamente y de acuerdo a un calendario de conservación éste podrá ser a mano en tramos pequeños o con equipo mecánico teniendo especial cuidado en no recortar la base del talud con el extremo de la cuchilla pues esto puede ocasionar la formación de derrumbes que aunque sean pequeños, hacen inútil el trabajo de limpia ya que taludes estabilizados pueden ser derrumbados por un recorte que parece sin importancia.

Se debe tener presente que el sistema de canales necesarios para un camino es la protección principal para la estabilidad de las terracerías y que su funcionamiento influye también en la estabilidad de las alcantarillas, por lo que deben estudiarse los sistemas de canales en cada tramo incluyendo las contracunetas a fin de que cada uno de ellos preste el servicio eficiente para el cual está destinado, este estudio no debe concretarse a mantener las obras construídas sino que debe llevarse adelante para corregir los defectos de construcción llegándose a completar muchas veces con obras de poco costo o con correcciones económicas el sistema de

drenaje basta ponerlo en un estado que podríamos llamar de estabilidad permanente.

El tramo, pendiente y sección de los canales deben de estar de acuerdo con las condiciones de precipitación en cada región y en casos de pendientes fuertes deberá escalonarse el canal para evitar socavaciones que se prolonguen hasta la entrada de las alcantarillas, debiéndose dar el mismo cuidado a contraeunetas y canales alojados en terrenos fuera del derecho de vía.

Los cauces naturales ya sean prácticamente paralelos al camino o que lo crucen, deben ser objeto de atención para prevenir cualquier modificación que puedan sufrir en su régimen que afecte las condiciones de estabilidad o seguridad de las obras del camino.

Dado que la topografía de la República Mexicana es en general montañosa resulta de gran importancia la atención de taludes en corte y terraplenes, en los cuales hay que combatir eficientemente derrumbes, deslizamientos y deslaves no solo para la estabilidad del camino sino también para conservar los terrenos adyacentes a los cortes que puedan afectarlo.

Los taludes de los cortes deben ajustarse a la pendiente de estabilidad que requieran los materiales del terreno y para ello es recomendable recortar la arista formada entre la inclinación natural del terreno y el talud, haciendo una superficie curva de transición de una anchura de 2 ó 3 metros, evitándose de esta manera derrumbes de esa arista que pudiera ocasionar derrumbes de mayor importancia removiendo todas las piedras o



material suelto que se encuentren en los taludes.

En los terraplenes debe tenerse especial cuidado en la estabilidad del talud en la línea de ceros, en terrenos inclinados la estabilidad debe asegurarse con un recargue de material y en terrenos muy inclinados con pequeños muros de mampostería construídos abajo y junto a la línea de ceros que tendrán como función contener el material y asegurar la estabilidad del terraplen de abajo hacia arriba.

En terrenos planos el pie del talud debe aislarse de inundaciones o corrientes de agua que al reblandecerlo socavan las terracerías ocasionan deslizamientos que llegan hasta la destrucción de los pavimentos, la solución en estos casos está en la construcción de bermas con amplitud suficiente y con talud exterior extendido.

Se deben conformar periódicamente los taludes haciendo los recargos de materiales necesarios para borrar las grietas, conservando en los taludes de cortes como de terraplenes la vegetación deseable para la fijación de los taludes.

En terrenos formados por capas inclinadas cuando se encuentran secas tienen una posición de reposo que se pierde cuando el agua penetra en sus estratos causando el deslizamiento de la masa, por lo que se deberá inspeccionar el terreno arriba de los cortes y las filtraciones que se manifiesten evitarlas interfiriéndolas así como tapar grietas.

El drenaje en un casino es de suma importancia por lo que los drenes deben ser considerados en alto grado pues su función es combatir la humedad

en exceso que pueda afectar la estabilidad del camino, ya que las terracerías tienen su mejor compactación cuando se logra mantener la humedad óptima, en estas condiciones estarán protegidas de movimientos de expansión o contracción y podrán soportar eficientemente las cargas muertas y las debidas al tránsito.

Como norma general deberán considerarse las siguientes situaciones:

- a) Drenaje de filtraciones en los cortes de la cama del camino construyéndose drenes laterales en donde sea necesario a lo largo y debajo de las cunetas y la orilla de la base del pavimento, interceptando de esta manera el agua de los estratos que tienden a cruzar las terracerías. Estos drenes se construyen abriendo una caja de paredes verticales que se rellena con material de mayores dimensiones o se instalará en tubo perforado con estas hacia abajo, dejando la pared del lado del corte permeable e impermeabilizando la del lado del terraplén con barro, mezcla de cal o asfalto, la superficie debe pavimentarse o asfalsarse para evitar la entrada de agua debida a precipitación, estos drenes son llamados de intercepción.
- b) Drenes entre las terracerías y la base por medio de material permeable para evitar el ascenso del agua por capilaridad y desalojar las filtraciones debidas a la precipitación, se formará una capa de material granular con pendiente transversal suficiente y salida libre hasta fuera del acotamiento o dren de intersección.
- c) Drenes transversales ya sea por medio de material granular o con tubos perforados colocándose donde hay evidencia de humedad excesiva en los terraplenes, éstos deben continuarse hasta los drenes de intercepción o -

los taludes del terraplen protegiéndose en este caso con un lavadero, con pendiente suficiente y uniforme hasta su descarga.

d) Drenes en la transición de corte a terraplen para evitar que el agua de las cunetas o de infiltraciones tienda a escurrir en la superficie antigua del terreno natural donde se asienta el terraplén, evitándose así el deslaminamiento de los terraplenes sobre dicha superficie así como su reblandecimiento, para construir estos drenes debe cortarse la superficie del terreno natural en la línea de intersección en forma escalonada con parantes no mayores de 30 centímetros y una huella con pendiente transversal al camino de más de 2.5% el material de estos escalones debe sustituirse por material poroso bien consolidado y su salida debe captarse en una pequeña cuneta excavada sobre el terreno natural para evitar que el agua escurra hacia el terraplen.

e) Drenes en forma de lavaderos en los cortes para encauzar el agua evitando infiltraciones y erosiones en los taludes encauzando el agua a la caja de entrada de la alcantarilla, estos deben recoger el agua de la contracuneta, cuando las precipitaciones sean muy fuertes y formen cascadas se sustituirá el lavadero por un tubo descendente, desde la reunión de la contracuneta hasta la caja de entrada a la alcantarilla.

f) Lavaderos canalizados sobre el talud de los terraplenes en el centro de los columpios y en el centro de la parte interior de las curvas con sobreelevación, mediante lavaderos o sapeados de media caña.

g) En el entronque de caminos secundarios es frecuente que el material

de la superficie de rodamiento de caminos secundarios se agolpe por la acción del tránsito y las lluvias en la conexión con el camino principal, creando incomodidad al tránsito y deficiencia en el drenaje, es recomendable que el entronque de caminos secundarios se haga mediante una depresión en forma de vado además de la alcantarilla através del camino secundario junto al entronque.

**OBRAS DE ARTE**

Para el control de la conservación del alcantarillado es indispensable numerar cada obra con la estación que le corresponde del kilometraje. Este número deberá colocarse sobre el muro de cabeza, en la guarnición o en el parámetro más accesible de los aleros a fin de que sea observado claramente.

Cuando existan asentamientos en el terraplen sobre las alcantarillas o en sus proximidades deberá estudiarse la causa para ver si proviene de filtraciones entre la alcantarilla y la terracería, si es así se realizarán respectivamente: rellenos, impermeabilización o encauzamiento de las aguas para corregir de origen los defectos ocasionados por ellas.

En las alcantarillas de tubo debe inspeccionarse además de los agrietamientos, asentamientos o deformaciones, la tendencia que puede haber de separación de juntas. El fondo de las alcantarillas tubulares está sujeto a -- desgastes por los materiales que acarrear las aguas por lo que se deben -- proteger para que no sea afectada su resistencia estructural, colocando una carpeta de desgaste en la mitad inferior del tubo con una mezcla de -- asfalto o cemento que será la que sufra el desgaste, debiendo tener cuidado de proveer de los sapeados o lavaderos necesarios para impedir socavaciones donde la pendiente del cauce es fuerte, los sapeados deben extenderse lo suficiente y en sus extremos deberán estar protegidos por muros transversales a la corriente o por enrocamientos, observando cuidadosamente los cambios de pendiente necesarios para que en dichos extremos no se originen socavaciones.

En las alcantarillas de caja o bóveda deben examinarse los siguientes aspectos:

- a) Agrietamientos y asentamientos en el cuerpo, muros de cabeza y aleros.
- b) Socavación inferior o escurrimiento debajo del zampeado del fondo, en caso de no existir el zampeado se deberá examinar toda la cimentación a lo largo de las paredes.
- c) Cualquier defecto estructural en las mamposterías.
- d) Insuficiencia de la longitud del cuerpo de la alcantarilla y la extensión y ángulo apropiado de los aleros.
- e) Condiciones apropiadas en la liga de los canales de entrada y salida con el fin de evitar socavaciones y depósitos.
- f) La entrada y salida de los canales para prevenir cualquier tendencia de modificación de la corriente en sus proximidades a la alcantarilla.
- g) Cuando el cauce aguas arriba de la alcantarilla tiene pendiente fuerte, tiende a arrastrar cantos rodados o material suelto que deben removerse hasta una distancia adecuada, previniendo así que no se obstruya la boca de la alcantarilla o todo el cañón.

Quando las alcantarillas de alivio tienen construidos muros en L cajas de entrada, desarenadores, etc. es indispensable tener especial cuidado en la limpieza de estas obras que por tener secciones chicas se azolvan fácilmente.

En los casos de obras especiales de conducción de aguas atravesando el camino o paralelos a él como es el caso de acueductos y sifones se deberá hacer la inspección y conservación tomando en cuenta todas las indicacio-

nes hechas del alcantarillado por lo que toca a la estabilidad de las estructuras, haciendo hincapié en evitar las filtraciones en acueductos ya - que estas pueden dañar las terracerías y pavimentos. En los sifones se -- tendrá una estricta vigilancia para evitar las filtraciones debajo de la ca ma del camino impermeabilizando tanto el cuerpo como los pozos de entrada y salida así como la limpieza de estos tanto de azolve como de plantas acuáticas.

Los zameados contruidos para evitar derrumbes y deslaves deberán mantenerse en perfectas condiciones, inspeccionándolos periódicamente para prevenir y corregir los asentamientos y agrietamientos en su inicio, estudiando además la necesidad de construir nuevos zameados en aquellos lugares en que estos ayuden a la conservación de las terracerías, observando la forma en - que fueron proyectados para mantener la estabilidad y cimentación de sus - muros de anclaje, pilotes, etc.

Cuando un zameado tiene una pendiente excesiva que amenace deslizamientos se evitará metiendo tabla-estacas, pilotes, muros parciales o totales de cimentación o enrocamientos según sea el caso.

Los agrietamientos deben rellenarse con materiales adecuados para prevenir la infiltración del agua y sus efectos de socavación interna, la parte superior y los extremos deben vigilarse para evitar cualquier escurrimiento - de agua entre el zameado y la terracería, rellenando cualquier iniciación de infiltración.

