

1.1 ANTECEDENTES

Las patologías en los pavimentos, son las enfermedades que causan las fallas, defectos, daños, deterioros y averías que sufren las estructuras de los pavimentos tanto flexible como rígido provocando así un deficiente funcionamiento y una reducción significativa de su vida útil.

El pavimento rígido es una estructura simple o compuesta que tiene una superficie regularmente alisada destinada a la circulación de personas, animales y/o vehículos.

Se define como pavimento de hormigón, al constituido por losas de hormigón en masa o armado, o por una capa continua de hormigón armado.

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Por su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en bordes de losa y juntas sin pasajuntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables. Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural.

El concepto de la conservación de pavimentos no es un tema nuevo, como tampoco lo son los tratamientos que se emplean para restaurar pavimentos. Es por eso que es necesario conocer los tipos de conservación en pavimentos rígidos para recomendar las posibles soluciones para cada tipo de estudio.

Este trabajo tiene la finalidad de identificar en primer lugar los diferentes tipos de fallas y deficiencias en las superficies de rodadura, en segundo lugar permitirá efectuar la clasificación respectiva según sus niveles de severidad o límites de deterioro, en tercer lugar, identificar las más comunes del área de estudio, sus causas probables con el fin de tomar previsiones y correcciones necesarias, y en cuarto lugar servirá para fijar los tratamientos técnicos adecuados, para el restablecimiento de las condiciones normales de transitabilidad.

La relevancia social de este trabajo es de mucha importancia ya que beneficia a la localidad de Entre Ríos ofreciendo comodidad al tráfico de vehículos y peatones y seguridad en su transitabilidad.

1.2 Justificación del proyecto de aplicación

Como es de nuestro conocimiento las vías de comunicación son de mucha importancia ya que facilita el transporte de la producción y de las personas lo que contribuye al desarrollo y crecimiento económico, mejorando así el tránsito vehicular y peatonal.

En la localidad de Entre Ríos de la provincia O'Connor del departamento de Tarija existen varias vías urbanas o avenidas principales que se han ejecutado con pavimento rígido y se puede observar a simple vista como algunas de éstas no están en buenas condiciones.

Estos deterioros pueden ser pequeños al principio pero pueden causar problemas serios en un futuro no lejano, por lo cual es necesario un estudio de patologías de estas calles de pavimento rígido conociendo sus causas para poder brindar diferentes soluciones a dicho problema.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Situación problemática

Las patologías que se presentan en los pavimentos rígidos ocasionan trastornos al flujo de tráfico y peatonal. En la red vial urbana de la localidad de Entre Ríos si bien ya tienen años de funcionamiento desde su ejecución el problema que se puede observar en las calles urbanas es evidente y también es oportuno realizar un estudio de patologías para conocer sus causas probables y así poder brindar soluciones a dicha patología.

1.3.2 Problema

¿En la localidad de Entre Ríos existen muchas patologías en el pavimento, cómo puedo mejorar su condición?

1.4 Objetivos del proyecto de Aplicación

1.4.1 Objetivo general

Realizar un estudio de patologías en pavimentos rígidos en las calles urbanas, para conocer el estado actual del pavimento a través de una evaluación superficial y estructural para poder plantear soluciones y mejorar su condición, esto aplicado a la localidad de Entre Ríos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Estudiar los tipos de fallas de pavimentos rígidos.
- Realizar una evaluación superficial del pavimento.

Para la evaluación superficial del pavimento rígido se utilizarán los siguientes métodos:

- Método del Cuerpo de Ingenieros de los EE.UU., denominado PCI (Pavement Condition Index) Índice de Condición del pavimento.
 - Método del PSI (Present Serviceability Index) Índice de Servicialidad Presente.
 - Utilización del software INPACO del Ministerio de Obras Públicas y Transporte Colombiano, para la determinación del coeficiente IRI (Índice de regularidad Internacional) que emplea el método Mira – Nivel.
- Realizar la evaluación estructural del pavimento mediante la medición de deflexiones utilizando la “Viga Benkelman”
 - Investigar las técnicas de mantenimiento en pavimentos rígidos.
 - Brindar las posibles soluciones para el problema de las fallas del pavimento rígido en el área de estudio.

