

171
2 Ecu.

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**



Facultad de Ingeniería

**APLICACION DEL METODO DE CALIFICA-
CION A LA RED FEDERAL DE LA
REPUBLICA MEXICANA**

TESIS PROFESIONAL

**Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL**

P r e s e n t a n

RITA ROCHA GOMEZ

MARCO ANTONIO ALEMAN DIAZ



México, D. F.

1985



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

APLICACION DEL METODO DE CALIFICACION A LA RED FEDERAL DE LA REPUBLICA MEXICANA

CAPITULO I	
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	
OBJETIVO	5
CAPITULO III	
TIPOS DE EVALUACION	
III.1 Definición	7
III.2 Finalidad de la Evaluación de pavimentos	7
III.3 Evaluación Cualitativa	11
III.4 Evaluación Cuantitativa	13
CAPITULO IV	
CALIFICACION	
IV.1 Antecedentes	19
CAPITULO V	
METODOS EXISTENTES	
V.1 Mediante observadores	24
V.2 Mediante instrumentos	33
CAPITULO VI	
APLICACION A LA RED FEDERAL	
VI.1 Tramos en estudio	45
VI.2 Calificación actual de la superficie de rodamiento del tramo Sta. Bárbara - Río Frío	45
VI.3 Calificación actual de la superficie de rodamiento del tramo Chalco-Cuautlixco	49
VI.4 Índice de Servicio Actual	50
VI.5 Resultados obtenidos mediante la aplicación del método en el Edo. de Hidalgo	52

CAPITULO VII	
CONCLUSIONES	58
APENDICE	60
BIBLIOGRAFIA	67

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

El transporte Carretero constituye el núcleo del sistema de transporte en México, al atender el 80% del movimiento interurbano nacional de carga y el 98% del servicio de pasajeros.

La construcción del sistema de transporte carretero tuvo su inicio en el año de 1925, con la creación de la Comisión Nacional de Caminos, por parte del entonces Presidente de la República, General Plutarco Elías Calles. La finalidad de dicha Comisión sería construir, conservar y mejorar los nuevos caminos.

Previendo el poco tránsito que al principio tendrían las carreteras, la Comisión adoptó el procedimiento de "camino progresivo", consistente en mejorar paulatinamente la superficie de rodamiento, en relación con la intensidad del tránsito.

De 1925 a 1928 la Comisión ejecutó los trabajos siguientes: 247 km. de caminos llamados petrolizados, protegidos superficialmente mediante un derivado del petróleo, 332 km. de caminos revestidos y 700 km. en proceso de construcción.

Al finalizar el año de 1929 se había obtenido un considerable avance en la construcción del camino México-Nuevo Laredo, con el tramo México-Pachuca y el ramal Montemorelos General Terán pavimentados, el primero con tres riegos y el segundo con dos; el camino México-Puebla, terminado con --- tres riegos; en el camino México-Acapulco se había dado ya el primer paso; y en los caminos Venta de Carpio-Pirámides-Teotihuacán, Santa Bárbara-Cuautla y Alpuyecaca-Grutas de Cacahuamilpa había tránsito aunque sobre revestimiento aún incompleto.

Rápidamente aparecieron grandes volúmenes de tránsito en los caminos construídos, especialmente en los inmediatos a la Capital de la República y con ello la necesidad de ampliarlos. Tal fue el caso de la Carretera México-Toluca, - que al ser insuficiente con dos carriles se tuvo que ampliar a cuatro, además de haber sido complementada con otra ruta que comunica el Norte de la Ciudad de México con Toluca (Naucalpan-Toluca) con dos carriles.

Para el año de 1940 ya habían sido construídas las --- principales carreteras con que cuenta en la actualidad nuestra Red Federal; se trata, en su mayoría, de pavimentos --- construídos con arcillas, que presentan grandes deformaciones y están sujetos a cambios volumétricos.

Actualmente la red de carreteras del País cuenta con una longitud de 213,000 km., que si bien son insuficientes - para cubrir las necesidades del gran número de núcleos de -

población existentes, unen entre sí zonas de gran importancia en el aspecto productivo y de consumo.

De los 213,000 km. de carreteras de la República Mexicana, 51,000 km. están constituidos por Carreteras Estatales, 120,000 km. por Carreteras Rurales y 42,000 por Carreteras Federales. Es a éstas últimas a las que se avoca el presente trabajo.

Las Carreteras Federales, llamadas también Rutas Troncales o Nacionales, son aquellas que se construyen con fondos de la Federación; son caminos, por lo general, de longitud considerable, comunicando la Capital de la República -- con las fronteras y con los puertos, las Capitales de los Estados entre sí y los puertos a lo largo de los litorales. Todo ello constituye la Red Federal, cuya construcción no fue planeada previamente, sino que obedeció a las necesidades de comunicación de los principales centros de producción y de consumo.

Las Carreteras Estatales son aquellas construidas por un sistema de cooperación entre el Gobierno Federal y el de los Estados, siendo su longitud menor que la de las Carreteras Nacionales y generalmente más angostas.

Los Caminos Rurales son de especificaciones más modestas que los anteriores y de longitudes generalmente cortas; tienen como finalidad cubrir las necesidades que no satisfi

cen las Carreteras Federales, ni las Estatales y complementan nuestra red vial.

Actualmente la Red Carretera de nuestro País presenta deterioro en el pavimento y congestión en la sección en diversos tramos, lo cual trae consigo como consecuencia la necesidad de rehabilitación, reconstrucción y ampliación de la misma. Esto no es posible en virtud de que el Gobierno Federal, dado el déficit monetario en que se encuentra, no cuenta con los recursos económicos suficientes para poder llevar a cabo una obra que abarque la totalidad de la Red.

Es por lo anterior, que se tiene la necesidad de establecer prioridades y de realizar un estricta selección de los tramos a reconstruir o rehabilitar, para satisfacer necesidades inmediatas en base a los recursos con que se cuenta.

CAPITULO II

O B J E T I V O

En el presente trabajo se analiza el Método de Calificación y la obtención de Índice de Servicio Actual de un pavimento, desde sus antecedentes hasta su aplicación a la Red Federal de la República Mexicana. El objetivo que se persigue con dicho análisis, es poder utilizar éste método como una herramienta que nos permita conocer el estado en que se encuentra la superficie de rodamiento de nuestras carreteras y que nos auxilie en el proceso de toma de decisiones.

Esto resulta de gran importancia, sobre todo en un país como el nuestro, en el que los Recursos Económicos y Materiales no son suficientes para llevar a cabo toda la Obra Pública que se requiere. Es en base a dichos Recursos que se debe planear y proyectar la Obra Pública por realizar, y por lo tanto es necesario establecer prioridades y determinar que trabajos deberán llevarse a cabo para satisfacer las necesidades inmediatas de nuestro País.

Al conocer el estado de la superficie de rodamiento de nuestras carreteras se pueden seleccionar, estrictamente desde el punto de vista teórico, aquellos tramos que presenten un mayor deterioro y en base a ello, determinar las me-

didias correctivas necesarias.

Es por todo lo anterior que para nosotros resulta de gran importancia el estudio e implementación del Método de Calificación de Pavimentos y pretendemos, mediante el presente trabajo, integrar un bosquejo claro y preciso de los puntos de que consta dicho método, de sus ventajas y desventajas, así como hacer un análisis de los aparatos que hay - al respecto para lograr tal fin.

CAPITULO III

TIPOS DE EVALUACION

III.1 DEFINICION

Una evaluación consiste en estimar las características particulares de personas o cosas, en base a parámetros ya determinados. Existen dos tipos de evaluación: la cualitativa y la cuantitativa. La primera consiste en un análisis superficial que toma en cuenta características muy generales, mediante el conocimiento de las cuales es posible llegar a un diagnóstico preliminar; la segunda implica un análisis más profundo de dichas características, en el que, mediante pruebas, estudios y/o mediciones se llega a determinar el valor de las mismas y, por ende, a un diagnóstico definitivo.

III.2 FINALIDAD DE LA EVALUACION DE PAVIMENTOS.

Los estudios de evaluación tienen gran importancia para las fases de proyecto, conservación y operación de un pavimento; para llevarlos a cabo se toman en cuenta los parámetros siguientes:

- Comodidad al rodamiento
- Capacidad estructural
- Seguridad al rodamiento

- Aspecto

La evaluación del pavimento se lleva a cabo observando la variación de cada uno de los parámetros mencionados con respecto al tiempo y, mediante la representación gráfica de ésta, se puede observar claramente el momento en que el pavimento llega al punto mínimo aceptable y requiere una rehabilitación. Ahora bien, no todos los factores mencionados llegan al punto mínimo aceptable en el mismo periodo, sino que cada uno de ellos puede llegar al límite de aceptabilidad una o más veces durante el periodo de diseño.

En general, se puede decir que la finalidad de la Evaluación de Pavimentos es medir el estado de los mismos, en cuanto a fallas o deterioros; estos pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- a) Fallas por resistencia
- b) Fallas por deformación
- c) Fallas por fatiga

a). Fallas por resistencia. Este tipo de fallas ocurren cuando la combinación de la resistencia al esfuerzo cortante de cada capa no corresponde con los distintos espesores de las mismas; esto es ocasionado a su vez por el uso de materiales de baja calidad, o bien, porque los espesores de las distintas capas del pavimento no son los adecuados. Las fallas por resistencia pueden manifestarse por agrietamien-

to, deformación y/o desintegración de la carpeta asfáltica, y en algunos casos, de capas inferiores a ésta última.

b). Fallas por deformación. Este tipo de fallas se manifiestan como una deformación permanente del pavimento y, --son ocasionadas por exceso de carga -debida a su vez por -insuficiencia estructural- por consolidación, por expansión, por un proceso de deformación viscosa -que tiene como origen insuficiencia estructural, fatiga y defectos constructivos del pavimento- y por último, por un aumento de la compacidad debido a defectos constructivos y/o rotura de granos.

c). Fallas por fatiga. Este tipo de fallas son típicas en pavimentos que originalmente han trabajado sin problemas de deterioros y ocurren por la acción repetida de las cargas -de tránsito; ésto ocasiona en el pavimento fatiga, degradación estructural y deformación acumulada.