Cuando las superficies por sampear sean extensas no deben construirse en forma rígida, sino en secciones para que en caso de asentamientos éstas - sean parciales y no afecten la estabilidad total de la estructura.

El alto costo de los puentes obliga y justifica una inspección constante de sus cimentaciones, ya que la acción de la corriente provoca filtraciones o erosiones debajo de estas, debiendo proyectarse y ejecutarse las obras necesarias para evitar la continuación de estas acciones, aprovechando la -- época de estiaje para inspeccionarlas mas claramente, teniendo presente que en muchos casos la socavación se produce con un determinado tirante de agua y en cambio un tirante menor permite el reazolve de la socavación dejando - así una apariencia engañosa de estabilidad, debiendo realizar sondeos o - calas para asegurar si existen o no esta clase de socavación y redepósito. Para tener un control exacto de la estabilidad de las cimentaciones y remediar a tiempo cualquier asentamiento se construirá un banco de nivel, perfectamente visible y ubicado en un lugar que no sea afectado por la corriente o por movimientos del terreno, procurando que su distancia al puente sea mínima, pudiendo así rectificar todos los niveles de los estribos, pilas y superestructura con el menor número de cambios de nivel.

Las pilas y estribos deben inspeccionarse cuidadosamente a fin de detectar - agrietamientos, estrallamiento o cualquier signo de destrucción, principalmente en las juntas de construcción y en la corona precisamente en los lugares en que exista contacto con las losas, trabes o zapatas de la superestructura, reparando estos daños lo mas pronto posible, en los casos de inicio de un daño se observará durante algún tiempo para descubrir las causas a fin de atacarlas de raíz.



Cuando en los períodos de secas se observen humedades en los paramentos de los estribos, esto indicará que existe agua acumulada detrás de este, ya sea por un drenaje inapropiado transversal al camino o falta de drenaje a través del cuerpo del estribo, debiéndose tomar las medidas necesarias -- para asegurar el drenaje del agua acumulada ya sea construyendo drenes - junto a la cara inferior del estribo o perforando este a una altura adecuada para llegar al lugar de la humedad, ya que si esta agua no se drena puede provocar movimientos en los estribos, así como asentamientos en las terracerías de acceso.

Debe asegurarse la construcción de la corona de las mamposterías de los estribos para que la cara interior este suficientemente retirada del extremo de apoyo de las losas o vigas para que no sea destruída por la expansión de la superestructura y en caso de no ser suficiente debe mejorarse la construcción para proveerla de dichos espacios.

Durante las grandes crecientes debe inspeccionarse los arrastres de las corrientes y evitar que los troncos y árboles flotantes golpeen las partes de la subestructura o la obstruyan formando represas que eleven el nivel de las aguas y ejerzan por lo tanto presiones peligrosas en los puentes.

El estado de la superestructura de los puentes debe observarse técnicamente incluyendo desde los accesos hasta la última de las piezas que forman la superestructura siendo de consideración los puntos siguientes.

- 1) Los accesos a los puentes deben mantenerse con la superficie de roda-

mientos correctamente conformada a fin de que no existan golpes por el tránsito de vehículos a la entrada y salida de éstos ya que al ser éstos excesivos son perjudiciales a la resistencia de la estructura además de que pueden ser motivo de descontrol para los vehículos pudiendo provocar choques contra la estructura.

La tendencia a provocar depresiones debido a las distintas resistencias de la base en el piso del puente y en el relleno del estribo hace necesario vigilar constantemente el drenaje del relleno de los estribos así como la junta entre la losa y el pavimento de acceso.

2) Los pisos de los puentes deben ser motivo de vigilancia constante, ya que una correcta superficie de rodamiento es esencial para reducir las vibraciones y los impactos producidos por los vehículos, por lo que esta debe mantenerse en buenas condiciones de estabilidad y resistencia al desgaste sin que presente grietas y ondulaciones, llevándose a cabo los tratamientos superficiales indispensables sin que estos representen en ningún caso un aumento de carga para la estructura, el piso y sus cunetas deben mantenerse limpios sobre todo a la entrada de los registros de drenaje y juntas de dilatación.

3) La pintura de las estructuras de acero es uno de los motivos de mayor cuidado ya que un descuido puede provocar un deterioro perjudicial en la resistencia de las piezas por oxidación, que empieza en las cabezas de los remaches y en los pernos o alrededor de ellos así como en la parte inferior de pies derechos diagonales y en la cara de arriba de la cuerda superior.

4) Los vados deben conservarse cuidadosamente puesto que están expuestos

a socavación por las crecientes tanto aguas arriba como aguas abajo del vado, manteniendo los muros de anclaje en buenas condiciones así como emrocamientos y zaqueados, tratando de mejorar el escurrimiento de las aguas para no provocar remolinos y proteger los lugares donde la velocidad de la corriente es excesiva, procurando la mayor impermeabilidad de la superficie para que la base del vado no sea perjudicada por infiltraciones.

En muros de retención el drenaje apropiado del relleno a través del muro y en sus orillas es de primordial importancia y todos los muros de retención deben estar provistos de drenes a intervalos tan frecuentes como sea posible a través de la parte baja del muro, encima de la cimentación y con la pendiente suficiente para desalojar el agua lo más rápidamente posible, al hacer el relleno debe colocarse sobre la cara interior del muro una capa de material poroso de piedra quebrada o grava formando un dren de 40 o 50 cm. de espesor que se extiende desde el cimiento hasta la corona del muro para que toda el agua que pueda acumularse contra el muro sea desalojada por los drenes interiores impidiendo así la disminución del ángulo de reposo de las terracerías y por lo tanto el aumento de carga sobre el muro. En algunos casos de peligro de filtraciones excesivas es conveniente instalar en la parte baja de este relleno una línea de tubos a la altura de las entradas de los drenes transversales, extendiéndose a lo largo del muro, con la pendiente suficiente para conducir el agua hasta su extremo y proteger este con un pequeño muro de cabeza.

Cualquier filtración en grietas o juntas de los muros es una evidencia de que el drenaje del relleno es deficiente y por lo tanto es una muestra de peligro para la estabilidad del muro; un muro bien drenado debe estar siempre seco en su cara exterior en la temporada de secas.

Cuando los muros de contención de terraplenes sean invadidos en su parte baja por corrientes de agua o lagunas deberán tener toda el área sumergida perfectamente impermeable y los drenes transversales deben descargar arriba de la altura de aguas máximas.

## PAVIMENTOS FLEXIBLES

La estabilidad de las superficies asfálticas que están formadas por una mezcla de asfaltos con materiales pétreos depende de la combinación de las fuerzas - internas de fricción y cohesión. Las fuerzas internas de fricción las proporciona el agregado pétreo y la cohesión el asfalto. Dicha estabilidad depende de tres factores:

- 1) Resistencia estructural suficiente para transmitir las cargas del tránsito a la base sin deformación excesiva.
- 2) Dureza suficiente para resistir el desgaste que ocasiona la acción del tránsito.
- 3) Compacidad suficiente para resistir la penetración del agua y para retardar la oxidación y el secado por el aire del material asfáltico de la mezcla.

El asfalto debe incorporarse a la mezcla en cantidad suficiente para ligar uniformemente todas las partículas del agregado pétreo proporcionando así la - - cohesión necesaria y la impermeabilidad suficiente; los huecos entre el material pétreo no deben ser llenados completamente con asfalto para evitar que - la acción del tránsito empuje los granos acercándolos continuamente y tendien - do por lo tanto a expulsar el asfalto, produciéndose así una mezcla de menor resistencia a la compresión y ondulación, además de proporcionar superficies lisas y resbaladizas. La densidad apropiada de un pavimento asfáltico debe - conseguirse por medio del proporcionamiento correcto en la granulometría del material pétreo y no por medio del asfalto, ya que cuesta menos llenar los vacíos con partículas finas de material pétreo que con asfalto.

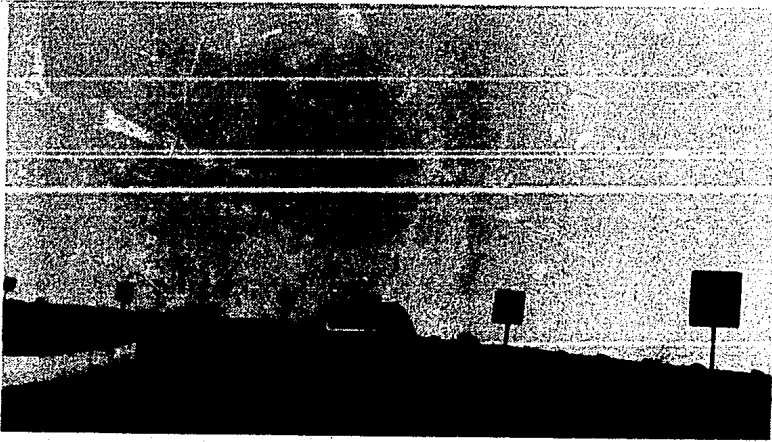
El proporcionamiento adecuado del agregado pétreo para llenar los huecos pro-

porciona mayor trabazón mecánica permitiendo el máximo de fricción interna, siendo de mejor calidad un pavimento bien graduado en sus materiales pétreos y con el asfalto indispensable para su cohesión.

El volumen del tránsito y las características de la base deben detenerse en cuenta para elegir el tipo adecuado de pavimento asfáltico ya sea para reforzar cada tramo del camino como para proceder a cualquier reparación, realizan los cálculos económicos necesarios para procurar tener todos los tramos - del camino con la superficie asfáltica que representa la menor inversión anual por concepto de amortización y conservación.

Una superficie asfáltica bien conservada no debe tener ondulaciones, asentamientos, grietas o baches, su corona debe mantenerse con los perfiles transversales de proyecto, tanto en el bombeo de las tangentes como en la sobreelevación en las curvas, la conservación no consiste solamente en tapar agujeros - ni en reponer las partes destruidas, sino que consiste principalmente en medidas preventivas como son: riegos de protección, corrección de ondulaciones y demás tratamientos superficiales cuando aparecen los primeros signos de destrucción.

Siempre que se realicen reparaciones o refuerzos del pavimento para mejorar el tipo de superficie se deben estudiar las condiciones de la base puesto que - para mejores tipos de pavimentos se necesitan bases más cuidadosamente construidas, una mayor inversión en el pavimento necesita mayor seguridad en la estabilidad de la base para no exponer el capital invertido.



Superficie asfáltica bien conservada, ya que no presenta asentamientos, grietas o baches, manteniéndose una correcta sobreelevación en curva.

Para llevar a cabo una conservación correcta deben observarse cuidadosamente los siguientes puntos.

- 1) Desgaste o desintegración de la superficie
- 2) Asentamientos y deformaciones de la superficie
- 3) Baches
- 4) Agrietamientos aislados, en forma de mapas o en formas paralelas
- 5) Corrugaciones o irregularidades profundas
- 6) Desintegración completa del pavimento
- 7) Superficies exudadas y resbaladizas
- 8) Grietas longitudinales

1) Desgaste o desintegración de la superficie.- El desgaste de la superficie puede conocerse por el aumento de rugosidad, por acumulación de material pétreo en forma de un pequeño camellón en las orillas del pavimento, producido por los granos que el tránsito expulsa hacia los lados, por la disminución del espesor de la carpeta, para conocer esto deben hacerse pequeños sondeos periódicos para comparar el espesor actual con el espesor anterior en cada tramo.