1.5 Hipótesis

Al determinar las fallas del pavimento rígido de las calles urbanas de la localidad de Entre Ríos se conocerá su: Índice de Condición de pavimento, índice de servicialidad presente, índice de rugosidad internacional y sus deformaciones.

1.5.1 Variables

- **Independiente:** Determinación de las fallas.

- **Dependiente:**
 - Índice de Condición de pavimento PCI.
 - Índice de Servicialidad Presente PSI.
 - Índice de Rugosidad Internacional IRI.
 - Deformaciones con Viga Benkelman.

1.6 Diseño metodológico

1.6.1 Unidades de estudio y decisión muestral

Las unidades de estudio son las siguientes:

1.6.1.1 Unidad de estudio

La unidad de estudio del presente trabajo son las “fallas presentes en el pavimento rígido” en la localidad de Entre Ríos.

1.6.1.2 Población

La población está dada por la delimitación geográfica de la localidad de Entre Ríos, Provincia O`connor, Departamento de Tarija, con una longitud de 5 kilómetros lineales de pavimento rígido.

1.6.1.3 Muestra

Se seleccionaran las calles urbanas de la localidad de Entre Ríos.

1.6.1.4 Muestreo

Para poder realizar la división de las unidades de muestra se tomó en base al ancho de calzada, además se hizo valer el área que debe estar entre 230 ± 93 metros cuadrados.

De esta manera se obtienen los siguientes datos:

Longitud total de la vía	5000 m
Ancho de calzada	7 m
Longitud de la muestra	21 m

Se ha adoptado una longitud de muestra de 21 m. (son 14 losas), debido a que el ancho de calzada es de 7 m. Esto da un área de 147 m^2 , la cual encaja en los valores normados por ASTM D6433-99.

Para la obtención de número total de muestras en función a la población utilizaremos la ecuación de Gabaldon (1980) que es la muestra óptima en función a la población, el nivel de confianza.

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Donde:

n=Muestra

N= Población (50 calles)

p=Probabilidad (50% para maximizar el tamaño muestral)

q= 100-p

e= Error (10%)

Z=Valor de nivel de confianza (obtenido de la tabla de distribución normal Z).

NC=Nivel de confianza (91% y Z=1,75)

$$n = \frac{50 \times 1,75^2 \times 0,5 \times 0,5}{(0,1^2 \times (50 - 1)) + (1,75^2 \times 0,5 \times 0,5)} = 28 \approx 30$$

De modo que tenemos 30 unidades de muestra para inspeccionar.

SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN

Mediante la siguiente ecuación, se calculan la cantidad de muestra a ser inspeccionada aplicando también la ecuación de Gabaldón en función a la población.

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Donde:

n=Muestra

N= Población (100 m. una calle)

p=Probabilidad (50% para maximizar el tamaño muestral)

q= 100-p

e= Error (10%)

Z=Valor de nivel de confianza (obtenido de la tabla de distribución normal Z).

NC=Nivel de confianza (70% y Z=1,03)

$$n = \frac{100 \times 1,03^2 \times 0,5 \times 0,5}{(0,1^2 \times (100 - 1)) + (1,03^2 \times 0,5 \times 0,5)} = 21,1 \approx 21$$

De modo que tenemos 21 metros de muestra para inspeccionar.

1.7 Alcance del Estudio de Aplicación

En este punto se explica el alcance global del proyecto y el alcance al que se quiere llegar por capítulos.

El alcance global del presente proyecto tiene por objeto identificar los diferentes tipos de fallas y deficiencias en las superficies de rodadura con lo que nos permitirá efectuar la clasificación respectiva según sus niveles de severidad o límites de deterioro y así identificar las más comunes del área de estudio, con el fin de tomar previsiones y correcciones necesarias para fijar los tratamientos técnicos adecuados, para el restablecimiento de las condiciones normales de transitabilidad.

El alcance del proyecto de grado “ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN CALLES URBANAS, APLICADO A LA LOCALIDAD DE ENTRE RÍOS”

tiene como fin establecer soluciones apropiadas a las diferentes patologías del pavimento rígido de la localidad de Entre Ríos.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se pretende dar una breve introducción de antecedentes, y se describirá los objetivos que se quiere alcanzar con la realización del proyecto planteado.