Las fallas por fatiga pueden manifestarse por agrietamiento, destrucción del pavimento por agrietamiento y por deformaciones permanentes del mismo.

Cada uno de los tipos de fallas arriba mencionados pueden tener causas y manifestaciones comunes entre sí, siendo las más usuales las que se describen a continuación:

a) Agrietamiento. El tipo de agrietamiento más común

es el llamado "piel de cocodrilo" y es aquel en el cual -- las grietas se conectan entre sí, extendiéndose sobre toda la superficie de rodamiento o sobre una parte considerable de ella. Este agrietamiento ocurre por fatiga, o bien, por movimiento excesivo de alguna de las capas del pavimento y tiene lugar en pavimentos con bases débiles o mal compactados. Para estimar este factor, para fines de evaluación de pavimentos, el único método es el de cuantificación visual-del daño.

b) Deformaciones. Este tipo de fallas influyen grandemente en la seguridad y en la comodidad al rodamiento, pudiendo clasificarse en los cuatro tipos siguientes:

Roderas. Son las canalizaciones que se producen en -- las zonas por donde pasan las llantas de los vehículos, y -- son debidas al efecto del tránsito.

Corrimientos de la carpeta. Son ondulaciones de la -- carpeta asfáltica, producidas por fuerzas horizontales extraordinarias ejercidas por los vehículos en las zonas de -- frenado, de curvas horizontales, etc.

Depresiones. Son zonas bajas de la superficie de rodamiento producidas por asentamientos.

Bufamientos. Son zonas elevadas de la superficie de -- rodamiento producidas por desplazamientos hacia arriba, de tamaño, forma y distribución variable.

Las deformaciones son medidas directamente para tomarse en cuenta en la evaluación del pavimento.

Fallas por cortante. Se manifiestan generalmente como surcos profundos, nítidos y bien marcados, con un ancho que no excede en mucho al de la llanta. Son ocasionadas por -- falta de resistencia al esfuerzo cortante en la base o sub-base del pavimento.

Deformación del terreno de cimentación. Esta deformación de la cimentación puede ocasionar fallas en el pavimento aún cuando los espesores de las distintas capas del mismo sean los adecuados, y con una correcta condición estructural.

III.3 EVALUACION CUALITATIVA

La Evaluación Cualitativa de un Pavimento se realiza mediante la aplicación del Método de Calificación Actual y con el Índice de Servicio Actual; como ya se dijo al inicio de este capítulo, a partir de esta evaluación obtendremos un diagnóstico preliminar del estado superficial del pavimento en estudio.

III.3.1 Método de Calificación Actual.

Este método consiste en la apreciación subjetiva, en forma directa, de un grupo de observadores que, de acuerdo-

al estado en que se encuentre la superficie de rodamiento - considerarán si ésta es adecuada o intransitable.

El problema de la evaluación de un pavimento es complejo y se encuentra en función del usuario, el vehículo y la rugosidad del pavimento, así como de las interacciones entre ellos.

Por lo que respecta a la apreciación subjetiva de los usuarios, ésta se ve influida por diversas causas que son independientes de la calidad de rodamiento; entre ellas puede citarse: la sensibilidad humana ante el efecto molesto del movimiento y sus causas y las características de la suspensión de los vehículos de las carreteras. Por lo anterior, deben tomarse en cuenta estudios de frecuencias, ondulaciones y amplitudes de parámetros de la rugosidad, que permitan mejorar los sistemas de calificación subjetiva.

La Calificación actual puede definirse como la evaluación superficial de un pavimento realizada con respecto a las características de rugosidad y de deterioro, ya explicadas anteriormente.

III.3.2 Índice de Servicio Actual.

El Índice de Servicio Actual nos da como resultado una medida de la rugosidad del pavimento; esta última se define como la distorsión de la superficie del pavimento, que con-

tribuye a un rodamiento incómodo, tomando en cuenta factores tales como el perfil de la superficie de la carretera, las características del vehículo incluyendo llantas, suspensión, carrocería y asientos, la sensibilidad de los pasajeros a la velocidad y a la aceleración, etc.

El Índice de Servicio Actual está en función de varios factores, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- a) Deformación longitudinal
- b) Deformación transversal
- c) Textura
- d) Porcentaje de baches y áreas reparadas

Hasta la fecha se ha implementado el uso de diversos aparatos para medir la deformación de la superficie de rodamiento y los valores derivados de ella se han correlacionado con determinaciones de calificación actual o de índice de comodidad al rodamiento. Entre estos aparatos pueden mencionarse el Rugómetro Tipo Oficina de Carreteras Públicas, el Perfilómetro tipo CHLOE, las Reglas Rodantes, las reglas con ruedas múltiples, el Perfilómetro dinámico, el Vehículo medidor de carreteras y el Método de nivelación precisa para determinación de perfiles, de los cuales trataremos posteriormente.

III.4 EVALUACION CUANTITATIVA.

Como ya se mencionó al inicio de éste capítulo, la Eva-

luación Cuantitativa se refiere a un análisis detallado del estado de un pavimento, mediante el cual se puede llegar a un diagnóstico definitivo de las condiciones que éste guarda.

Para llevar a cabo la Evaluación Cuantitativa de un pavimento se utilizan dos métodos, que son:

- a) Evaluación mediante métodos no destructivos.
- b) Evaluación mediante métodos destructivos.

III.4.1 Evaluación mediante métodos no destructivos.

Los métodos no destructivos son aquellos en los que no es necesario destruir el pavimento para conocer sus características y propiedades. Estos métodos pueden dividirse en tres grupos, que son:

- a) Medida de la reacción o respuesta de un pavimento a una carga estática o a una sola aplicación de una carga que se mueve lentamente.
- b) Las medidas de la reacción o respuesta de un pavimento a la aplicación de cargas dinámicas.
- c) La medida de la reacción del pavimento a radiación nuclear de una fuente controlada, para conocer la densidad de los materiales subyacentes.

Para la obtención de la medida a que se refiere el pri

mer grupo se pueden utilizar varios aparatos, entre los que podemos mencionar la Viga de Benkelman, el Deflectómetro -- viajero, el Deflectógrafo Lacroix y el medidor de curvatura Dehlen, entre otros.

De los aparatos mencionados, el más comúnmente utilizado en México es la Viga de Benkelman, misma que se muestra esquemáticamente en la fig. 3.2. Este aparato consiste en un brazo fijo que se sitúa nivelado sobre el pavimento y apoyado sobre tres puntos; asimismo, un brazo móvil está acoplado al brazo fijo por una articulación rotatoria y sobre éste se colocan centradas las llantas de una camión cargado; de ésta forma el punto extremo del brazo móvil bajará una cierta cantidad por la deformación provocada en el pavimento por el peso de las llantas. Por éste movimiento el brazo móvil girará en torno a la articulación con respecto al brazo fijo y, en el extensómetro colocado sobre el mismo, se hará una lectura, con una aproximación de 0.001 pulg; cabe mencionar que los tres apoyos del brazo fijo deberán quedar fuera de la zona de influencia de las llantas. Al retirar las llantas el extremo del brazo móvil volverá a su posición inicial, haciéndose otra lectura en el extensómetro. Con ambas lecturas es posible obtener la recuperación elástica del extremo del brazo móvil al retirar las llantas.

Entre las desventajas de éste método se puede mencionar el hecho de que la velocidad de operación es relativamente baja.

Por lo que respecta al Deflectómetro viajero y al Deflectógrafo Lacroix, son aparatos que funcionan básicamente bajo el mismo principio; son instrumentos electromecánicos que miden deflexiones de manera uniforme y continua. Con estos aparatos se pueden realizar aproximadamente 2,000 mediciones individuales por jornada de trabajo.

La medida de la respuesta de un pavimento a la aplicación de cargas dinámicas (grupo b), se obtiene mediante el Deflectómetro tipo Dynaflect. Este aparato consiste en un sistema electromecánico muy complejo, que mide la deflexión dinámica de la superficie del pavimento cuando se le aplica una carga oscilatoria de tipo senoidal. Consta de las siguientes partes: un generador de fuerza dinámica, un aparato móvil de medición, una unidad de calibración y una serie de cinco geófonos móviles, montados en un pequeño remolque, el cual, estando en posición fija, ejerce en la superficie del pavimento, mediante dos ruedas de acero cubiertas de hule, una carga oscilatoria con una intensidad de 1,000 lbs. La amplitud resultante de la deflexión, es recogida por los geófonos y leída como una medida de la propia deflexión, en un aparato colocado dentro de la cabina del vehículo remolcador.

Entre las ventajas que se derivan del uso de éste aparato se pueden mencionar las siguientes:

- a) No se requiere ningún punto de referencia fijo en la superficie en que se realizan las mediciones.

- b) Es de operación automática, libre de errores de operación.
- c) Velocidad de operación relativamente alta.

III.4.2 Evaluación mediante métodos destructivos.

Los métodos destructivos consisten en sondeos, trinchras, calas o extracción de corazones y, con ellos se destruye parcialmente la estructura del pavimento; estos métodos se utilizan cuando se requiere saber exactamente donde están ocurriendo las fallas en el pavimento, así como las causas que las producen, o bien, para determinar los tipos de capas y materiales que constituyen la estructura de la carretera y sus características de calidad y resistencia.