Una vez detectado cualquier signo de desgaste debe estudiarse la causa, - que puede ser: escases de asfalto por metro cuadrado ya sea que el pavimento se halla construido por riegos o mezcla, irregularidad en los riegos, - materiales pétreos de mala calidad para la adherencia con el asfalto o de forma redondeada, exceso de material pétreo en la superficie al dar el -- último riego.



2) Asentamientos y deformaciones de la superficie.- La forma más clara de observar los asentamientos en su iniciación es haciendo inspecciones en el momento de las lluvias o inmediatamente después, ya que en éstas condiciones el agua los marca claramente, también se pueden usar reglas de madera desliziéndolas sobre las superficies en donde se considere que existen asentamientos. Cuando los asentamientos sean detectados deben hacerse -- sondeos para ver si existe distinto espesor de la carpeta en los lugares bajos y en los lugares altos de la superficie, en caso de que el espesor de la carpeta sea uniforme debe buscarse el motivo del asentamiento en la base.

Las diferencias de espesores en la carpeta cuando aparecen poco después de su construcción se deben generalmente a exceso de asfalto o a que se ha usado un asfalto demasiado suave para el clima de la región, pudiendo también consistir en la poca adherencia del material pétreo con el asfalto y a un exceso de finos.

Cuando el asentamiento es provocado por la base, debe estudiarse primeramente su drenaje, y en caso de que éste sea satisfactorio, el defecto puede provenir de la poca resistencia a la compresión de sus materiales que -- no resisten las cargas del tránsito a que está sujeto el camino o por la falta de espesor en la construcción de la base lo que no permite suficiente repartición de las presiones a la sub-base. También puede ser motivada por mala calidad de los materiales de la base que no permiten la trabazón mecánica o la fricción interna adecuada, como en el caso de gravas muy -- lisas, falta de finos o presencia de mica u otros materiales resbaladizos.

3) Baches.- Los baches o agujeros aislados deben observarse desde su inicio, su formación es debida a la falta de uniformidad en la distribución del asfalto o en los materiales pétreos y a la falta de adherencia de la carpeta con la base, sin embargo también pueden iniciarse por una irregularidad en la base que produce una ruptura local del pavimento iniciándose un agujero superficial.

4) Agrietamientos aislados en forma de mapas o paralelas.- Las superficies asfálticas deben observarse cuidadosamente para detectar cuando se inician pequeñas grietas aisladas en forma de mapas, siguiendo curvas o sinuosidades practicamente paralelas, esta formación de grietas puede deberse a: exceso de humedad por deficiencia en el drenaje de la base, material suave en la base, falta de cohesión de los materiales de la base, falta de resistencia estructural de la base, falta de espesor del pavimento, asfalto demasiado duro para el clima, oxidación del asfalto o secado completo de sus sustancias volátiles.

Para conocer las causas precisas deben hacerse primeramente sondeos para determinar si el defecto es producido por falta de drenaje y en caso de que este sea adecuado se tomarán muestras de los materiales para analizarlos y determinar la causa real de los agrietamientos.

5) Corrugaciones o irregularidades profundas.- Al observar ondulaciones en la superficie deben hacerse sondeos para determinar los espesores de la carpeta, el aumento de espesor de la carpeta en los lomos de las ondulaciones es motivado por exceso de granos finos en el agregado pétreo, por exceso

de material asfáltico o por material asfáltico demasiado suave.

Cuando el espesor de la carpeta asfáltica es uniforme y en las ondulaciones aparecen grietas paralelas a éstas, la causa mas probable es el exceso de humedad en la base, pudiendo también ser producidas por deficiencias estructurales de la base o a superficies y bases inadecuadas para las cargas que debe soportar el camino, cuando las ondulaciones se deben a defectos de la sub-base o de la base la longitud de las ondas es mayor que cuando el defecto es producido únicamente por deficiencia de la carpeta.

6) Desintegración completa del pavimento.- Al observar la iniciación de la desintegración completa de la carpeta deben hacerse sondeos y analizar los materiales de la base a fin de establecer la existencia de exceso de humedad o exceso de materiales arcillosos y sólo en caso de que la base se encuentre en buenas condiciones, debe analizarse la carpeta y así determinar si la falla fue provocada por una dosificación errónea de asfalto, oxidación del asfalto o si el asfalto ha llegado a un punto de secado que nulifica su poder aglutinante.

7) Superficies exudadas y resbaladizas.- Este tipo de superficies son producidas por exceso de asfalto, por demasiada suavidad del mismo, por el uso de asfaltos de fraguado más lentos de lo conveniente o por construcción prematura de carpetas de asfaltos duros sobre asfaltos de fraguado lento - que ejercen una acción ascendente de sus materias volátiles.

También se producen superficies lisas, por exceso de finos que aunque tienen buena resistencia pueden ser causa de deslizamiento de los vehículos en caso de lluvias o pequeñas nevadas.

8) Grietas longitudinales.- Cuando se produzcan grietas longitudinales y cercanas a la orilla de la carpeta al principio de la temporada de secas, la causa de ellas es la contracción de la sub-base, al secarse más rápidamente los acotamientos y los taludes que la parte cubierta por la carpeta, provoca la contracción de terracerías que no han sido consolidadas adecuadamente y que contienen arcillas o materiales de contracción lineal muy fuerte.

La contracción del prisma formado por la sub-base de los acotamientos y los taludes se ejerce hacia el eje longitudinal del mismo y por lo tanto se desprende del corazón de la cama del camino, evaporándose el agua contenida en los materiales, por la grieta longitudinal que será en aumento a medida que la sequía prevalece.

Todas las reparaciones de la carpeta así como de la base y sub-base deben llevarse a cabo tan pronto como se tenga determinada la causa del defecto, basándose en las consideraciones que a continuación se mencionan.

1.- Siempre que exista una ligera desintegración superficial de la carpeta o un desgaste por la acción del tránsito, debe darse un riego superficial con asfalto adecuado al clima de la región y con las características necesarias para tener la adherencia suficiente con la carpeta vieja cubriendo dicho riego con material pétreo número 3.

2.- Cuando se trate de corregir asentamientos o deformaciones de la sección y del perfil longitudinal del camino, se debe proceder a la renovación según la importancia de las ondulaciones; si las ondulaciones son de poca profundidad se aplica sobre la carpeta una emulsión de fraguado rápido

y se cubre con material pétreo número 3, en caso de que este tratamiento no de el espesor necesario para la renivelación se pueden hacer riegos - sucesivos como en el procedimiento de pavimentación por riegos, pudiendo hacer también mezclas previas de materiales asfálticos y pétreos los cuales se tienden sobre un riego de liga.- la consolidación de superficies pequeñas debe hacerse con pizón metálico y en caso necesario debido a la amplitud de las superficies reniveladas deben usarse rodillos o aplanadoras ligeras. El uso de aplanadoras de 10 toneladas, en las renivelaciones debe restringirse para la corrección de ondulaciones profundas, pues to que el tránsito de dichas aplanadoras sobre carpetas viejas puede ser en muchos casos causa de destrucción de éstas.

3.- En la corrección de baches la consideración más importante es la de usar el mismo tipo de material en la base y carpeta construida. La segunda consideración es la de ligar el material de relleno del bache con las superficies que limitan la caja. Estas consideraciones son muy importantes ya que de otro modo los baches se vuelven a abrir o se provoca una - destrucción circundante a éste. Para la reparación de un bache debe recortarse primero todo el material que se encuentra suelto o que está próximo a soltarse abriendo una caja de forma rectangular; dicha caja debe llenarse con la mezcla asfáltica por capas horizontales procurando dar a cada una de ellas la misma consolidación que tenga la base y el pavimento. Al tender las capas de material asfáltico debe aplicarse a las - caras interiores de la caja sobre el pavimento antiguo asfalto de la misma calidad para asegurar la adherencia del bache, en ningún caso deben - extenderse capas de espesor mayor a 10 cm. para que la consolidación sea

efectiva, esta consolidación se hace por medio de pizones o rodillos metálicos ligeros teniendo cuidado de evitar que los materiales se peguen a sus caras, los baches deben terminarse nivelando su superficie con el resto del pavimento cubriéndolo con arena.

4.- Cuando se observan agrietamientos aislados debidos a la última consolidación del pavimento o de la base, después de haberse cerciorado por medio de sondeos de que sus resistencias al tránsito son satisfactorias, - debe darse un riego de protección de asfalto con material pétreo del número 3.

Cuando los agrietamientos se deben a drenaje impropio de la base, a material suave de la misma o a su falta de resistencia estructural, es anti-económico dar riegos superficiales puesto que las grietas progresan a través de los nuevos riegos y en muchos casos la impermeabilidad producida - por dichos riegos acelera la desintegración del pavimento. En estos casos debe procederse a la esarificación del pavimento y a la corrección necesaria de la base por medio de drenes, adición de materiales que mejoren la resistencia estructural o por el aumento necesario del espesor de la base, procediendo después a la repavimentación.

En caso de que los agrietamientos sean debidos a defectos del mismo pavimento, a pesar de la buena resistencia de la base, debe procederse de acuerdo con los análisis realizados por el laboratorio sobre los materiales del pavimento, haciendo la reposición del mismo si es posible con el aprovechamiento de los materiales del anterior y con la adición de los materiales - de que carece. En el caso de mezclas en el lugar, después de esarificar

el pavimento se acamellona y se procede a remezclarlo con las adiciones necesarias, a extenderlo y consolidarlo nuevamente.

Al escarificar un pavimento antiguo debe tenerse cuidado de no revolver este con los materiales de la base ya que se contaminaría la nueva mezcla y en caso de que esto no sea posible por tratarse de pavimentos delgados hechos con el sistema de riegos los materiales deben desecharse procediendo a una repavimentación a base de materiales nuevos.

5.- En los casos de ondulaciones del pavimento sobre bases que tienen un comportamiento eficiente, producidos por un exceso de finos en el material pétreo o por exceso de asfalto, deben realizarse pruebas con el fin de -- aprovechar la mezcla existente y mejorarla adicionando material pétreo de granulometría adecuada. En caso de que esto sea posible se procederá a -- escarificar, mezclar, tender y consolidar el nuevo pavimento. Cuando la -- carpeta existente al ser escarificada forme trozos difíciles de disgregar o resclar con nuevos materiales se deben hacer pruebas de nivelación colocando una capa uniforme de mezcla nueva y consolidando, ya que en muchos casos se logra confinar la ondulación con esta protección superficial. En muchos casos las ondulaciones producidas por exceso de asfalto o finos forman pliegues o arrugas superpuestas a una superficie mas o menos nivelada, en estos casos se debe proceder aprovechando el tiempo seco y caliente a -- recortar las ondulaciones con herramientas especiales que corten únicamente las protuberancias sin dañar la estructura del pavimento; para facilitar -- este recorte se pueden utilizar solventes o calentar la superficie con sopletes. Una vez hecho el recorte hasta dejar la superficie lo mas nivelada posible se cubre con material pétreo número 3 y se deja expuesto al tránsito

de dos a cuatro semanas observando si no aparecen nuevas ondulaciones; en caso afirmativo de acuerdo con el estado de la superficie se da un tratamiento superficial como recubrimiento para uniformizarla y hacerla anti-derrapante. En caso de seguir apareciendo ondulaciones, debe desecharse el procedimiento de recorte y proceder como se expuso anteriormente.