También se plantea de manera clara el diseño teórico de este proyecto justificando la necesidad de realizar este estudio y buscando soluciones prácticas a dichas patologías.

CAPÍTULO II INGENIERÍA DEL PROYECTO

En este capítulo se reunirá la información necesaria para este proyecto, por lo que se contara con la amplia bibliografía que se tiene sobre el tema de Patologías en pavimentos rígidos.

CAPÍTULO III APLICACIÓN PRÁCTICA

Para este capítulo que es de aplicación netamente práctica o de campo, primeramente se realizara la delimitación del área de estudio para poder realizar el ser recorrido a pie y anotar en una planilla el tipo de falla observada, la severidad de la misma y el número de repeticiones de esa falla, o la superficie afectada, según corresponda, como también la toma de todos los datos necesarios para procesar la información de la evaluación superficial y estructural y finalmente poder plantear alternativas de solución.

CAPÍTULO IV FALLAS EXISTENTES Y OPERACIONES DE REPARACIÓN

En éste capítulo mencionaremos las fallas encontradas en cada calle y detallaremos sus operaciones de reparación.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para esta última parte se darán las soluciones y recomendaciones necesarias sobre el proyecto “ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN CALLES URBANAS, APLICADO A LA LOCALIDAD DE ENTRE RÍOS”.

2.1 PAVIMENTOS

Se define al pavimento como la estructura formada por varias capas superpuestas, relativamente horizontales y de varios centímetros de espesor, de diferentes materiales, adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan en la subrasante o terreno natural obtenido por el movimiento de tierras y han de soportar las cargas de tráfico.



Figura 2.1

Los pavimentos están clasificados de acuerdo a las características de su capa superficial o capa de rodadura teniendo los siguientes pavimentos:

- Pavimentos flexibles
- Pavimentos Rígidos

2.1.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Una carpeta constituida por una mezcla asfáltica proporciona la superficie de rodamiento; que soporta directamente las solicitaciones del tránsito y aporta las características funcionales. Estructuralmente, la carpeta absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales, ya que las cargas de los vehículos se distribuyen hacia las capas inferiores por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa.

Las capas que forman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y subbase, las cuales se construyen sobre la capa subrasante.

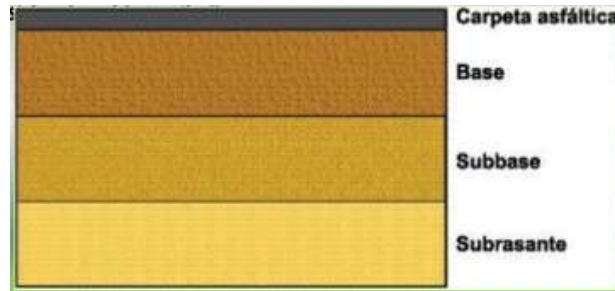


Figura 2.2

2.2.1.1 Asfalto

Es un material aglomerante de color oscuro, constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos no volátiles de alto peso molecular, originarios del petróleo crudo, en el cual están disueltos, pueden obtenerse por evaporación natural de depósitos localizados en la superficie terrestre, denominados Asfaltos

Naturales, o por medio de procesos de destilación industrial cuyo componente predominante es el Bitumen.

Los asfaltos destilados del petróleo son producidos ya sea por destilación por vapor o sopladados.

La destilación por vapor produce un excelente asfalto para pavimentos, mientras que el producto de destilación por aire o soplado tiene una escasa aplicación en pavimentación.

Obtención y tipos

Según el origen del petróleo crudo la composición de base se divide en:

- Base Asfáltica
- Base Parafínica
- Base Intermedia

Los asfaltos de base asfáltica, es decir, asfaltos obtenidos de petróleos asfálticos, son más deseables para pavimentación, ya que tienen buenas características ligantes y de resistencia al envejecimiento por acción del clima.

Los asfaltos de base parafínica, se oxidan lentamente expuestos a la intemperie, dejando un residuo escamosos y de poco valor como ligante.

2.2.1.2 Base

La base es la capa situada debajo de la carpeta (pavimento flexible). Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con un cementante.

2.2.1.3 Sub- Base

En los pavimentos flexibles, la subbase es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, debe ser un elemento que brinde un apoyo uniforme y permanente al pavimento.