Mediante los métodos destructivos se puede obtener la siguiente información del pavimento:

- Espesor de cada una de las capas que integran la estructura actual.
- Grado de compactación de las capas que forman el pavimento.
- Propiedades de los materiales que constituyen el pavimento, mediante pruebas de laboratorio.
- Determinación de la dureza, resistencia y grado de adherencia con el material asfáltico, de los materiales que constituyen la carpeta.
- Conocimiento de la granulometría del material petreo

- Granulometría, V. R. S. estándar, propiedades índice, clasificación, contracción lineal, contenido de agua, etc., de bases y sub-bases.
- etc.

Cada una de las características y propiedades obtenidas, se compara con las especificaciones que deben cumplir los pavimentos, y a partir de dicha comparación se determina si el estado del pavimento es adecuado, si los materiales son apropiados, si las distintas capas del pavimentos son aprovechables o se deben deshechar, etc.

CAPITULO IV

C A L I F I C A C I O N

IV.1 ANTECEDENTES

En el capítulo anterior hemos visto el concepto de evaluación, así como la necesidad de aplicar dicho concepto para determinar el estado superficial de los pavimentos. Ahora bien, existe un tipo de evaluación que ha sido denominado "Método de Calificación de un Pavimento". Dicho método tuvo su origen en pruebas realizadas por la American Association of State Highway Officials (AASHO), entre los años de 1960 a 1962 (actualmente AASHTO).

Uno de los objetivos principales que perseguía la AASHO al iniciar sus pruebas, era determinar las relaciones significativas entre el número de repeticiones de cargas -- por eje con diferente intensidad y disposición, y el comportamiento de diferentes espesores de pavimento asfáltico, pavimento de concreto simple y reforzado de cemento portland, uniformemente diseñados y construídos, sobre diferentes espesores de bases y sub-bases, sobre un suelo de cimentación de características conocidas; es decir, se fijó como meta -- establecer relaciones entre el comportamiento y las variables de diseño del pavimento.

Para definir el comportamiento, se estableció el principio de que la función básica del pavimento es permitir un tránsito adecuado sobre el camino. Por tanto se consideró que un pavimento que mantenía sus cualidades de servicio durante un período largo de tiempo era superior a otro que se dañaba rápidamente bajo las mismas condiciones de tránsito.

Se adoptó el término de Índice de Servicio Actual para representar la capacidad de un pavimento para dar servicio al tránsito durante un momento determinado. El comportamiento del pavimento se representó por su historia Índice de Servicio Actual VS. aplicaciones de carga.

Aún cuando el estado de servicio de un pavimento es una apreciación personal, se establecieron una serie de medidas objetivas, las cuales, mediante análisis de regresión múltiple, se relacionaron con la calificación media asignada por los usuarios del camino. Tomando en cuenta que la prueba se refería exclusivamente al comportamiento estructural del pavimento no se tomaron en consideración conceptos tales como pendiente, alineamiento, acceso, estado de los acotamientos, piso resbaloso o brillo del camino.

Por tanto, puede decirse que los dos conceptos fundamentales que intervinieron en las pruebas de la AASTHO son las siguientes:

- 1° Interpretar en forma estadística el comportamiento

del camino, basándose en las gráficas Índice de -- Servicio contra número de repeticiones compensadas de carga.

- 2° Desarrollar un criterio sencillo de pruebas que -- permitieran calificar, en un momento determinado, - el estado del pavimento, en lo referente a su habilidad a dar servicio a tránsito mezclado de alta - velocidad.

Después de estudiar una serie muy extensa de tramos de camino se encontró que los factores más importantes que intervenían en la calificación del estado del pavimento flexilble eran los siguientes:

- Perfil longitudinal
- Perfil transversal
- Porcentaje de áreas agrietadas o reparadas

Para establecer el peso con que intervenían los tres - factores, se estudiaron 138 secciones de pavimento, clasificadas en cinco categorías cubriendo todo el rango de calificaciones. Se estableció una escala de calificación de cero a cinco.

Debe hacerse notar que, dependiendo de la importancia - del camino de que se trate, la interpretación de la Calificación numérica o del Índice de Servicio Actual, puede varriarse.

Mediante un análisis de regresión múltiple, se determinó la relación entre la Calificación Actual dada por el grupo de personas escogidas para clasificar las diferentes secciones, y el Índice de Servicio Actual, basado en medidas objetivas de las variaciones de los perfiles longitudinal y transversal, así como el porcentaje de áreas agrietadas o reparadas. Se encontró que el Índice de Servicio Actual correspondía, con suficiente aproximación, a la calificación-media Actual, del grupo de personas escogidas para juzgar la calidad del pavimento, teniendo un coeficiente de variación semejante.

CAPITULO V

METODOS EXISTENTES

Como ya se mencionó en el tercer Capitulo de éste trabajo, la Evaluación Cualitativa de un pavimento se puede -- realizar mediante dos procedimientos, que son:

- a) Método de Calificación Actual (Mediante observadores).
- b) Obtención del Índice de Servicio Actual (Mediante instrumentos).

La aplicación de los dos métodos mencionados puede hacerse indistintamente, por lo que se refiere a precisión, - ya que uno y otro deben arrojar resultados numéricamente equivalentes. Debe tomarse en cuenta que para la obtención del Índice de Servicio Actual se requiere de un equipo costoso, lo cual pone a éste método en desventaja con respecto al de Calificación Actual, sin embargo, puede ser más rápido de realizar.

Actualmente en nuestro país se ha experimentado ampliamente con el método de Calificación Actual y se cuenta con él como una herramienta para determinar la necesidad de rehabilitación o de reconstrucción de las diversas secciones de un camino.

V. 1 MEDIANTE OBSERVADORES

V. 1.1. El concepto de Calificación Actual.

Este concepto se define como la apreciación de un observador, de la capacidad de servicio de un pavimento en un momento dado; dicha capacidad de servicio debe ser comparada con aquella para la cual fue construido el pavimento.

La apreciación del observador abarcará únicamente el estado de la superficie de rodamiento, sin considerar el conocimiento que pudiera tener de posibles condiciones futuras del pavimento y sin tomar en consideración aspectos del camino, tales como diseño geométrico, acotamientos, taludes, etc.

Este método se debe aplicar en un recorrido de 500 km. al final del cual el observador determinará si el camino se encuentra en condiciones excelentes, regulares o intransitables. Teóricamente, la Calificación Actual verdadera se obtendría del promedio de calificaciones dadas por los usuarios del camino; en la práctica se obtiene del promedio de las calificaciones obtenidas a partir de un grupo de observadores suficientemente grande. Debe tomarse en cuenta que mientras menor sea el grupo de observadores, mayor será la diferencia entre la calificación verdadera y la del grupo.

Para calificar un pavimento los observadores deben uti

lizar una escala que va de 0 (intransitable) a 5 (excelente) de acuerdo a la tabla siguiente:

CALIFICACION	ESTADO DEL PAVIMENTO
4 - 5	Muy bueno
3 - 4	Bueno
2 - 3	Regular
1 - 2	Malo
0 - 1	Muy malo

De acuerdo a experiencias realizadas, se tiene que un juicio emitido por un grupo de cinco personas da resultados con errores máximos de medio punto (0.5) con respecto a la tabla anterior. En base a esto, cuando se requieren resultados con mayor precisión, se debe aumentar el número de observadores.

V.1.2 Aspectos generales del Método de Calificación Actual

V.1.2.1 División previa del camino.

Las actividades de reconstrucción y conservación de un pavimento pueden organizarse, realizarse y controlarse mejor, si la longitud total del camino se divide en secciones. Para tal efecto se ha determinado la conveniencia de divi--dir el camino en secciones de 10 km. En algunos casos, por

falta de condiciones homogéneas en el camino, dicha longitud resulta excesiva y, en tal caso, se realiza una subdivisión en secciones de 1 km. Así, las calificaciones que los observadores otorguen al estado del pavimento deberán referirse a cada una de las secciones y subsecciones en -- que quede dividido el camino en estudio.

Una vez determinada la división del camino, no podrá ser modificada, para evitar confusiones; en caso de que algún observador no esté de acuerdo con ella deberá hacerlo constar al reverso de su hoja de calificaciones.

V.1.2.2 Formas para la calificación.

Con la finalidad de uniformizar los datos obtenidos de la calificación y facilitar las conclusiones que de ella se deriven, ha sido diseñada la forma que se anexa en la fig. 5.1 y en la cual se deben anotar los datos siguientes:

- a) **Antecedentes.** En este renglón se consideran los datos correspondientes a **Calificación Inicial, Su perficie de rodamiento y Años de Servicio.**
Calificación Inicial. Se anotará en los espacios correspondientes a este punto la calificación del tramo en estudio al haberse concluido su construcción, o bien, su última rehabilitación. Estas anotaciones serán realizadas por el Superintenden-

te o por la persona que haya realizado el recorrido previo.

Superficie de rodamiento. Se marcará en los espacios correspondientes, con una o varias "x" las características de la capa que corresponde a la sección o subsección que se estudia.

Años de servicio. Se anotarán los años de servicio contándose a partir del año de su construcción o de su última rehabilitación.

Los datos relativos a los antecedentes de la carretera en estudio no deberán ser dados a conocer a los observadores, de tal manera que su opinión no pueda ser modificada o influenciada por los mismos.

- b) Calificación actual del pavimento. Cada columna de la forma mostrada en la fig. 5.1 corresponde a una sección o subsección en que ha sido dividido el camino en estudio, anotándose en la parte superior los kilometrajes de sus extremos y numerándolos en orden progresivo, según el sentido del cadenamamiento. El observador anotará la calificación correspondiente a cada sección en la escala gráfica, y numéricamente en el espacio correspondiente.
- c) Nivel de rechazo. En el renglón correspondiente a "pavimento aceptable" con las subdivisiones "si", "no" y "dudoso", el observador indicará su opinión,

respecto a si el estado del pavimento es aceptable, dudoso o rechazable. Esta opinión sirve para normar criterios para efectuar reconstrucciones y deberá ser independiente de la calificación asignada al pavimento.