Cuando las ondulaciones se formen por deficiencia de la base por exceso de humedad, deficiencia estructural o falta de espesor debe escarificarse el pavimento y proceder al acondicionamiento correcto de la base.

6.- Cuando ocurre la desintegración completa del pavimento por ningún -- concepto deben darse riegos superficiales tratando de corregir el desperfecto. Después de hacer los sondeos y análisis necesarios para determinar la causa del desperfecto se procederá a la escarificación del pavimento, - acamellonando en caso de ser posible su aprovechamiento para formar una nueva mezcla de tal forma que no sufra daños con las reparaciones de la - base, se procede al acondicionamiento de la nueva mezcla de la base si es necesario y a su consolidación para ejecutar después la repavimentación. En caso de que la desintegración provenga por defectos del pavimento a pesar de las buenas condiciones de resistencia de la base, se debe escarificar éste cuidadosamente y acamellonarlo en caso de que este pueda ser remezclado adicionando los materiales necesarios para formar una buena mezcla de acuerdo a los análisis de laboratorio.

7.- Tan pronto como se note la exudación de un pavimento debe cubrirse - este con arena, ya que el constante rastreo de la arena sobre la exudación uniforme evitando las ondulaciones superficiales.



En el caso de superficies lisas, que provocan el deslizamiento de los vehículos en época de lluvias debe procederse a la aplicación de un tratamiento antiderrapante.

8.- Las grietas longitudinales cercanas a la orilla del pavimento deben corregirse primeramente rellenándolas cuidadosamente con asfalto asegurando la mayor penetración posible y en caso de que su anchura lo permita deberá completarse el relleno en la superficie con una mezcla de asfalto y arena. Para evitar nuevas grietas o la continuación de las existentes debe procederse a la consolidación de los acotamientos por medio de rodillos de pata de cabra.

En el caso de que las grietas sean debidas a las malas características de los suelos con que está formado el terraplén deben excavarse los acotamientos hasta una profundidad de 30 cm. dejando la superficie de la excavación con una pendiente transversal del 5% y procediendo a la consolidación de esta caja por medio de rodillos de pata de cabra, una vez consolidada la sub-base se rellena la excavación mejorando el material del acotamiento o substituyendolo por material adecuado el cual debe consolidarse y conformarse para dar los perfiles de proyecto.

#### TRATAMIENTOS SUPERFICIALES:

En la conservación de carpetas asfálticas se puede presentar la necesidad de hacer tratamientos superficiales por dos motivos. El primero que puede considerarse meramente de conservación y por lo tanto el tratamiento superficial solo tiende a evitar la destrucción del pavimento existente y a --

restaurar las condiciones originales del camino. El segundo motivo que se puede llamar de mejoramiento impide la destrucción de pavimentos que han resentido un aumento notable del tránsito o que habían sido construídos con tipo ligero por falta de presupuesto así como aumentar la capacidad de soporte del camino.

Siendo los primeros motivos por corregir la desintegración superficial, - el desgaste del pavimento y la conservación de una superficie antiderrapante, su ejecución consiste en una simple aplicación de asfalto cubierta con los materiales pétreos adecuados. El tratamiento simple de conservación está indicado también para dar una mayor impermeabilidad a los pavimentos impidiendo la penetración del agua hacia las bases.

En algunos casos es conveniente por la naturaleza de las superficies que se van a tratar y para no producir superficies demasiado lisas, la aplicación simple de un riego asfáltico ligero sin cubrirlo con material pétreo, en este caso debe tenerse cuidado de impedir el tránsito mientras el material asfáltico es absorbido completamente o adquiere su fraguado final.

La superficie del pavimento existente debe estudiarse cuidadosamente para determinar la clase de asfalto y la granulometría del material pétreo para producir los resultados deseados, debe tenerse en cuenta para la selección de los materiales que en general los asfaltos ligeros o de grados bajos - de viscosidad requieren materiales pétreos mas finos y en menor cantidad de asfalto posible para obtener una distribución uniforme, a medida que la viscosidad del asfalto aumenta deben usarse agregados pétreos mas gruesos

y en mayor cantidad para que absorban completamente el asfalto sin producir ondulaciones ni exudaciones.

Los riegos simples asfálticos deben rodillarse inmediatamente después de tenido el material pétreo con aplanadoras ligeras para obtener por medio de la acción ascendente del asfalto una mezcla compacta y de dureza adecuada para el clima de la región y para la intensidad del tránsito a que -- quedará sujeto el camino.

**Materiales:** No es posible usar una regla fija o rígida para la selección del material asfáltico que pueda aplicarse a todos los tipos de trabajo; pues existe una variedad indefinida de circunstancias en las distintas superficies que van a ser tratadas así como una variedad según la región de materiales pétreos que se usarán como agregados y que influyen por lo tanto en la selección del pavimento asfáltico, puede haber casos en que -- den buenos resultados diferentes clases de asfalto, en cuyo caso la selección debe hacerse tomando en cuenta la economía del trabajo, ya sea -- por el precio del material, por el gasto de transporte o por la facilidad de su manejo y distribución. Los materiales pétreos deben seleccionarse en cada región usando el que dé mejores resultados de acuerdo a las pruebas de laboratorio y pruebas prácticas en pequeñas secciones del camino.

Quando se usen asfaltos fluxados el agregado pétreo debe estar seco y por lo tanto debe analizarse para que no contenga mas del 1% de humedad, esto no es necesario cuando se usan emulsiones y por el contrario es preferible que el material pétreo esté húmedo: sin embargo, no debe tener un exceso de humedad ni contener agua libre, los materiales pétreos deben usarse --



El transporte de los materiales pétreos y asfálticos debe realizarse en vehículos adecuados y evitando cualquier tipo de contaminación o alteración de sus cualidades.



teniendo como guía general que la piedra triturada y las gravas y arenas naturales deben ser uniformes en su calidad y derivadas de bancos o cantos rodados de clase y dureza apropiada, deben estar libres de materia orgánica y no contener exceso de partículas planas o alargadas, además de evitarse con lavados si es necesario el exceso de finos.

**Procedimientos:** En la ejecución de tratamientos superficiales deben tomarse las precauciones necesarias para evitar traslapes o superposición de riegos y fajas sin asfalto, para producir superficies uniformes tanto en su resistencia como para el tránsito: así como para proteger las guarniciones, estructuras, tapas de registros, etc., contra salpicaduras o penetración del asfalto en las juntas, en caso necesario debe colocarse papel o arena para impedir que el asfalto se adhiera en dichos elementos.

El procedimiento en los tratamientos superficiales es similar para los distintos tipos de trabajos. Antes de llevar a cabo un tratamiento superficial deben arreglarse todos los baches y depresiones existentes con una semana o dos de anticipación, debiendo proceder con la siguiente secuela.

- 1.- Aplicar asfalto sobre las manchas excesivamente secas de la superficie y las partes ligeramente agrietadas cuando se encuentren aisladas, pero evitando excesos de asfalto.
- 2.- Bacheo y renivelación de depresiones sensibles para formar una superficie correcta en su perfil longitudinal y en su sección transversal, ajustándose a las partes altas del pavimento antiguo.
- 3.- Protección de las estructuras del camino, guarniciones, defensas, pos-

tes de señales, etc.

4.- Limpia de la superficie del pavimento antiguo usando barredoras mecánicas, cepillos de raíz o de alambre, cuchillas y aún lavado de éste si es necesario para retirar tanto el polvo como cualesquier otro material que impida la adherencia del asfalto nuevo con la superficie existente.

5.- Aplicación sucesiva de los riegos asfálticos y de los agregados pétreos en el caso de utilizar el sistema de riegos. Distribución del riego de liga y tendido de la nueva carpeta por medio de conformadora en el caso del sistema de mezcla en el lugar y de pavimentadora en el caso del sistema de mezcla en planta.

En el caso de tratamientos por riegos debe tenerse cuidado en la uniformidad de la distribución de los materiales y en la consolidación adecuada de cada tendido y en el caso de mezclas debe seleccionarse el personal de conformadoras y pavimentadoras para que la distribución del material sea uniforme en su espesor. El riego de liga debe ejecutarse con el mayor cuidado posible para que no haya exceso de asfalto, dejándose sin cubrir solo el tiempo indispensable para que se extienda satisfactoriamente sobre la superficie existente.

6.- Recubrimiento de la superficie con arena o material pétreo número 3 - si su uso está especificado para dar el acabado final para pavimentos de mezcla, dando la consolidación final.

7.- Rastreo con rastros de cepillos para mantener, hasta el fraguado final del pavimento, el material pétreo superficial sin ondulaciones, puesto que

estas se transmiten al pavimento produciendo una superficie defectuosa.

8.- Barrido final de los materiales pétreos que puedan sobrar después -- del fraguado completo del pavimento. Al realizar los tratamientos superficiales se debe escoger tiempo seco y caliente, para obtener los mejores resultados. Sólo en lugares de neblinas constantes o lluviosas se usarán emulsiones de fraguado rápido, siempre que la precipitación pluvial sea tan ligera que no ocasione escurrimiento de la emulsión.

Antes de iniciar la reconstrucción de un camino deben hacerse los estudios necesarios para verificar si la capacidad de carga actual, soportará el tránsito a que estará sujeto el camino en el futuro.

El momento de una reconstrucción es el oportuno para hacer no solo las consideraciones necesarias respecto a la economía de la conservación posterior sino también de la seguridad y comodidad del tránsito, pues sería un grave error reconstruir un camino con la misma anchura, alineamiento y pendiente.

Cuando el tránsito ha aumentado o tiende a aumentar tanto en el número de vehículos como a las cargas de éstos, puede decirse por lo tanto que la reconstrucción de un pavimento justifica un mejoramiento en sus características geométricas.

Al hacer el estudio de espesor y clases de materiales de la base debe tenerse en cuenta que únicamente en los casos de que sus condiciones estructurales sean muy pobres conviene removerse para mejorarse, puesto que en lo general es preferible la construcción de una nueva capa superficial sin des-

truir la consolidación existente, considerando que en el tiempo de las reparaciones las bases existentes son la mejor cimentación de los futuros trabajos de reconstrucción y mejoramiento.

En el caso de ampliaciones debe hacerse la excavación necesaria de los acotamientos para construir sobre la terracería consolidada una base que tenga cuando menos una resistencia igual a la de la sección existente para evitar asentamientos laterales y por lo tanto grietas longitudinales de separación entre la ampliación y la sección existente. Una vez acondicionada la ampliación hasta la altura de la rasante se procederá al tendido de la capa de refuerzo de la base para que cubra toda la anchura de la nueva sección.

En caso de refuerzo del espesor de las bases debe tenerse especial cuidado al seleccionar los materiales para que la capa superior no sea por ningún motivo de menor resistencia estructural que las capas inferiores, debiendo estudiar cuidadosamente el estado del drenaje interno de la cama del casino, llevando a cabo los trabajos necesarios que aseguren la estabilidad del pavimento que se va a construir.