Cuando se trate de un pavimento rígido, esta capa se ubica inmediatamente abajo de las losas de hormigón, y puede ser no necesaria cuando la capa subrasante es de elevada capacidad de soporte.

Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Debe ser un elemento permeable para que cumpla también una acción drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales usados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria.

Esta capa no debe ser sujeta al fenómeno de bombeo y que sirva como plataforma de trabajo y superficie de rodamiento para las máquinas pavimentadoras. En los casos que el tránsito es ligero, principalmente en vehículos pesados, puede prescindirse de esta capa y apoyar las losas directamente sobre la capa subrasante.

Se emplean normalmente subbases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, etc.

2.2.1.4 Sub-rasante

Esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le son transmitidos por el pavimento. Interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del pavimento. Proporciona en nivel necesario para la subrasante y protege

al pavimento conservando su integridad en todo momento, aún en condiciones severas de humedad, proporcionando condiciones de apoyo uniformes y permanentes.

Con respecto a los materiales que constituyen la capa subrasante, necesariamente deben utilizarse suelos compactables y obtener por lo menos el 95% de su grado de compactación.

2.1.2 PAVIMENTOS RÍGIDOS

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Por su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en bordes de losa y juntas sin pasajuntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables. Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Es de este punto de vista que influye en los sistemas de cálculos de pavimentos rígidos, sistemas que combinan el espesor y la resistencia de hormigón de las losas, para una carga y suelos dados.

Aunque en teoría las losas de hormigón hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la subrasante, es necesario construir una capa de subbase para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina o de orilla en la losa. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por la losa de hormigón hidráulico y la subbase, que se construye sobre la capa subrasante.

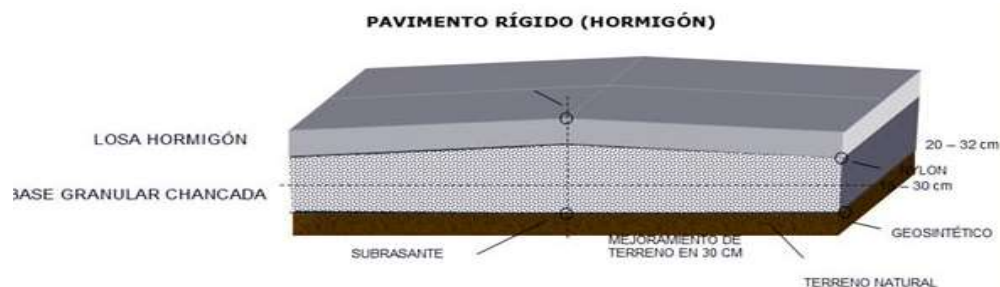


Figura 2.3

2.2.2.1 Tipos de pavimento rígido

Existen 5 tipos de pavimentos rígidos:

- De hormigón simple
- De hormigón simple con barras de transferencia de carga.
- De hormigón reforzado y con refuerzo continuo.
- De hormigón presforzado.
- De hormigón fibroso.

2.2.2.1.1 Los pavimentos de hormigón simple. Se construyen sin acero de refuerzo y sin barras de transferencia de cargas en las juntas. Dicha transferencia se logra a través de la trabazón entre los agregados de las dos caras agrietadas de las losas contiguas, formadas por el aserrado o corte de la junta. Para que la transferencia de carga sea efectiva, es preciso tener losas cortas. Este tipo de pavimento se recomienda generalmente para casos en que el volumen de tránsito es de tipo mediano o bajo.

2.2.2.1.2 Los pavimentos de hormigón simple con barras de transferencia de carga. Se construyen sin acero de refuerzo; sin embargo en ellos se disponen de barras lisas en cada junta de contracción, las cuales actúan como dispositivos de transferencia de cargas, requiriéndose también que las losas sean cortas para controlar el agrietamiento.

2.2.2.1.3 Los pavimentos reforzados contienen acero de refuerzo y pasajuntas en las juntas de contracción. Estos pavimentos se construyen con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales. Debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de carga a través de ellas.