- d) Descripción de los daños. Dentro de éste punto y como puede verse en la fig. 5.1, deberá tomarse en cuenta la existencia y magnitud de deformaciones, tanto longitudinales como transversales, de grietas, baches, zonas lloradas y desprendimientos de material pétreo.

V.1.3 Consideraciones adicionales.

Para que la calificación obtenida sea un reflejo del estado del pavimento será necesario tomar en cuenta las consideraciones siguientes:

1. El observador no deberá considerar al momento de efectuar la calificación aspectos del camino, tales como diseño geométrico, estado de los acotamientos y taludes, etc.
2. La calificación que otorgue cada uno de los observadores deberá ser independiente, es decir, no deberá existir influencia de un observador sobre otro o de criterios ajenos al grupo calificador. -- Las diferencias, grandes o pequeñas, que puedan -- existir entre las calificaciones de los distintos

observadores no podrá considerarse como indicador de errores en las calificaciones individuales. Por último, la calificación que se use será el resultado del promedio de dichas calificaciones.

3. Por lo anterior es recomendable, siempre y cuando sea posible, que cada observador haga su evaluación del tramo en forma independiente.
4. Si el observador conduce el vehículo en que realiza la inspección, será necesario que al final de cada sección se detenga a tomar los datos referentes a la misma, evitando memorizarlos hasta terminar la inspección sin tomar nota de ellos.
5. Es recomendable que el observador realice la inspección en un vehículo semejante al que esté acostumbrado a usar, debido a que el uso de un vehículo distinto puede ocasionar variaciones en la calificación que emita.
6. La calificación se realizará a una velocidad de recorrido que no exceda los 40 km. por hora.
7. La calificación deberá realizarse durante la mañana o las primeras horas de la tarde y deberá suspenderse a más tardar a las 17 hrs., con la finalidad de que se tenga suficiente luz para apreciar debidamente los daños en la superficie de rodamiento.
8. No deberá calificarse cuando está lloviendo o cuando el pavimento esté aún mojado ya que la calificación varía notablemente con respecto a la calificación

ción que se obtendría con el pavimento seco.

9. La longitud de calificación deberá limitarse a 150 km. diarios, ya que el cansancio influye en la calificación.
10. La calificación de un tramo deberá realizarse en una misma quincena por todo el equipo de observadores, ya que un intervalo mayor puede variar los daños de la superficie de rodamiento y con ello la calificación.
11. No es necesario que los observadores tengan conocimientos de Ingeniería de Tránsito, pero sí se requiere que sea gente perfectamente instruída en el trabajo que va a realizar y con el suficiente criterio y responsabilidad para llevarlo a cabo.

En la fig. No. 5.2 se muestra una forma que permite --llevar un registro de cada una de las calificaciones de las distintas secciones y que es complemento de la forma que aparece en la fig. No. 5.1.

CALIFICACION ACTUAL DE LA SUR DE RODAMIENTO												
CARRETERA No _____ NOMBRE _____								OBSERVADOR _____				
ANTECEDENTES	CALIFICACION INICIAL											
	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	SELLO										
		CARPETA BASE N.										
AÑOS DE SERVICIO												
KILOMETRAJE _____												
SECCION No _____												
CALIFICACION ACTUAL DEL PAVIMENTO	EXCELENTE	5										
	MUY BUENO	4										
	BUENO	3										
	REGULAR	2										
	MALO	1										
	MUY MALO INTRANSITABLE	0										
	CALIFICACION ACTUAL											
PAVIMENTO ACEPTABLE	SI											
	NO											
	DUDOSO											
DESCRIPCION DAÑOS	DEFORMACION	LONGITUDINAL										
		TRANSVERSAL										
	GRIETAS											
	BACHES											
	ZONAS LLORADAS											
	DESP. MATERIAL PETREO											
	NOTA No											

Fig. 5.2 Formato para Calificación de la Superficie de rodamiento

V. 2 MEDIANTE INSTRUMENTOS

En la actualidad se ha implementado el uso de ciertos instrumentos mediante los cuales es posible determinar el índice de servicio actual. La medida de este índice se obtiene a partir de una correlación de diferentes medidas mecánicas con calificaciones subjetivas; ésto se determina en base a la rugosidad y a la existencia de fallas y deterioros en general, en la superficie de rodamiento.

El concepto de rugosidad de un pavimento es importante para los estudios de evaluación, ya que, de acuerdo con pruebas realizadas por la AASTHO, el 95% de la información acerca del servicio que presta un pavimento se obtiene a partir de éste factor.

Los instrumentos existentes para determinar el índice de servicio actual son de varios tipos y entre otros, pueden mencionarse los que a continuación se detallan:

V. 2.1. Rugosímetro de la Oficina de Carreteras Públicas -- (BPR).

Este instrumento es uno de los más utilizados a nivel mundial y consiste en un dispositivo tipo remolque que simula una rueda de vehículo de pasajeros y que funciona mediante una masa, un resorte y un sistema de amortiguación.

El rugosímetro opera de la forma siguiente: el desplazamiento de la rueda con respecto a la masa, a una velocidad de 30 km/hr, se registra por medio de un integrador acoplado a un contador eléctrico que acumula cantidades de movimiento vertical del eje de la rueda con respecto al tope del sistema de suspensión. A partir de esto se obtiene el índice de rugosidad, que es la relación del desplazamiento acumulado - entre la longitud de la sección en unidades de cm/km (pulg./milla.).

Las desventajas de éste método son varias y entre ellas pueden mencionarse las siguientes:

- a. Alto costo de adquisición.
- b. Baja velocidad de operación.
- c. Problemas en cuanto a repetibilidad de las medidas.
- d. Problemas con las calibraciones, especialmente en pavimentos con una rugosidad alta.

V. 2.2 Perfilómetro tipo CHLOE

El perfilómetro tipo CHLOE sirve para determinar la -- variación de la pendiente longitudinal de la superficie de rodamiento (deformación longitudinal por el cambio de ángulo entre dos líneas de referencia). El índice de servicio-actual (I.S.A.) se determina a partir de las expresiones siguientes:

$$\bar{SV} = \frac{\sum_{i=1}^N \left\{ 8.46 \left[\frac{\sum_{i=1}^n y^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^n y}{n} \right)^2 \right] - 2.5 \right\}}{N}$$

$$P = 4.85 - 1.91 \log (1 + \bar{SV}) + 0.81 \log (1 + T) - 0.01 \sqrt{10 (G + B)} - 1.38 \times \left[\frac{Amf}{25.4} \right]^2$$

donde:

SV = Variancia media de la pendiente del perfil longitudinal, basada en lecturas discretas a cada 15 cm del avance del perfilógrafo C.H.L.O.E.

y = Lectura del perfilógrafo C.H.L.O.E. proporcional a la pendiente longitudinal en un punto de terminado. La constante de proporcionalidad es de 8.46×10^6

N = Número de recorridos en una misma sección

P = Índice de Servicio Actual

T = Textura de la carpeta, promedio de diez mediciones con el texturómetro de Texas, en milésimas

simos de pulgada.

$G + B =$ Porcentaje de áreas agrietadas o con baches, - tanto abiertas como reparadas.

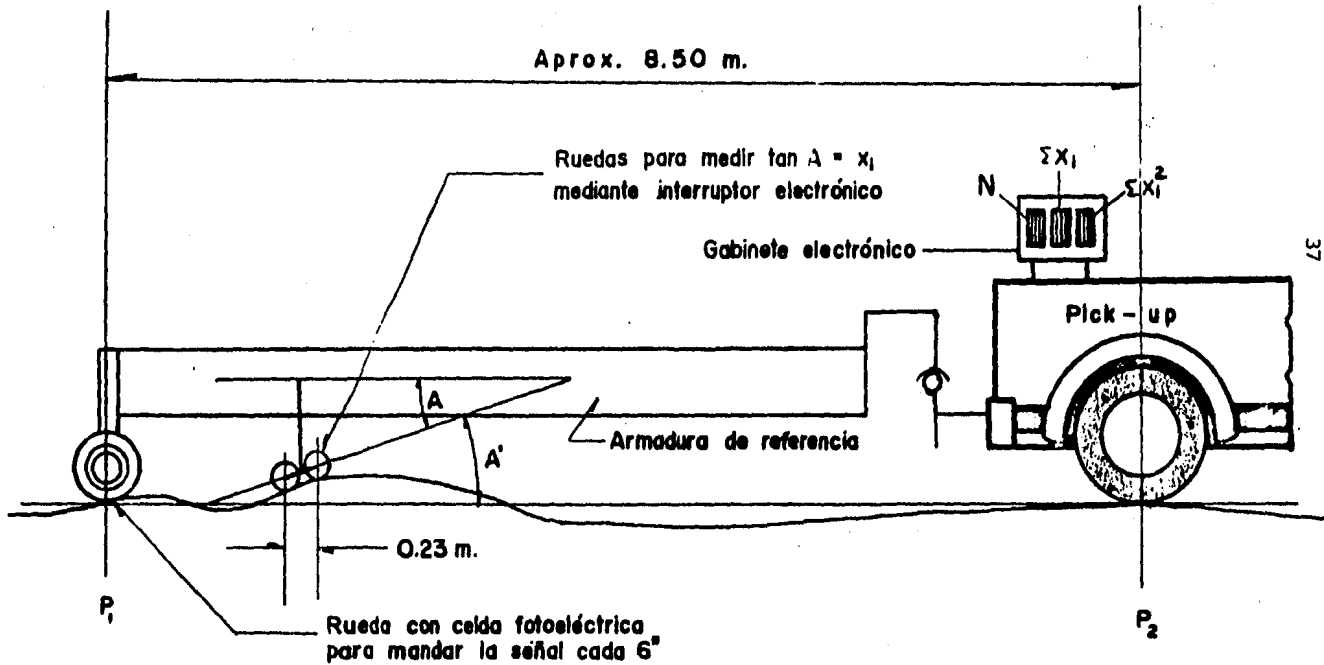
$Amf =$ Flecha media final, promedio de 60 lecturas representativas de la sección transversal, en la huella exterior, referidas a dos puntos distantes 1.20 mt. entre sí.