Al terminar la reconstrucción deben ponerse los acotamientos, cunetas y taludes en sus mejores condiciones de forma y estabilidad para asegurar el éxito de los trabajos.

Pudiendo señalar como principios básicos de una reconstrucción los siguientes:

- 1.- Realizar los cambios necesarios en el alineamiento y pendientes de acuerdo con las necesidades futuras del tránsito.



- 2.- Estudiar la anchura necesaria de la sección.
- 3.- Conservar la cimentación existente, a menos de que sea necesario modificarla debido a su falta de resistencia.
- 4.- Estudiar cuidadosamente el refuerzo de la base y el tipo de pavimento que cumpla con los nuevos requerimientos.
- 5.- Acondicionamiento de acotamientos, cunetas y taludes para asegurar la solides de la cama del camino.
- 6.- Evitar cunetas profundas o la proximidad de canales para no crear situaciones peligrosas al tránsito.

## PAVIMENTOS RIGIDOS

Este tipo de pavimento requiere de una vigilancia especial ya que su inversión inicial es muy fuerte y por lo tanto el descuido en su conservación origina pérdidas cuantiosas, siendo sus reparaciones y reconstrucciones -- tardadas y con la completa suspensión del tránsito por el tramo durante el fraguado de las losas.

Un punto esencial en los pavimentos rígidos es la resistencia uniforme de las bases ya que si ésta se mantiene seca y con las características de proyecto es seguro que el pavimento no sufra deterioros de consideración.

La conservación normal debe consistir primeramente en evitar la entrada del agua a través de las juntas y grietas, los acotamientos en su parte adyacente a las losas deberán estar siempre bien nivelados y consolidados para evitar la penetración del agua, ya que si el acotamiento es bajo o deja formar una pequeña zanja a lo largo de la orilla del pavimento, es indudable que se provocará una acumulación de agua durante las lluvias, facilitándose así su penetración a la base, es indudable que es mas difícil y requiere mucho mayor cuidado la conservación de los acotamientos en pavimentos rígidos que en los flexibles.

Es un grave error considerar que los pavimentos rígidos debido a su dureza y poca flexibilidad van a soportar el tránsito indefinidamente sin necesidad de darle la atención necesaria al drenaje como se hace con los pavimentos flexibles. Recordando que las bases son las que fundamentalmente soportan las cargas es indispensable protegerlas del exceso de humedad que causaría reblandecimientos locales o totales en la superficie de apoyo de las

losas las cuales nunca podrán trabajar satisfactoriamente en forma de puentes, ocasionando fracturas, grietas o desniveles de las losas.

Las inspecciones realizadas deberán ayudar a investigar los siguientes puntos sobresalientes:

- 1.- Estado de las juntas y grietas
- 2.- Ruptura de las esquinas de las losas
- 3.- Superficies agrietadas en forma de mapas
- 4.- Descascaramiento de la superficie de las losas y sus orillas
- 5.- Desgaste de la superficie
- 6.- Acción de bombeo sobre los materiales de la base
- 7.- Asentamientos
- 8.- Levantamiento de las losas por falta de amplitud para su expansión
- 9.- Acotamientos y taludes
- 10.- Cunetas y drenes

Deben evitarse la existencia de juntas inclinadas que provoquen que una losa se monte aunque sea ligeramente sobre la adyacente en el momento de la expansión, así como las orillas defectuosas o materiales duros incrustados en la parte superior de las juntas ya que provocarían el astillamiento de la orilla de las losas por comprensión.

El material de relleno que ha sido expulsado de las juntas por la expansión de las losas debe removerse para evitar golpes al paso

del tránsito que provocaría fuerzas de impacto y vibración indeseables. Cuando las losas están en pendientes y sobre bases arenosas debe dárseles especial atención. En las pendientes las losas tienden a deslizar hacia abajo por lo que si las juntas no son perpendiculares puede ocurrir que una losa se monte sobre la otra, además el agua que penetra debajo de las losas tiende a socavar su asiento, cuando se tengan bases arenosas debe retirarse el material suelto que asciende ya que este se acumula en las juntas y grietas que impedirá la acción propia de las losas por temperatura.

Las juntas y las grietas deben atenderse en tiempo seco y de preferencia en los meses de temperatura alta que es cuando se dilatan mayormente las losas facilitando su limpieza y relleno, siguiendo los siguientes pasos:

- 1.- Limpieza de juntas y grietas de tierra, arena y demás materiales extraños con herramientas afiladas o aguzadas, cepillos y si es posible con aire comprimido.
- 2.- Rectificar los defectos de instalación o construcción de las juntas para evitar juntas inclinadas, haciendo los recortes necesarios para que las juntas tengan la suficiente amplitud y sean de una anchura uniforme.
- 3.- Remover con herramientas afiladas o calientes los materiales asfálticos expulsados por las losas.

4.- Relleno de juntas y grietas con material asfáltico adecuado al clima de la región para conseguir una completa impermeabilización.

5.- Cubrir la junta con un tendido ligero de arena para evitar escurrimiento e impedir que se adhiera a las llantas de los vehículos mientras adquiere su fraguado final, limpiando posteriormente esta arena para evitar costras duras.

Al rellenar las juntas el material de relleno debe dejarse de modo a un centímetro mas abajo que el nivel de la orilla superior de la losa, por ningún motivo debe colocarse un exceso de material; es preferible la escasez de material.

El extremo de las juntas o grietas en las orillas del pavimento debe ser limitado por un borde de tierra u otro sistema a fin de evitar la pérdida del material de relleno por escurrimiento. Las juntas o grietas amplias como es el caso de cruceros de ferrocarril, estructuras adyacentes o por expansión deben ser llenadas con materiales de mayor consistencia teniendo en cuenta que el material de relleno va de acuerdo con la amplitud de la junta, consolidándose para evitar huecos. Las grietas en las esquinas del pavimento deben tratarse de igual forma según lo explicado anteriormente siempre que su tamaño sea suficiente para no resentir desplazamientos, en caso contrario deben removerse la losa y hacer el arreglo apropiado de la base.

Cuando el pavimento está en general en buenas condiciones y solo

en lugares aislados se encuentra deteriorado, la reparación por medio de bacheo está indicada, siendo este un trabajo costoso no resulta económico cuando los agrietamientos, asentamientos y astillamientos abarcan zonas extensas, considerando que cuando el deterioro es menor de un 10% es de aceptar el bacheo en comparación con la reposición de losas.

El bacheo debe hacerse con los mismos materiales usados en la construcción, sin embargo en casos excepcionales se acostumbre bacheos provisionales con concretos asfálticos, y para la demarcación del tamaño de los baches deben considerarse las condiciones del pavimento existente, la forma y la dimensión del bache que pueda prestar estabilidad al mismo después de su reparación, en general los baches deben tener forma rectangular con lados rectos cortados perpendicularmente o paralelamente al eje del camino, en caso de no poder cumplir con lo anterior los cortes podrán hacerse en forma diagonal al eje del camino con ángulos mayores de  $30^{\circ}$ . El tamaño de los baches no debe ser menor de  $2 \text{ m}^2$  con lados no menores de 1.20 m. en el interior de las losas y de 1.80 m. en los lados que corresponde a las juntas de expansión.

La profundidad de reparación del bache no debe ser menor del espesor del pavimento y cuando la resistencia de la base sea dudosa es conveniente hacer el bache de mayor espesor. El refuerzo de los baches debe hacerse en la misma forma del pavimento existente salvando cuando sea posible el refuerzo existente, reconstruyendo en su forma original las juntas de expansión, contracción o construcción.

### Consideraciones para la operación de bacheo

1.- Cortar la losa de acuerdo con la demarcación hecha procurando que sus caras queden lo más rectas y verticales posibles, limpiando el polvo, tierra y partículas sueltas, después de haber realizado una pequeña zanja perimetral que permita la penetración del concreto nuevo 10 cm. más abajo que el existente, extendiéndose lo suficiente para que en una franja de 30 cm. adquiera el nivel del centro igual al existente. Se deben hacer las pruebas necesarias de las condiciones de la base, y si se encuentra reblandecida por exceso de humedad deben instalarse drenes ciegos cortando el bache hasta la orilla del pavimento, para desalojar el exceso de agua pues es indudable que esta se encuentra esparcida debajo del resto del pavimento. Si la base cuenta con poca resistencia debido a la calidad de sus materiales, es conveniente remover estos haciendo el mejoramiento necesario y la consolidación de proyecto.

2.- El concreto utilizado para la reparación del bacheo debe tener los materiales apropiados para dar cuando menos una resistencia igual a la del pavimento existente, procurando que su fraguado sea lo más rápido posible, dando un acabado a la superficie igual al existente.

Los asentamientos en los pavimentos rígidos pueden aparecer tanto en la parte central, como en las esquinas y las juntas de las losas, debido a inestabilidad en las bases, cambios de temperatura o cargas excesivas del tránsito.

Los asentamientos se pueden corregir de tres formas:

- 1) Renivelación con material asfáltico premezclado aplicándolo sobre la losa de concreto directamente.
- 2) Por medio de inyecciones a la base a fin de levantarla hasta adquirir su nivelación.
- 3) Reponer completamente la losa después de haber puesto la base en las condiciones óptimas de resistencia y nivelación.

Para decidir cual método debe aplicarse es necesario tener en cuenta las circunstancias que ocasionaron el asentamiento; si la losa asentada se encuentra agrietada en forma extensa haciendo imposible la inyección a la base pues la lechada tendería a salir por las grietas, conviene hacer la renivelación por medio de un tratamiento superficial a base de concreto asfáltico, pero si el agrietamiento es demasiado es preferible reconstruir la losa. - Cuando la losa se encuentre en buenas condiciones de resistencia presentando pocas grietas o nulas, y presenta un asentamiento no mayor de 10 o 12 cm. es recomendable realizar inyecciones hasta su renivelación.

Quando los asentamientos son debidos a drenaje inadecuado de la base ó a que sus materiales proporcionan una resistencia muy pobre, tanto el método de renivelación superficial con concreto asfáltico como la inyección se deben considerar temporales, ya que la reparación definitiva es la reposición de la losa.



Con bastante frecuencia en algunos terraplenes particularmente en los accesos de los puentes, el asentamiento de la sub-base continúa por algún tiempo, renivelando con concreto asfáltico - hasta que el asentamiento cesa, realizando en el momento oportuno la reposición de la losa.

El sistema de inyecciones a la base se usa tanto para renivelar losas asentadas como para llenar los huecos producidos por la expulsión de materiales de la base por las juntas o grietas, reemplazando el material perdido; antes de usar las inyecciones se deben verificar pruebas prácticas para determinar la cantidad de agua requerida para producir la consistencia adecuada de la mezcla, determinar la cantidad de cemento y materiales adicionales necesarios para el fraguado inicial y la estabilidad definitiva.

**ASPECTOS GENERALES DE CONSERVACIÓN EN VIAS FERREAS**

Los trabajos de conservación de vía son ejecutados tanto en la estructura como en la cama de la vía, existiendo básicamente tres requisitos que deben ser atendidos con especial atención.