2.2.2.1.4 Los pavimentos con refuerzo continuo por su parte, se construyen sin juntas de contracción. Debido a su continuo contenido de acero en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan fisuras transversales a intervalos muy cortos. Sin embargo, por la presencia de refuerzo, se desarrolla una gran transferencia de carga en las caras de las fisuras.

Normalmente un espaciamiento de juntas que no exceda los 4.50m tienen un buen comportamiento en pavimentos de hormigón simple, así como uno no mayor a 6m en pavimentos con pasajuntas, ni superior a 12 m en pavimentos reforzados. Espaciamientos mayores a estos, han sido empleados con alguna frecuencia, pero han generado deterioros, tanto en las juntas, como en las fisuras transversales intermedias.

2.2.2.1.5 Los pavimentos con hormigón presforzado están constituidos a base de losas que han sido previamente esforzadas y de esta manera no contienen juntas de construcción. Se han ensayado varios sistemas de presfuerzo y postensado con el fin de llegar a soluciones de pavimentos de espesor reducido, gran elasticidad y capacidad de soporte, y reducción de juntas. Gracias al sistema de presfuerzo se han podido construir losas de más de 120 m de longitud, con una reducción del 50% del espesor de la losa. Sin embargo pese a los esfuerzos para desarrollar esta técnica, en carreteras se han producido más dificultades que ventajas. Ha tenido en cambio más aplicación en aeropuertos en los cuales ha habido casos de un comportamiento excelente, tanto en pistas como en plataformas.

2.2.2.1.6 Los pavimentos de hormigón fibroso en este tipo de losas, el armado consiste en fibras de acero, de productos plásticos o de fibra de vidrio, distribuidos aleatoriamente, gracias a lo cual se obtienen ventajas tales como el aumento de la resistencia a la tensión y a la fatiga, fisuración controlada, resistencia al impacto, durabilidad, etc. con una dosificación de unos 40 kg/m³ de hormigón, es posible reducir el espesor de la losa en 30 % y aumentar el espaciamiento entre juntas por lo que puede resultar atractivo su uso en ciertos casos a pesar de su costo.

**REQUISITOS FISICOS DE LOS CEMENTOS TIPO PORTLAND
PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS**

REQUISITOS	TIPO				
	I	II	III	IV	V
Finura, superficie específica, cm ² /g.					
Prueba con el Turbidímetro de Wagner:					
Valor promedio, mínimo	1600	1600		1600	1600
Valor mínimo en cualquier muestra	1500	1500		1500	1500
Prueba de permeabilidad de aire con el aparato Boline:					
Valor promedio, mínimo	2800	2800		2800	2800
Valor mínimo en cualquier muestra	2600	2600		2600	2600
Sanidad:					
Expansión en autoclave, máximo, por ciento	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Tiempo de fraguado					
Prueba de Gillmore:					
Fraguado inicial en minutos, no menos de.....	60	60	60	60	60
Fraguado final en horas, no más de	10	10	10	10	10
Prueba de Vical:					
Fraguado en minutos, no menos de	45	45	45	45	45
Contenido de aire del mortero, por ciento en volúmen, no mayor de	12	12	12	12	12
Resistencias a la compresión, en kg/cm ² :					
La resistencia a la compresión en cubos de mortero compuesto de una (1) parte de cemento y dos punto setenta y cinco (2.75) partes de arena graduada, en peso, será igual o mayor que los valores especificados para las edades indicadas a continuación:					
Un (1) día en aire húmedo			120		
Un (1) día en aire húmedo y dos (2) días en agua	85	70	210		
Un (1) día en aire húmedo y seis (6) días en agua	150	130		56	105
Un (1) día en aire húmedo y veintisiete (27) días en agua	245	245		140	210
Resistencias a la compresión, en kg/cm ² :					
La resistencia a la compresión en cubos de mortero compuesto de una (1) parte de cemento y tres (3) partes de arena estándar en peso, sera igual o mayor que los valores especificados para las edades indicadas a continuación:					
Un (1) día en aire húmedo			19		
Un (1) día en aire húmedo y dos (2) días en agua	10	9	26		
Un (1) día en aire húmedo y seis (6) días en agua	19	18		12	18
Un (1) día en aire húmedo y veintisiete (27) días en agua	25	23		21	23
Calor de hidratación en calorías por gramo, a las edades indicadas a continuación:					
Siete (7) días, máximo		70			
Veintiocho (28) días, máximo		80			
Falso fraguado, penetración final, mínimo porcentaje	50	50	50	50	50