El perfilómetro opera de la forma siguiente: moviéndose a una velocidad de 8 kph, a cada 15 cm de avance ocurre una señal que mide la pendiente del pavimento. Dicha señal es captada por un equipo electrónico que acumula cada una de ellas y de ésta información se obtiene la variancia de las pendientes mediante métodos estadísticos. En éste método se hace la hipótesis de que la armadura de referencia es de longitud tal que siempre se encontrará en posición paralela al camino.

Este dispositivo tiene la ventaja de que posee una buena repetibilidad, pero presenta grandes desventajas, entre las que se encuentran las que a continuación se mencionan:

- Presenta muy baja velocidad de operación.
- Proporciona medidas inadecuadas de las longitudes de ondulación.
- No proporciona información sobre ondulaciones muy largas.

Fig. 5.3 Croquis del perfilómetro simplificado CHLOE



V. 2.3 Reglas rodantes. (R.S.F.)

El uso de las reglas rodantes para medir la rugosidad - del pavimento es muy limitada. Esto se debe a que son dis-- torsionados exageradamente pequeños cambios en la rasante, - ocurridos sobre distancia mayores a la longitud de éste dis- positivo. (fig. 5.4)

La ventaja del uso de la regla rodante consiste en que- cambios abruptos tales como juntas de pavimento, son medidos adecuadamente. Este aparato presenta las siguientes desven- tajas:

- a. La precisión de la medición depende de la posición- relativa de la rueda detectora.
- b. Distorsión en la medición ocasionada por la corta - longitud de la regla.
- c. Registro de datos incorrectos.

V. 2.4 Reglas con ruedas múltiples.

Este aparato es similar al anterior pero consta de un - dispositivo con un sistema de dos o cuatro ruedas. El prime ro consiste en una estructura de aluminio de 9.0 m de longi- tud soportada por dos sistemas de ruedas que sirve como re- ferencia para una rueda detectora que sigue las ondulaciones del pavimento y transmite la información a una caja registra dora de la cual se obtiene un diagrama de ondulaciones. Di-

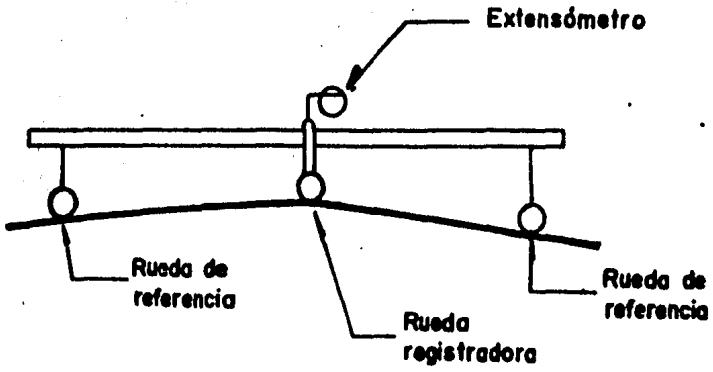


Fig. 5.4 Esquema de la regla rodante

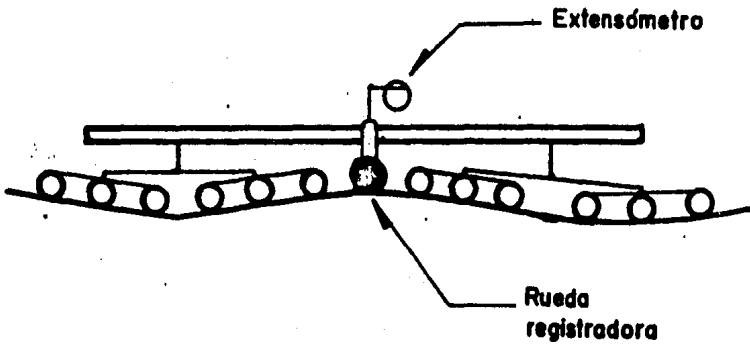


Fig. 5.5 Esquema de la regla de ruedas múltiples

cho diagrama es analizado en gabinete para obtener el Índice de Perfil, cuyas unidades son cm/km, es decir, mide el desplazamiento vertical por km. recorrido (fig.5.5.)

Las reglas con ruedas múltiples se aplican con ventaja en el control de la construcción debido a su gran precisión y a su buena repetibilidad; pero en evaluación de pavimentos presentan la desventaja de que, debido a su baja velocidad de operación, impide hacer mediciones en distancias muy grandes.

V. 2.5 Perfilómetro dinámico de superficie. (S.D.P.)

El perfilómetro dinámico consiste en dos ruedas detectoras montadas en brazos de remolque bajo el vehículo y puestas en contacto con la superficie de rodamiento mediante un resorte. Por medio de un potenciómetro se mide el movimiento relativo entre el vehículo y la rueda, en tanto que un acelerómetro mide la aceleración propia del vehículo. Las señales de esto llega a un computador analógico en el cual se integran y se codifican para obtener los perfiles derecho e izquierdo.

Las ventajas del perfilómetro dinámico son las siguientes:

- a. Proporciona los perfiles reales.

- b. Tiene capacidad para manejar gran cantidad de datos por medios automáticos.
- c. Velocidad de operación de 30 kph.
- d. Presenta capacidad para detectar y analizar ondulaciones muy largas; esto es importante en pistas de aeropuertos y en carreteras de alta velocidad.
- e. Posee una repetibilidad excelente.
- f. Tiene capacidad para calibrar otros dispositivos.

Este método también presenta algunas desventajas, entre las que pueden mencionarse las siguientes:

- a. Requiere una alta inversión inicial.
- b. Presenta altos costos de operación.
- c. Es un sistema con alta complejidad.
- d. Ocasiona riesgos con el tránsito.
- e. Requiere la utilización de sistemas de computación.

V. 2.6 Vehículo medidor de carreteras. (P.C.A. y M.R.M.)

En la actualidad se han desarrollado dos versiones de este aparato y que son: el medidor de carreteras PCA o Wisconsin, desarrollado por Brokaw y el medidor MRM desarrollado por Mays y que lleva su nombre.

El dispositivo PCA opera de la siguiente manera: Consiste en un aparato electromecánico que montado en un automóvil o vagoneta mide el número y la magnitud de las desviaciones.

ciones verticales entre el diferencial del eje trasero y la carrocería del vehículo. Consta de un cable flexible sujeto al diferencial, que pasa por una polea y está restringido -- por resortes de tensión y por un swicht de placa tipo rotatorio que registra las desviaciones verticales por medio de un sistema de conteo (fig. 5.6).

El medidor de Mays (fig. 5.7.), consta de un transmisor rotatorio de fotocelda que registra los movimientos verticales relativos ocurridos entre eje trasero y el piso de la -- carrocería del vehículo con una aproximación de 2.5. mm.; -- dicho transmisor activa un sistema de registro, del cual se obtiene una gráfica en la que se observa la magnitud de los recorridos diferenciales verticales del eje trasero representados con recorridos proporcionales del trazo (cm/km). Se tiene además una pluma adicional manejada por el operador para marcar el inicio y el fin de cada sección.

Mediante el rugosímetro de Mays se obtiene el Índice de Rugosidad expresado en cm/km multiplicando la longitud del - registro de la cinta por una constante que es función del mecanismo y de la longitud de la sección.

Existen varios factores que pueden ocasionar una variación en los resultados que arrojan ambos métodos, contándose entre ellos: la velocidad de realización de la prueba, la -- clase del vehículo utilizado, el tipo de suspensión, tipo de llantas, presión de inflado, etc. Las ventajas de este méto

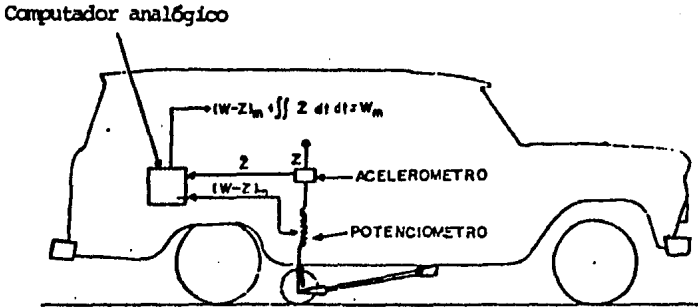


Fig. 5.6 Medidor de carreteras P.C.A.

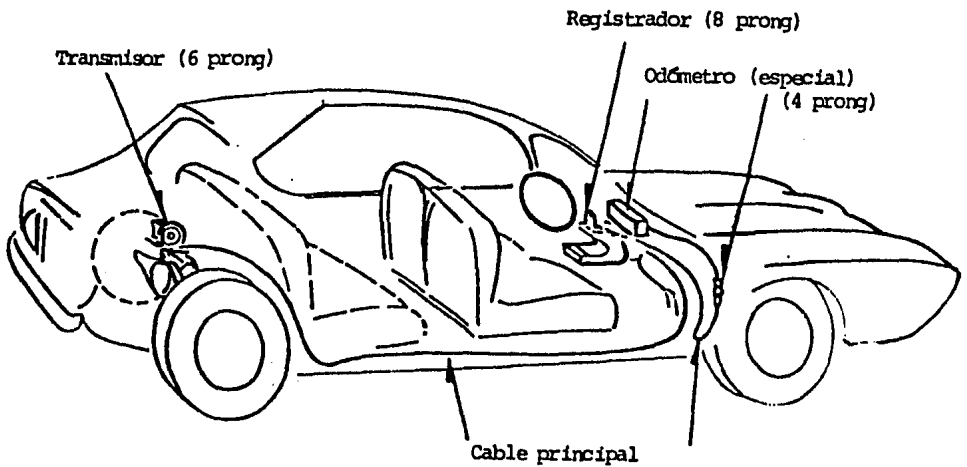


Fig. 5.7 Medidor de carreteras M.R.M.
(Rugosímetro de MAYS).

do son las siguientes:

- a. Costo de operación relativamente bajo.
- b. Facilidad y rapidez de operación.
- c. Velocidad de operación de 50 a 60 kph.
- d. Posibilidad de obtener gran número de datos para -- trabajos de investigación masivos.
- e. Portabilidad del dispositivo.
- f. Repetibilidad razonable.