- a) Buen drenaje.- influenciado directamente por el diseño apropiado de la cama de la vía y la limpieza del balasto.
- b) Cambio oportuno y adecuado de durmientes.
- c) Correcto alineamiento y nivelación, para lo cual es determinante contar con personal capacitado y un buen sistema de trabajo.

La eficiencia del sistema ferrocarrilero depende primordialmente del buen funcionamiento de la vía por lo que ésta deberá estar en las mejores condiciones posibles. La estabilidad de las terracerías influye grandemente en este aspecto ya que en si son la base del sistema, esta estabilidad estará garantizada en un amplio margen si se cuenta con un drenaje adecuado y eficiente que evite la humedad en exceso a la de proyecto con que fueron construidas ya que con el aumento de tráfico y equipo más pesado se presentan lugares en que las terracerías se aflojan o suavizan provocando bolsas de agua (aguachinado). Estas fallas son producidas generalmente por deficiencias en la construcción de las terracerías, tanto en cortes como en terraplenes en los que existe material arcilloso. Cuando se tiene un material inestable el sub-balasto y el balasto se incrustan en ocasiones en el terraplen ya suavi-

zado por el agua a causa del paso de los trenes pesados y al tratar de solucionar esta falla colocando mas balasto en la vía lo que se consigue es crear una bolsa interior, ya que el material de la terracería es desplazado lateralmente y hacia arriba en algunas ocasiones, formando paredes que impiden el drenaje. Esto se corrige excavando drenes laterales paralelos a la vía a 2.75 m. del centro de la misma. En los casos de tener que drenar bolsas de agua en terraplenes, el dren se excava a 0.30 m. de la base del talud con la suficiente longitud para cubrir el sitio donde esta la bolsa o bolsas de agua ya no menos de 0.65 m. abajo del fondo de la bolsa de agua mas honda. Se coloca en la base del dren un tubo perforado de un diametro no menor de 6", dejando las perforaciones hacia abajo y con una pendiente uniforme no menor de 2% con la longitud suficiente para sacar el agua del corte o terraplen según el caso, este dren puede tener de 0.45 a 0.60 m. de ancho, relleniéndolo con material permeable que servirá de filtro por lo que su tamaño deberá ser tal que no se vaya con el agua hacia adentro del tubo perforado.

El balasto de piedra triturada o grava lavada grande pueden servir de relleno, si la longitud a cubrir es considerable se debe aumentar progresivamente el diametro del tubo a fin de conducir el gasto sin dificultad; su salida deberá estar localizada de tal forma que el material que sea acarreado no obstruya con el tiempo la salida, y sin deslavar el material del terraplen o corte construyendo un lavadero con rejillas a la salida.

En caso de no ser suficientes estos drenes paralelos se construi-

rán líneas auxiliares transversales que pasan por debajo de la vía, uniéndolos a los drenes principales y separados de 3 a 12 m. según el tamaño y cantidad de las bolsas de agua y material que se va a drenar, tendrán una pendiente mínima de 4% usando de preferencia 8% para evitar la sedimentación no se deberán usar pendientes mayores a 16% ya que existe el peligro de empuje sobre la tubería principal.

Con objeto de drenar rápidamente la terracería la subrasante deberá tener un bombeo del 2% el cual deberá verificarse siempre que tenga oportunidad. Sobre la subrasante se tendrá una capa de balasto de un espesor mínimo de 12 pulgadas hasta la cara inferior del durmiente, lo que permitirá un rápido drenado; el balasto deberá conservarse limpio de polvo, material vegetal, cenizas o cualquier otro material que impida el paso del agua, por lo que la limpieza periódica del balasto en la vía es esencial y la profundidad a que debe llevarse la limpieza es variable siendo por regla general hasta la cara inferior del durmiente.

Esta actividad reviste gran importancia ya que al ser obstruidos los conductos u oquedades propician que la humedad sea retenida en el balasto donde por resultado que los durmientes se pudran con mayor rapidez, disminuyendo en gran medida la vida útil de éste por la fricción que se ejerce con el balasto.

La vegetación sobre la vía impide una buena inspección, y en casos extremos cuando la vegetación llega a cubrir parte del riel provoca el patinaje de las locomotoras que se traducen en quemadas del riel y reducción en el poder tractivo.

Para obtener el mayor beneficio de un drenaje adecuado y de la limpieza del balasto se debe hacer un ligero levante de vía periódicamente, aplicando balasto nuevo bajo los durmientes, este levante puede considerarse indispensable en las vías troncales.

En vías de mucho movimiento en las que predomina el tráfico muy pesado el levante debe ser anual, para vías bien conservadas dedicadas al tráfico de pasajeros hacer un levante cada cuatro años es suficiente, entre estos límites y de acuerdo con la frecuencia, peso de los trenes y el estado de las terracerías así como el balasto usado se decidirá la frecuencia del levante.

Puede presentarse el caso de tener una vía que se ve bien alineada y nivelada, sin embargo los trenes no corren con perfecta estabilidad, sintiéndose fuertes movimientos laterales, lo cual es debido a que el balasto está apretado al centro del durmiente, condición llamada "banda" siendo indispensable un levante.

Este caso se presenta debido al asentamiento de la vía en el balasto haciendo que este pierda cierta flexibilidad; el calzado del durmiente debe hacerse desde su extremo no olvidando calzar los extremos exteriores de las cabezas, trabajando en posiciones opuestas dos calzadores y llenando de balasto el centro del durmiente solamente con un biello.

El levante debe hacerse en ambos rieles al mismo tiempo, dejando un tramo suficiente de rampa o remate entre el nuevo nivel adquirido y el viejo.

Teniendo una terracería sólida balasto limpio con suficiente espesor para proporcionar drenaje adecuado y elasticidad en la vía, durmientes en buenas condiciones y riel del calibre adecuado -- perfectamente anclado, los trenes pueden viajar con movimientos laterales súbitos a velocidades reducidas y sujetos a accidentes, sino existe una buena nivelación y un alineamiento adecuado, debiendo realizarse una nivelación general, esto quiere decir poner a nivel las tangentes y aplicar la sobreelevación adecuada en las curvas ajustando su entrada y salida, y posteriormente se alinearán los rieles a fin de que los trenes puedan correr sin desviaciones bruscas.

El alineamiento se realiza riel a riel teniendo como referencia el alineamiento de 5 o 6 rieles atrás del punto donde se inició la nivelación.

La maquinaria en ferrocarriles puede dividirse en forma general en dos categorías, maquinaria pesada de construcción y maquinaria de vía.

La maquinaria pesada de construcción se usa mucho en los trabajos de conservación, porque lleva a cabo con rapidez, eficiencia y economía trabajos como ensanche y reforzamiento de taludes, ampliación de cortes, construcción y limpieza de cunetas y canales, limpieza de derrumbes y deslizamientos, relleno de eslavos, tendido de taludes, construcción de desvíos, ayuda en descarrilamientos y manejo de materiales. Podemos mencionar en esta categoría

palas, dragas, gruas, tractores, escregas, cargadores, plumas telescópicas y motoconformadoras.

Dentro de la maquinaria de vía podemos mencionar vaciadores de vía, limpiadora de balasto, gatos mecánicos, alineadoras, colocadoras de durmientes, calzadoras, extractores de clavos, clavadoras, taladros y apretadores de tornillos.

Algunos factores que se deben tomar en cuenta antes de decidir si es conveniente usar herramientas mecánicas son:

- a) Cantidad de trabajo a ejecutar.
- b) Disminución o aumento en el peligro de accidentes al ejecutar los trabajos con herramientas mecánicas.
- c) El costo de su mantenimiento.
- d) Cuentan con energía propia o portátil prácticas y económicas.
- e) Requieren de lugar especial para su almacenamiento.
- f) Requiere de operadores altamente especializados.

Al realizar una rehabilitación en tramos de longitud considerable como es el cambio de balasto, cambio de durmientes, cambio de riel, levante, reconstrucción o ensanche de terraplen, etc. el uso de la herramienta mecánica por su rapidez al ejecutar el trabajo, así como por su gran rendimiento será una solución económica y por lo tanto aceptada.

**CONSERVACION DE LA AUTOPISTA MEXICO-CUERNAVACA**

En los capítulos anteriores se ha establecido la necesidad de proporcionar la debida conservación a las vías de comunicación (caminos aeropuertos, ferrocarriles) a fin de que estos ofrezcan la seguridad de ser transitados en toda época del año, sin representar un riesgo para los equipos que los utilizan, brindando un máximo de comodidad y seguridad en la transportación de personas y mercancías.

A continuación con el objeto de ilustrar lo anteriormente señalado se presenta el programa de actividades desarrolladas en la conservación de la autopista México-Cuernavaca a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.

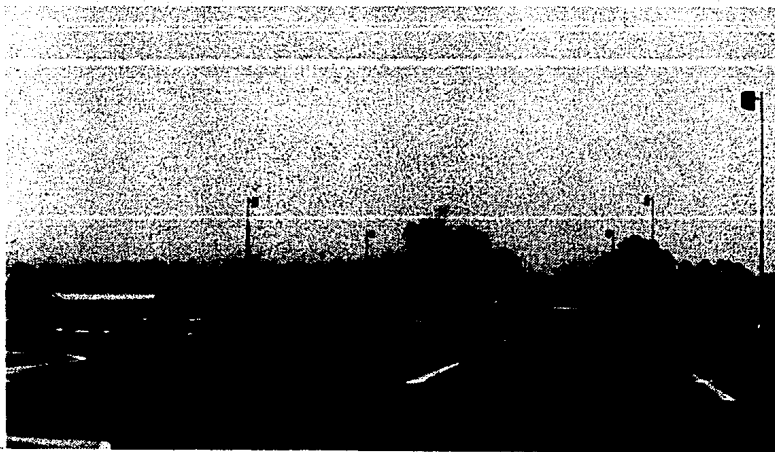
Los trabajos realizados en el período anual en la autopista México-Cuernavaca corresponden a una conservación normal.

El espesor promedio de la sobrecarpeta es de 10 cm. utilizando material de mezcla en planta, colocándose sobre la carpeta existente lo que tiende a incrementar el espesor total de la carpeta, creándose así un problema de nivel con el acotamiento, así como en el galibo de los pasos a desnivel.

A fin de evitar diferencias considerables entre el nivel de carpeta y del acotamiento se procede a la pavimentación de este último creándose una ampliación de la superficie de rodamiento, que ha sido utilizada por el tráfico pesado en los tramos de pendientes pronunciadas lo cual ha beneficiado al tránsito en general. La



duración promedio de estos trabajos es de dos años que se ha aceptado como bueno para este tipo de camino.



Realizando trabajos de conservación normal en la carretera  
México-Cuernavaca.

El problema de los galibos se ataca escarificando el pavimento, reparando los daños sufridos por la base o sub-base y colocando la nueva carpeta, a fin de ligar la carpeta existente con la nueva se aumenta gradualmente el espesor de la carpeta.

Observamos aquí que el reciclado de pavimentos no es posible ya que no se realiza una escarificación de tramos con una longitud considerable y sin embargo, el costo de renivelar acotamiento, bordos, defensas, bordillos, banquetas y en sí las cunetas se hace - cada vez más alto, por lo que es mi opinión en esta tesis que se estudie el reciclado del concreto asfáltico en esa autopista. El calavereo se realiza mediante una mezcla hecha en el lugar extendiéndose sobre la superficie de rodamiento a fin de eliminar grietas y desgastes prematuros de la carpeta.

La inscripción periódica de la autopista ha dado como resultado el estar al tanto de los problemas que se presentan o puedan presentarse, por lo que es poco frecuente las reparaciones de emergencia debidas al desconocimiento de las causas que actuaron en el deterioro del camino. El desyerbe y limpieza recibe especial atención tanto en el derecho de vía como en las obras de arte y taludes tanto de puentes, cortes y terracerías, al camellón central tiene especial cuidado ya que aparte de ser un elemento del paisaje evita los deslumbramientos por el tráfico, no obstante en algunos lugares ha sido necesario colocar defensas y muros, teniéndose en la actualidad una malla antideslumbrante sobre estos elementos.

Las obras hidráulicas son reparadas al menor indicio de destrucción ya que como se ha mencionado anteriormente un buen drenaje asegura en gran medida la duración de las obras en caminos.

Debido al fuerte tráfico a que es sometida la autopista es necesario contar con la adecuada señalización de ésta y aún cualquier - adición se ha observado que no esta de más ya que en la mayoría de los casos de accidentes estos tienen lugar por la falta de pericia de los conductores, así pues el señalamiento tanto horizontal como vertical es de especial cuidado en el recorrido e inspección de los tramos.

El cierre de accesos no autorizados por caminos y puentes son - cerrados inmediatamente ya que constituyen un peligro al tráfico que es considerado de alta velocidad.

En general como se pudo observar el estado que guarda la autopista México-Cuernavaca es bueno debido al estudio que se ha tenido de ésta para la elaboración del programa anual de actividades y al periódico recorrido e inspección de los tramos.

PROGRAMA DE TRABAJO POR EJECUTAR EN LA CONSERVACION DEL CAMINO  
MEXICO-CUERNAVACA

ACTIVIDAD	REALIZACION
Bacheo de carpeta (por contrato)	Feb. Mzo. Abl. May. Jun.
Sobrecarpeta (por contrato)	Feb. Mzo. Abl. May. Jun. Oct. Nov. Dic.
Galavereo de carpeta y acostamiento	Ene. Feb. Mzo.
Riego de sello negro	Abl. May. Jun. Oct. Nov. Dic.
Riego de sello rojo	May. Jun. Oct. Dic.
Desyerbe derecho de vía	Ene. Maz. Abl.
Arreglo de guarniciones	Abl. May. Jun.
Arreglo de cunetas	Feb. Maz. Abl.
Desazolve de alcantarillas	Abl. May.
Pintar cunetas	Ene. Feb. Mzo.
Pintar guarniciones	May. Jun. Jul.
Pintar rayas en carpeta	Feb. Mzo. Abl. May. Jun. Oct. Nov. Dic.
Pintar parapetos en puentes	Jun. Jul.
Pintar defensas	Abl. May. Jun.
Limpieza del camino	Todo el año
Colocación de vialetas	Jun. Dic.
Jardinería de vasetas y gasolineras	Todo el año
Viveros, replante y su conservación	Todo el año



# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERVACION ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

*Fabián*

## AVANCES DE OBRA

CAMINO México-Cuernavaca PERIODO 1-15 Ago.

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	IZQUIERDO		DERECHO		RENDIMIENTOS	
			KM a KM	KM a KM	KM a KM	KM a KM		
1	CARPETA							
a	Calavereo compacto	m3	20+000	80+500		20+000	69+500	10
b	Bacheo "	m3	53+750	58+000		66+350	68+900	15
c	Renivelación "	m3						
d	Reencarpetao "	m3						
e	Sello	m2				76+100	80+500	8640
f	Barrido de sello	m2				73+650	80+500	30140
2	ACOTAMIENTO							
a	Bacheo compacto	m3				35+500	35+510	1
b	Renivelación "	m3						
c	Sello rojo	m2				54+200	55+300	3240
d	Barrido de sello	m2				73+650	80+500	9000
3	DESYERBE Y LIMPIEZA EN:							
a	Derecho de vía	m2	26+400	50+750		33+100	77+800	21650
b	Cunetas	m1						
c	Quarnciones	m1				35+500	72+100	2800
d	Lavaderos	m1						
e	Taludes en puentes	m2						
f	Acotamiento	m2						













# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

## AVANCES DE OBRA

CAMINO Mexico-Cuernavaca PERIODO 16-31 Ago

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	I Z Q U I E R D O			D E R E C H O			RENDIMIENTOS				
			KM	a	KM	KM	a	KM		KM	a	KM	
6	seto <u>poda</u>	m1				21+900	-	25+700	76+200	-	72+200		7800
h	casellón central	m2				21+900	-	25+700	76+200	-	72+200		7800
4	OBRAS HIDRAULICAS												
a	reparación de cunetas	m1											
b	" " guarniciones	m1	30+700	-	34+060			71+000	48+000				193
c	" " lavaderos	m1											
d	desazolve " contracunetas												
e	" " alcantarillas	pza								33+500			2
	" " cunetas	pza											
	" " lavaderos	pza											
5	CERAMAMIENTO COLOC. Y/O												
	REPARACION DE: . . .												
a	señales	pza								22+000	-	58+050	18
b	fantasmas	pza											
c	postes de kilometraje	pza											
d	defensas metálicas	pza				36+900			61+400				15
e	postes para defensa	pza				36+900			61+400				11
f	postes para cerca	pza											
k	alambre de púas	m1	61+600							62+200	-	63+100	550







# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

*Febrero*

## AVANCES DE OBRA

CAMINO México - Cuernavaca PERIODO 1-16 Sep.

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	I ZQUIERDO				DERECHO				RENDIMIENTOS
			KM a KM		KM a KM		KM a KM		KM a KM		
1	CARPETA										
a	Calavereo compacto	m3							20+000-69+500	4	
b	Bacheo "	m3	58+350	-59+300					33+800-69+500	32	
c	Renivelación "	m3									
d	Reencarpetao "	m3									
e	Sello	m2									
f	Barrido de sello	m2									
										8	
2	ACOTAMIENTO										
a	Bacheo compacto	m3									
b	Renivelación "	m3	71+000						70+600-71+300	52	
c	Sello rojo	m2									
d	Barrido de sello	m2							70+600-71+300	800	
3	DESYERBE Y LIMPIEZA EN:										
a	Derecho de via	m2	35+500	-80+250					20+300-76+000	113,000	
b	Cunetas	m1							19+100-37+500	2,800	
c	Guarniciones	m1	78+000	-80+250					21+400-23+100	1,850	
d	Lavaderos	m1									
e	Taludes en puentes	m2							18+900-19+040	850	
f	Acotamiento	m2									



# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV. ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

AVANCES DE OBRA  
CAMINO Ménco-Cuzumaca PERIODO 1-15 Sep

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	I Z Q U I E R D O			D E R E C H O			RENDIMIENTOS			
			KM	a	KM	KM	a	KM		KM	a	KM
g	seto	m1						18+500 - 65+600		44.500		
h	casellón central	m2			70+000 - 80+500		70+000 - 80+500			2400		
h	OBRAS HIDRAULICAS											
a	reparación de cunetas	m1										
b	" " " guarniciones	m1			44+800		44+800	71+000		226		
c	" " " lavaderos	m1								1		
d	desazolve " contracunetas											
e	" " " alcantarillas	pza										
	" " " cunetas	pza										
	" " " lavaderos	pza						23+300		1		
5	SEÑALAMIENTO COLCC. Y/O											
	REPARACION DE: . . .											
a	señales	pza	30+100		60+950			70+600		16		
b	fantasmas	pza						36+200 - 71+220		33		
c	postes de kilometraje	pza										
d	defensas metálicas	pza	28+300 - 31+000		70+700			66+700		12		
e	postes para defensa	pza	28+300					66+700		8		
f	postes para cerca	pza	61+200 - 63+800					60+900 - 76+000		8		
g	walambre de púas	m1						60+900 - 76+000		700		











# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

## AVANCES DE OBRA

CAMINO México-Cuernavaca PERIODO 16-30 Sep.

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	I Z Q U I E R D O						D E R E C H O						RENDIM.F.POS
			KM		a		KM		KM		a		KM		
g	seto	m1					25+500	70+000	25+300	80+500					21.500
h	cancelón central	m2					51+400	52+500	25+500	80+500					4.400
4	OBRAS HIDRAULICAS														
a	reparación de cunetas	m1													
b	" " guarniciones	m1					47+600	48+000			71+000				353
c	" " lavaderos	m1									55+500				2
d	deanzolve " contracunetas														
e	" " alcantarillas	pza													
	" " cunetas	pza													
	" " lavaderos	pza													
5	SEMALAMIENTO COLOC. Y/O														
	REPARACION DE: . . .														
a	señales	pza	20+800	79+200							23+000	75+150			38
b	fantasmas	pza													
c	postes de kilometraje	pza													
d	defensas metálicas	pza	30+700						24+900	30+500	70+000	77+000			26
e	postes para defensa	pza	30+700						24+900	30+500	70+000	77+000			10
f	postes para cerca	pza									63+500	63+900			2
g	alambre de púas	m1									63+500	63+900			220



# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

## AVANCES DE OBRA

CAMINO México-Cuzco PERIODO 16.30 Sep.

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	I ZQUIERDO			DERECHO			RENDIMIENTOS
			KM	a	KM	KM	a	KM	
h	construcción barrera central	ml					66+500		60
	<i>Postes metálicos</i>	<i>pza</i>					66+500		10
6	PINTURA EN:								
a	raya blanca	ml			18+960	48+000	18+960	24+000	24300
b	raya amarilla	ml			23+300	48+000			24700
c	postes de kilometraje	pza							
d	fantasmas	pza							
e	defensas metálicas	pza							100
f	postes para defensa	pza							
g	postes para cerca	pza							
h	guarniciones	ml							
i	cunetas	ml							
j	puentes	pza							
k	parapetos de puentes	pza							
	gálibo del puente	pza							
	barrera central	ml							
		^							
7	LIMPIEZA Y/O LAVADO DE:								
a	postes de kilometraje	pza							
b	fantasmas	pza							
c	defensas metálicas	pza							



# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERVACION ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

## AVANCES DE OBRA

CAMINO Mérida - Guernavaca PERIODO 16-30 Sep

clave	CONCEPTOS	UNIDAD	I Z Q U I E R D O						D E R E C H O						RENDIMIENTOS	
			KM		a		KM		KM		a		KM			
d	reñalesamiento	pza														
	General del camino	m <sup>2</sup>														308 750
8	JARDINERIA															
a	casetas "Sortir agua" lts.	lote														240 000
b	zanolinarias "Sortir agua" lts.	lote														180 000
c	retornos	lote														
d	reforestación de seto	pza														
e	reforestación derecho de vía	pza														
	desyerbe de jar															
9	OTROS															
a	recargue talúd	m3														
b	" guarniciones	m3														
c	arripe de terraplenes	m3														

101



# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV. ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

*Estión*

## AVANCES DE OBRA

CAMINO Méico-Guerrero PERIODO 1-15 Oct

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	I Z Q U I E R D O						D E R E C H O						RENDIMIENTOS
			KM			KM			KM			KM			
			a			a			a			a			
1	CARPETA														
a	Calavereo compacto	m3											21+600-47+200	7	
b	Bacheo "	m3											57+950-60+100	9	
c	Renivelación "	m3											66+300-69+500		
d	Reencarpetao "	m3													
e	Sello	m2													
f	Barrido de sello	m2													ICA
2	ACOTAMIENTO														
a	Bacheo compacto	m3											48+000	2	
b	Renivelación "	m3													
c	Sello rojo	m2													
d	Barrido de sello	m2											73+400-73+900	1200	
3	DESYERBE Y LIMPIEZA EN:														
a	Derecho de vía	m2											50+600-67+400	124 000	
b	Cunetas	m1											38+400-41+800	2900	
c	Guarniciones	m1											38+400-41+800	4900	
d	Lavaderos	m1													
e	Taludes en puentes	m2													
f	Acotamiento	m2													



# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

## AVANCES DE OBRA

CAMINO México-Cuernavaca PERIODO 1-15 Oct.