Entre las desventajas del método se pueden mencionar -- las siguientes:

- a. Hay necesidad de realizar calibraciones frecuentes.
- b. Se debe controlar cuidadosamente la operación.
- c. No es funcional para medir perfiles y ondulaciones-- muy grandes.

V. 2.7 Métodos de Nivelación Precisa (LEVEL).

Este método es muy preciso y sencillo, pero presenta la seria desventaja de ser extremadamente lento y laborioso, lo que lo hace impráctico. Se utiliza, principalmente, para la obtención de perfiles de aeropistas.

CAPITULO VI

APLICACION A LA RED FEDERAL

VI. 1 TRAMOS EN ESTUDIO.

Como ejemplo de aplicación del método antes expuesto, - se seleccionaron dos tramos: Sta. Bárbara - Río Frío, del km. 11+500 al 44+000 de la Carretera México-Veracruz y Chalco - Cuautlixco, del km. 8+500 al 69+000 de la Carretera México-Cuautla. En el croquis de la fig. No. 6.1 puede observarse la localización de dichos tramos dentro de nuestra Red Federal y el proceso seguido para su calificación se describe a continuación.

VI.2 CALIFICACION ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO DEL TRAMO STA. BARBARA - RIO FRIO.

La longitud del tramo en estudio es de 32.5 km. El recorrido del mismo se efectuó a una velocidad promedio de 40 kph aproximadamente. Durante el recorrido se fué tomando no ta de la calificación correspondiente a cada sección de 3.5 km., en que subdividimos el tramo; dicha subdivisión obedece a que las características del tramo no son muy homogéneas a lo largo del mismo. Asimismo, se realizó el reconocimiento-visual de los deterioros existentes en el pavimento para obtener el tipo y porcentaje de los mismos.

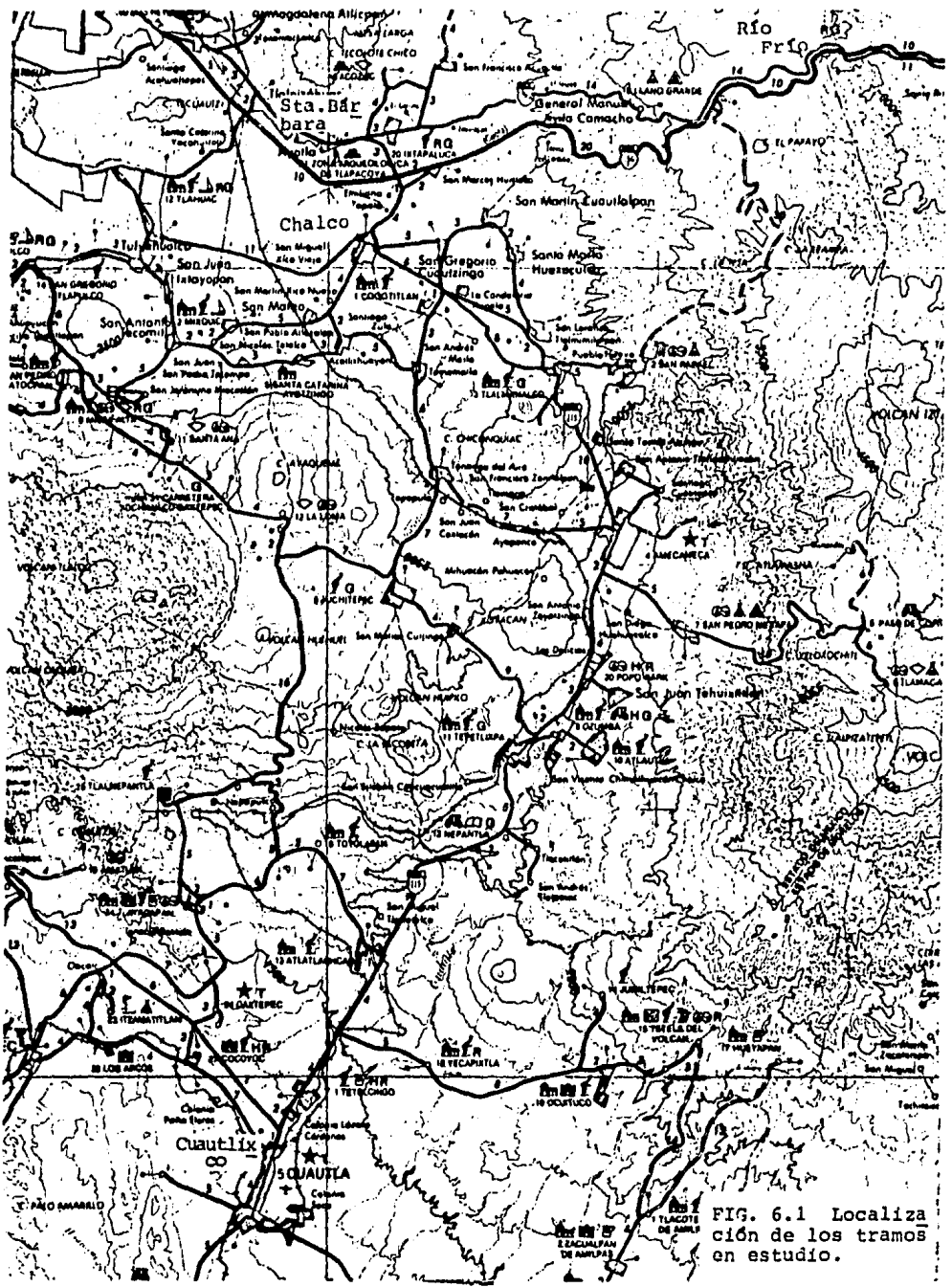


FIG. 6.1 Localización de los tramos en estudio.

La calificación promedio que obtuvimos para este tramo es de 2.1, por lo que consideramos que el estado superficial que guarda el pavimento no es aceptable; notamos, que en casi todo el recorrido, el tránsito resulta incómodo para el u s u a r i o y, en algunos casos, llega a ser peligroso por el alto grado de deterioro que presenta la superficie de rodamient o. Como ejemplo de ésto podemos citar el caso de la sec ción del tramo localizada en el km. 32+200, en el cual el pa v i m e n to se encuentra totalmente dañado, presentando grietas piel de cocodrilo, baches, desprendimiento de material pétr o y corrimiento de la carpeta asfáltica. Todo lo anteri or se traduce en un incremento de los costos de operación y, como ya se había mencionado, en un tránsito incómodo e in seguro para el usuario.

Lo que refleja, a nuestro criterio, ésta calificación de 2.1 asignada al tramo Sta. Bárbara-Río Frío, es una urgen te necesidad de realizar los estudios pertinentes para conocer las causas del grado de deterioro que ha alcanzado dicho tramo; es decir, dicha calificación nos ha dado un diag no stí co pre lim inar de las condiciones superficiales del pavimento y, en base a ello podemos decir, de manera general, que el tramo requiere una reconstrucción, pero sin llegar a establecer el procedimiento a seguir ni las capas que se verán afec tadas.

Por lo que se refiere a los daños o deterioros detectados en la superficie de rodamiento del tramo en estudio, ob-

tuvimos los siguientes porcentajes promedio:

TIPO DE FALLA	PORCENTAJE PROMEDIO
- Deformación longitudinal	6% de la longitud total del tramo.
- Agrietamiento	42% de la superficie total del tramo.
- Baches	13.5% de la superficie total del tramo.
- Zonas Lloradas	2.5% de la superficie total del tramo.
- Desprendimiento de material pétreo.	1.5% de la superficie total del tramo.

Como se desprende de la tabla anterior, el tipo de deterioro que con más frecuencia se halló en el tramo, es el - - agrietamiento, ya que el porcentaje asciende a casi la mitad de la superficie total. Además la cantidad de baches es relativamente alta, y ello contribuye a hacer el tránsito más incómodo al usuario y, por tanto, a reducir la calificación del pavimento.

La calificación asignada al tramo en estudio, así como los porcentajes de deterioro correspondientes a cada sección de 3.5 km. de longitud, aparecen en la tabla de la fig. No.- 6.2. En ella puede apreciarse que el tramo quedó dividido -

CALIFICACION ACTUAL DE LA SUP. DE RODAMIENTO

CARRETERA No 190		NOMBRE MEXICO-VERACRUZ Tramo Sta. Bárbara-Río Frío										OBSERVADOR R.R.G. M.A.A.D.			
ANTECEDENTES	CALIFICACION INICIAL														
	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	SELLO													
		CARPETA													
		BASE N.													
AÑOS DE SERVICIO															
KILOMETRAJE		11+500	15+000	18+500	22+000	25+500	29+000	32+500	36+000	39+500	43+000	44+000			
SECCION No		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
CALIFICACION ACTUAL DEL PAVIMENTO	EXCELENTE	5													
	MUY BUENO	4													
	BUENO	3													
	REGULAR	2													
	MALO	1													
	MUY MALO INTRANSITABLE	0													
	CALIFICACION ACTUAL		1.0	1.0	1.5	2.5	4.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5			
PAVIMENTO ACEPTABLE	SI					X									
	NO	X	X	X			X		X	X					
	DUDOSO				X			X			X				
PORCIENTO POR UNIDAD DE LONGITUD															
DESCRIPCION DAÑOS	DEFORMACION	LONGITUDINAL				5	20	30							
		TRANSVERSAL													
	PORCIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE														
	GRIETAS		90	80	60	40	5	20	60	20	20	25			
	BACHES		10	10	10	5		25	20	20	15	20			
ZONAS LLORADAS								10	5						
DESP. MATERIAL PETREO								10			10				
NOTA No															

48

FIGURA No. 6.2

En diez secciones, de las cuales, solo una presenta condiciones aceptables en la superficie de rodamiento; siete se rechazan y dos se hallan en el límite de aceptabilidad, que en éste caso es de 2.5 .