Clave	CONCEPTOS	UNI DAT	I Z Q U I E R D O			D E R E C H O			RENDIMIENTOS						
			KM	a	KM	KM	a	KM		KM	a	KM			
a	seto	m1								38+100-38+300			200		
b	camellón central	m2								26+600-78+200			10200		
4	OBRAS HIDRAULICAS														
a	reparación de cunetas	m1													
b	" " guarniciones	m1									5+300		20		
c	" " lavaderos	m1											100		
d	desazolve " contracunetas														
e	" " alcantarillas	pza													
	" " cunetas	pza									24+100-25+200		7		
	" " lavaderos	pza													
5	REPARACION COLOC. Y/O														
	REPARACION DE: . . .														
a	señales	pza									37+750-60+900			9	
b	fantasmas	pza													
c	postes de kilometraje	pza													
d	defensas metálicas	pza									20+200-24+100	26+400-33+200	26+350-26+600	52+000-66+600	48
e	postes para defensas	pza									20+200-24+100	26+400-33+200	26+350-26+600	50+000-66+600	29
f	postes para cerca	pza													
g	alambre de púas	m1												62+000-64+000	3150









# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

*Exhibición*

## AVANCES DE OBRA

CAMINO México-Cuernavaca PERIODO 16-31 Oct.

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	I ZQUIERDO			DERECHO			RENDIMIENTOS
			KM	a	KM	KM	a	KM	
1	CARPETA								
n	Calavereo compacto	m3					19+000-69+500	1.25	
b	Bacheo "	m3			56+350-69+450			5	
c	Renivelación "	m3							
d	Reencarpetado "	m3							
e	Sello	m2							
f	Barrido de sello	m2						2	
2	ACOTAMIENTO								
a	Bacheo compacto	m3	67+500					1	
b	Renivelación "	m3							
c	Sello rojo	m2							
d	Barrido de sello	m2							
3	DESYERBE Y LIMPIEZA EN:								
a	Derecho de via	m2	22+000-48+800				46+100-73+000	118 200	
b	Cunetas	m1	29+000-48+350				30+400-71+800	8600	
c	Guarniciones	m1	29+000-48+550				30+400-71+800	10,060	
d	Lavaderos	m1							
e	Teludes en puentes	m2							
f	Acotamiento	m2							



# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

## AVANCES DE OBRA

CAMINO Melipe - Guaymas PERIODO 16-31 Oct.

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	IZQUIERDO			DERECHO			RENDIMIENTOS	
			YM	a	YM	YM	a	YM		
e	seto poda	m1				18+500	80+500		52600	
h	casellón central	m2			27+900	35+500	73+300	74+900	6300	
4	OBRAS HIDRAULICAS									
a	reparación de cunetas	m1	34+500						20	
b	" " guarniciones	m1	35+500	39+000			35+500	38+000	145	
c	" " lavaderos	m1							15	
d	desazolve " contracunetas									
e	" " alcantarillas	pza								
	" " cunetas	pza								
	" " lavaderos	pza								
5	SEÑALAMIENTO COLOC. Y/O									
	REPARACION DE: . . .									
a	señales	pza	58+750				35+500	56+500	17	
b	fantasmas vialetas	pza				66+360	66+750		60	
c	postes de kilometraje	pza								
d	defensas metálicas	pza			28+700	36+900		67+700	33	
e	postes para defensa	pza			28+700	36+900		67+700	24	
f	postes para cerca	pza						61+400	62+260	3
g	alambre de púas	m1	61+700	75+000				61+400	75+000	835







# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

*Fabián*

## AVANCES DE OBRA

CAMINO México - Guasmasur PERIODO 1-15 NOV.

No. Inv.	CONCEPTOS	UNIDAD	IZQUIERDO				DERECHO				RENDIMIENTOS
			KM a KM		KM a KM		KM a KM		KM a KM		
1	CARPETA										
a	Calavereo compacto	m3									
b	Bacheo "	m3						21+200	21+710	9	
c	Renivelación "	m3									
d	Reencarpetado "	m3									
e	Sello	m2									
f	Barrido de sello	m2									
2	ACOTAMIENTO										
a	Bacheo compacto	m3	41+800					35+550		1.9	
b	Renivelación "	m3									
c	Sello rojo	m2									
d	Barrido de sello	m2									
3	DESYERBE Y LIMPIEZA EN:										
a	Derecho de vía	m2	23+900	52+200				35+500	74+000	62500	
b	Cunetas	m1	41+900	50+100				71+800	72+600	4320	
c	Guarniciones	m1	23+900	52+200				35+500	74+000	7640	
d	Lavaderos	m1									
e	Taludes en puentes	m2									
f	Acotamiento	m2									



# CPFISC

DIRECCION DE OPERACION  
SUBDIRECCION DE CONSERVACION  
GERENCIA DE CONSERV ZONA SUR  
GERENCIA TECNICA

## AVANCES DE OBRA

CAMINO México-Cuernavaca PERIODO L15700

Clave	CONCEPTOS	UNIDAD	IZQUIERDO						DERECHO						RENDIMIENTOS
			KM a KM			KM a KM			KM a KM			KM a KM			
6	seto	m1													
h	camellón central	m2				18+500	36+100		59+600	73+200					6100
	<i>Desarrollo de árboles Planchalida</i>	<i>pza</i>	<i>80+000</i>												4
4	OBRAS HIDRAULICAS														
a	reparación de cunetas	m1													
b	" " guarniciones	m1	39+900	43+100											163 E
c	" " lavaderos	m1													
d	desarrollos " contracunetas														
e	" " alcantarillas	pza													
	" " cunetas	pza													
	" " lavaderos	pza													
5	SEÑALAMIENTO COLOC. Y/O														
	REPARACION DE: . . .														
a	señales	pza	80+000						42+050	52+250					3
b	fantasmas	pza	35+500	44+000					35+500	42+000					42
c	postes de kilometraje	pza													
d	defensas metálicas	pza	26+000	26+020	27+000	27+040	49+750		51+600	61+250					17
e	postes para defensa	pza	26+000	26+020	27+000	27+040	49+750		51+600	61+250					28
f	postes para cerca	pza	53+650												1
g	alambre de púas	m1	61+600	75+000					53+650	74+000					1000







**CAPITULO V.****CONCLUSIONES**

Durante el desarrollo de esta tesis se indicó que la conservación de vías terrestres, tiene un carácter mas de planeación y económico que de alta técnica e ingeniería, ya que la oportunidad y eficiencia con que se lleven a cabo las obras de mantenimiento o reconstrucción, sería un fiel reflejo de buen aprovechamiento de las vías de comunicación.

La realización de un proceso de planeación se manifiesta en un programa que ubique en el tiempo y el espacio las acciones previamente evaluadas, con el objeto de mejorar o conservar el estado actual de las obras, este programa deberá contar con los fondos necesarios en el momento oportuno para su implementación.

Entre las principales ventajas que nos proporciona un programa de mantenimiento podemos señalar:

- 1.- Los funcionarios deberán pensar en términos de objetivos.
- 2.- Fija y jerarquiza los objetivos y metas que es necesario cumplir, mediante la realización de programas a corto plazo.
- 3.- Permite asignar los recursos en forma mas racional a fin de alcanzar los objetivos programados, evitando posibles retrasos en su ejecución.
- 4.- Permite el mejoramiento de la organización administrativa, obligado a mejorar los sistemas de información, detectando las funciones duplicadas al igual que los vacíos en las atribuciones

de los servicios.

5.- Delimita funciones específicas a las unidades operativas y responsabilidades al personal.

Los graves y costosos daños que lleva consigo un deficiente o nulo mantenimiento deben ser evitados, dando un fuerte apoyo a los programas de conservación a las vías terrestres de comunicación, ya que el invertir fuertes cantidades solo en la construcción de nuevas vías de comunicación llevará a cualquier estado a la ineficiencia en esta materia.

Un punto que no se ha tocado es el referente a las aeropistas, - debido a lo singular de los vehículos que transitan sobre ellas. En las carreteras por ejemplo transitan vehículos que transmiten su peso a la superficie de rodamiento a través de llantas montadas en ejes, de acuerdo al peso del vehículo varía el número de ejes así como su disposición a lo largo del vehículo, lo que permite distribuir más eficientemente el peso, obteniéndose así una carga puntual por eje. Las aeronaves tienen un peso mayor que el promedio de vehículos terrestres, el número de ejes así como su disposición están restringidos lo que nos imposibilita para repartir la carga a lo largo de la aeronave que transmitirá su peso en un área reducida siendo por esta causa una carga puntual elevada.

Esta consideración nos lleva a reflexionar sobre tipo de material, espesores y dimensiones que deberá tener la superficie de rodamiento, pues si bien podemos suponer que en el aterrizaje el impacto lo recibirán en mayor proporción las llantas que el pavimento, en el despegue cuando toma posición la aeronave el pavimento

deberá soportar el peso total del vehículo en un área pequeña además de la vibración que éste produce al acelerar las turbinas, lo que nos lleva a considerar condiciones especiales, que para satisfacerlas se deberá contar con especificaciones de -- construcción especiales.

En cuanto al mantenimiento de las aeropistas podemos señalar que las consideraciones hechas anteriormente son válidas si se tienen en cuenta las especificaciones respectivas.

## B I B L I O G R A F I A

CONSERVACION DE VIA  
MANUAL PARA TRABAJADORES DE VIA  
ING. S. ENRIQUE REYES REDDING.

INSTRUCTIVO SOBRE CONSERVACION DE CAMINOS  
ING. SALVADOR G. DE QUEVEDO

CAPAS DE SELLO Y  
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.

NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACION  
Y RECONSTRUCCION DE CARRETERAS  
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION  
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS  
PARTES PRIMERA, SEGUNDA, TERCERA, CUARTA, OCTAVA Y NOVENA

EMULSIONES ASFALTICAS  
ING. NAPOLEON RAMOS SALIDO

APUNTES DE PLANEACION  
ING. JORGE A. HINOJOSA PEREZ