VI. 3 CALIFICACION ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO - DEL TRAMO CHALCO-CUAUTLIXCO.

La longitud del tramo Chalco-Cuautlixco es de 60.5 km.; para su calificación se procedió de igual manera que para el tramo anteriormente expuesto, a partir de lo cual obtuvimos una calificación promedio de 3.1 .

Se puede decir que, en general, el estado de la superficie de rodamiento es aceptable, ya que de las seis secciones de 10 km. cada una en que se dividió el tramo, una sola se encuentra por debajo del límite de rechazo.

En cuanto a la existencia de daños o deterioros en la superficie de rodamiento, obtuvimos los siguientes porcentajes promedio:

TIPO DE FALLA	PORCENTAJE PROMEDIO
- Deformación longitudinal	3.31% de la longitud total del tramo.
- Agrietamiento	18.18% de la superficie-

	total del tramo.
- Baches	11.57% de la superficie del tramo.
- Desprendimiento de material pétreo	1.65% de la superficie del tramo.

Los porcentajes obtenidos para cada una de las fallas mencionadas son relativamente bajos y, podemos decir, que no afectan de manera considerable el tránsito del usuario. En fase a ello, y para condicionar la existencia de deterioros con la calificación del pavimento, se ha establecido el aumento de medio punto a la misma, siempre y cuando dichos deterioros no rebasen su límite razonable de ésta forma, la calificación de 3.6 tomando en cuenta que las fallas del pavimento en cuestión se presentan en porcentajes bastantes bajos. De acuerdo con la calificación obtenida podemos decir que el pavimento del tramo en estudio requiere solamente obras de conservación.

En la tabla de la fig. No. 6.3, que se anexa a continuación, se muestran gráficamente los resultados obtenidos de la calificación del tramo Chalco-Cuautlixco.

VI. 4 INDICE DE SERVICIO ACTUAL.

Según investigaciones realizadas por la Dirección General de conservación de Obras Públicas en el año de 1982, -- los valores del Índice de Servicio Actual (I.S.A.) para los

CALIFICACION ACTUAL DE LA SUP. DE RODAMIENTO

		CARRETERA No. <u>115</u> NOMBRE <u>MEXICO-CUAUTLA Tramo Chalco-Cuautlixco</u>	OBSERVADOR R.R.G. M.A.A.D.												
ANTECEDENTES	CALIFICACION INICIAL														
	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	SELLO													
		CARPETA													
	BASE N.														
AÑOS DE SERVICIO															
KILOMETRAJE		8+500	18+500	28+500	38+500	48+500	58+500	69+000							
SECCION No		1	2	3	4	5	6								
CALIFICACION ACTUAL DEL PAVIMENTO	EXCELENTE	5													
	MUY BUENO	4	●												
	BUENO	3		●	●										
	REGULAR	2				●									
	MALO	1													
	MUY MALO INTRANSITABLE	0													
	CALIFICACION ACTUAL		4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0							
PAVIMENTO ACEPTABLE	SI	X	X	X	X										
	NO						X								
	DUDOSO					X									
POR CIENTO POR UNIDAD DE LONGITUD															
DESCRIPCION DAÑOS	DEFORMACION	LONGITUDINAL				5	15								
		TRANSVERSAL													
	POR CIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE														
	ORIENTAS		5	5	10	20	30	40							
	BACHES		10	10	10	15	10	15							
ZONAS LLORADAS															
DESP. MATERIAL PETREO				10											
NOTA No															

51

FIGURA No. 6.3

dos tramos que estamos estudiando, fueron los siguientes:

Sta. Bárbara-Río Frío	2.25
Chalco-Cuautlixco	3.10

En las tablas de las figs. Nos. 6.4 y 6.5 se muestran graficados dichos valores, a todo lo largo de los dos tramos, así como los requerimientos de conservación, rehabilitación y reconstrucción de cada uno de ellos.

Estos dos valores del Índice de Servicio Actual son -- muy similares y, en ambos casos mayores a los obtenidos mediante observación directa en el recorrido que realizamos; -- esto, aunado a la consideración de que en ninguno de los -- dos tramos han sido realizadas obras de conservación o de -- reconstrucción, nos lleva a una gran concordancia entre ambos métodos. La diferencia que hallamos entre unos y otros valores, es debida al deterioro que ha tenido el pavimento -- por el servicio prestado en los dos años subsecuentes al estudio del Índice de Servicio Actual.

VI. 5 RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA APLICACION DEL METODO EN EL ESTADO DE HIDALGO.

Los estudios de evaluación, como ya se había mencionado en el inicio de este trabajo, se han implementado desde hace varios años en la República Mexicana. Actualmente se cuenta ya con un estudio de nuestra Red Federal.

CARRETERA: MEX.-VER.		E S T A C I O N E S								km.
TRAMO : STA. B.-R.F.										
KMS. : 11+500-44+000		11.5	20	40	44					
ORIGEN :										
CUERPO DERECHO										
RECOMENDACIONES	I.S.A.									
CONSERVACION	3 A 5									
REHABILITACION	2 A 3									
RECONSTRUCCION	0 A 2									
PROMEDIO I.S.A. = 2.25										
CUERPO IZQUIERDO										
RECOMENDACIONES	I.S.A.									
CONSERVACION	3 A 5									
REHABILITACION	2 A 3									
RECONSTRUCCION	0 A 2									
LONG. DE KMS.	32.500									
T. CONSERVACION	3.000									
T. REHABILITACION	24.500									
T. RECONSTRUCCION	5.000									

Fig. 6.4 Indice de Servicio Actual del tramo Sta. Bárbara-Río Frío

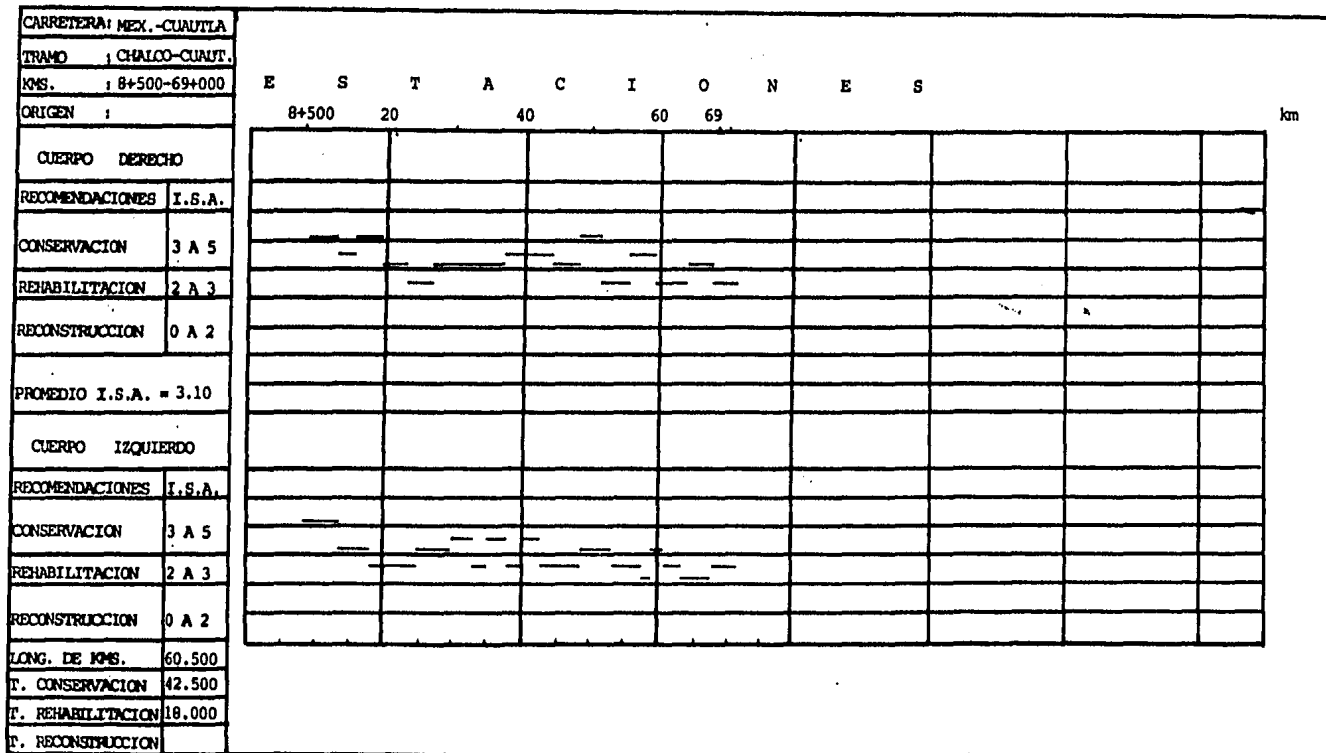


Fig. 6.5 Índice de Servicio Actual del Tramo Chalco-Cuautlaxco

Dicho estudio ha sido llevado a cabo en la mayoría de los estados de nuestra República y, a partir de él, se ha llegado a establecer en cada caso, las necesidades de reconstrucción, rehabilitación y conservación que presenta la Red Federal.

Con el fin de presentar los datos que se obtienen a partir del Índice de Servicio Actual, se tiene en la fig. No. 6.6 el cuadro de resultados del Edo. de Hidalgo. En dicho cuadro se puede observar que de los 653.1 Km. de carreteras Federales que se han medido en el Edo. de Hidalgo, 107.5 km. requieren únicamente conservación, 364.6 km. rehabilitación, y 181.0 km. necesitan reconstruirse.

La Red Federal medida en el Estado de Hidalgo está constituida por ocho tramos, los cuales se enlistan a continuación.

- 1.- Zacualtipan-Costas
Carretera Pachuca-Tampico
Km. 150+000 al 217+200
- 2.- Calpulalpan-Apan
Carretera México-Cd. Juárez
Km. 50+000 al 72+000
- 3.- Calpulalpan-Apan
Carretera México-Zacatepec
Km. 0+000 al 17+500
- 4.- Pachuca-Venados
Carretera Pachuca-Tampico

TRAMO N°	LONG. DEL TRAMO	CONSERVACION	REHABILITACION	RECONSTRUCCION
1	67.200	12.000	45.200	10.000
2	62.000	14.000	48.000	0.000
3	17.500	2.500	9.000	6.000
4	150.000	12.000	82.000	56.000
5	45.000	30.000	15.000	0.000
6	63.900	19.000	44.900	0.000
7	101.000	0.000	12.000	89.000
8	<u>146.500</u>	<u>18.000</u>	<u>108.500</u>	<u>20.000</u>
TOTAL	653.100	107.500	364.600	181.000

Fig. 6.6 Resultados de la aplicación del índice de Servicio Actual en el - Estado de Hidalgo.

- Km. 0+000 al 150+000
- 5.- Pachuca - Cd. Sahagún
Carretera México - Poza Rica
0+000 al 45+000
- 6.- Pachuca - T. Pitilla
Carretera México - Poza Rica
Km. 4+600 al 36+000
- 7.- Portezuelo - Jacala
Carretera México - Nvo. Laredo
Km. 150+000 al 251+000
- 8.- T. Colonia - Ixmiquilpan
Carretera México - Nvo. Laredo
Km. 0+000 al 86+500
y 90+000 al 150+000

Las longitudes de los ocho tramos mencionados, así como los requerimientos de conservación, rehabilitación y reconstrucción que presenta cada uno de ellos, de acuerdo a su valor de Índice de Servicio Actual, se pueden observar en la - fig. No. 6.6.

CAPITULO VI

CONCLUSIO

El método de Calificación Actual, es de gran importancia para las dependencias encargadas de la conservación, rehabilitación de las carreteras que integran la Red Nacional, debido a que en base a ello es posible determinar el estado general del estado de la superficie de las mismas.

Mediante la aplicación de los métodos que hemos realizado, será posible establecer un punto de partida de una manera relativamente económica y sencilla. El método se podrá normar criterios y llegar a la selección de tramos que requieren acciones inmediatas, o bien, a corto o largo plazo, dependiendo del estado de los mismos.

Consideramos haber logrado el objetivo que nos perseguimos con el presente trabajo, al exponer, el procedimiento seguido para la Evaluación de las carreteras desde sus antecedentes hasta un ejemplo de aplicación en la Red Federal de la República Mexicana.

Asimismo concluimos, que la aplicación del método de Calificación Actual (mediante observación directa) es el método más

Servicio Actual (mediante instrumentos), se puede realizar indistintamente en cuanto a precisión en los resultados, - ya que, como puede apreciarse en el capítulo VI de éste -- trabajo, los datos obtenidos a partir de uno y otro método presentan gran concordancia entre sí. Será entonces en ba se a otros parámetros, como son rapidez, importancia del - tramo en estudio, economía, etc., que se llegará a establece cer cual de los dos métodos será más conveniente utilizar.

Servicio Actual (mediante instrumentos), se puede realizar indistintamente en cuanto a precisión en los resultados, - ya que, como puede apreciarse en el capítulo VI de éste -- trabajo, los datos obtenidos a partir de uno y otro método presentan gran concordancia entre sí. Será entonces en ba se a otros parámetros, como son rapidez, importancia del - tramo en estudio, economía, etc., que se llegará a estable cer cual de los dos métodos será más conveniente utilizar.

A P E N D I C E

A continuación se muestran algunas fotografías tomadas en los tramos en estudio así como, una breve descripción de las mismas.

Así mismo, se anexa un cuadro comparativo de Calificación Actual para los años de 1982 y 1983 de la carretera México -- Cuautla km.16+000 al 32+000 .



A-1 Km. 25+200 del tramo Sta. Bárbara-Río Frío

En ésta fotografía puede apreciarse claramente la deformación que presenta el tramo en el Km. mencionado. Dicha deformación da lugar a un tránsito incómodo para el usuario y por lo tanto una disminución en la calificación correspondiente.



A-2 Km. 31+800 del tramo Sta. Bárbara-Río Frío

En la fotografía se muestra una zona reparada, la cual se encuentra totalmente deteriorada, así como, un bache de aproximadamente 1m. de diámetro. Como puede observarse en la fotografía no existe ninguna obra de drenaje y, consideramos que a esto se debe el alto grado de deterioro del pavimento.



A-3 Km. 32+200 del tramo Sta. Bárbara-Río Frío

En la foto superior puede observarse una zona de curva, en la cual el pavimento se haya totalmente dañado con grietas, baches, deformaciones y desprendimiento de material pétreo. Esto da lugar a un tránsito incómodo e inseguro.



A-4 Km 32+200 del tramo Sta. Bárbara-Río Frío

En la foto superior se muestra otra toma de la mostrada en la figura A-3 vista desde otro ángulo. En ella puede apreciarse claramente la deformación del pavimento. Consideramos que ésto es debido a la ausencia total de obras de drenaje, por la posible acumulación del agua - de lluvia y su infiltración y daño a las capas inferiores del pavimento.



A-5 Km. 41+100 del tramo Chalco-Cuatlixco

En la foto superior puede observarse una pequeña zona de baches y grietas, siendo ésta una de las pocas zonas deterioradas del tramo mencionado.

CARRETERA MEXICO-CUAUTLA (CALIFICACION ACTUAL)

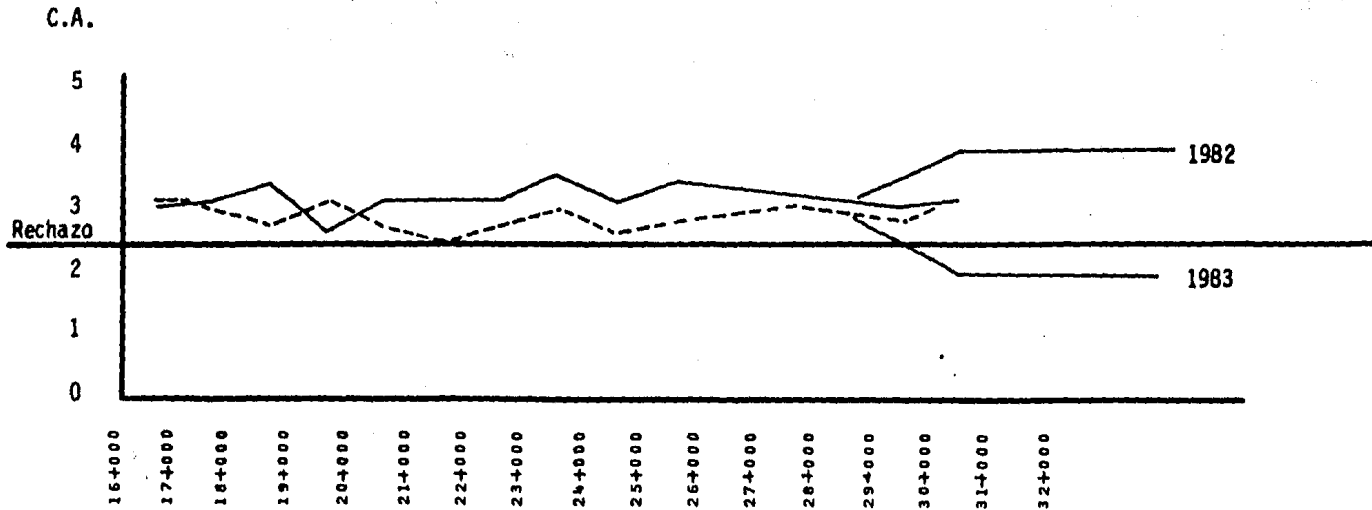


FIG. No. A.6 Comparativo de Calificación Actual para los años de 1982 y 1983 de la carretera México-Cuautla km. 16+000 al 32+000

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

1. Seminario de Evaluación de las condiciones de Servicio de los Pavimentos.
Apuntes editados por la Dirección General de Conservación de Obras Públicas.
2. Calificación de Pavimentos.
Folleto editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
3. Evaluación de Pavimentos y Aplicación al camino Querétaro-San Luis de la Paz.
Tesis Profesional.
Rodríguez Zelaya, Luis.
4. Evaluación de la Sección Estructural de un Pavimento.
Tesis Profesional.
Frias Alderaca, Rubén.
5. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Volumen 2.
Rico Rodríguez, Alfonso; Del Castillo, Hermilo.
6. Carreteras, Calles y Aeropistas. Principios-generales de la Mecánica de Suelos aplicados-a la pavimentación.
Valle Rodas, Raúl.
7. Ingeniería de Tránsito.
Cal y Mayor, Rafael.
8. Construnoticias.
Revista publicada por Publi-News Latinoamericana.
Artículo: "Situación y Estrategia de desarrollo de los modos de transporte."