Cuadro 2.1

**REQUISITOS QUÍMICOS DE LOS CEMENTOS TIPO PORTLAND
PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS**

REQUISITOS	TIPO				
	I	II	III	IV	V
Bióxido de silicio (SiO ₂), mínimo, porcentaje		21			
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃), máximo porcentaje		6			
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃), máximo porcentaje		6			
Oxido de magnesio (MgO), máximo porcentaje	5	5	5	5	5
Trióxido de azufre (SO ₃):					
Cuando 3CaO Al ₂ O ₃ es 8% o menor, máximo, porcentaje	2.5	2.5	3	2.3	2.3
Cuando 3CaO Al ₂ O ₃ es mayor de 8% máximo, porcentaje	3		4		
Pérdida por calcinación, máximo porcentaje	3	3	3	2.5	3
Residuo insoluble, máximo porcentaje	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicato tricálcico (3CaOSiO ₂), máximo porcentaje				35	
Silicato dicálcico (2CaOSiO ₂), mínimo porcentaje				40	
Aluminato tricálcico (3CaOAl ₂ O ₃), máximo porcentaje		8	15	7	5
Suma de silicato tricálcico y aluminato tricálcico, máximo, porcentaje .		58			
Ferroaluminato tetracálcico más dos veces el aluminato tricálcico (4CaOAl ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ + 2(3CaOAl ₂ O ₃) o solución solida (4CaOAl ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ + 2CaOFe ₂ O ₃) como se indica posteriormente, máximo porcentaje					20

Cuadro 2.2

**REQUISITOS PARA EL AGUA A SER
UTILIZADOS
EN PAVIMENTOS RÍGIDOS**

A.	Agua de composición: Sulfatos (convertidos a Na ₂ SO ₄) Máximo	1000 p.p.m.
	Cloruros (convertidos a NaCl) máximo	1000 p.p.m.
	Materia orgánica (óxido sumergido en medio ácido) máximo	50 p.p.m.
	Turbiedad, máxima	1500 p.p.m.
B.	Agua para el curado y para lavado de agregados: Sulfatos (convertidos a Na ₂ SO ₄) máximo	1500 p.p.m.
	Cloruros (convertidos a NaCl) máximo	2000 p.p.m.

Cuadro 2.3

2.1.3 DIFERENCIA ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE

La principal diferencia entre un pavimento rígido y un pavimento flexible es como se reparten las cargas. Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos flexibles están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de capas. Los rígidos tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen las cargas sobre un área grande, la consideración más importante es la resistencia estructural del concreto hidráulico.

El comportamiento de los pavimentos rígidos y flexibles al aplicarles cargas es muy diferente, tal como se puede ver.

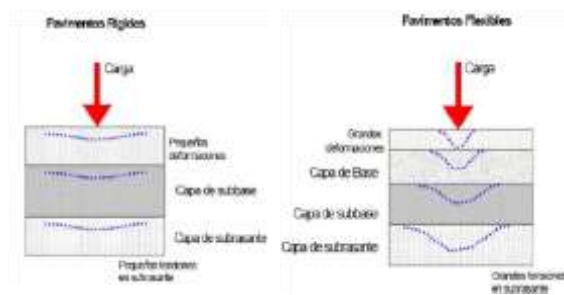


Figura 2.4

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

2.1.4 Ventajas y desventajas entre los pavimentos rígido y flexible

Los pavimentos rígido y flexible de una carretera son diseñados en función a varios factores, los cuales deben adecuarse a las características geológicas del terreno, al presupuesto con que se cuenta y a muchos otros factores que se revelan en el momento de la ejecución y durante la vida útil de estas.

Algunas de las ventajas y desventajas de los pavimentos rígido y flexible son:

- De acuerdo al costo inicial de un pavimento, el pavimento flexible tiene gran ventaja sobre el pavimento rígido, ya que este último tiene un costo muy elevado, por los materiales y equipo que se utilizan para su ejecución, también por los cuidados que se debe darle al hormigón respecto al pavimento flexible que tiene un costo menor que el anterior y que en nuestro medio es más utilizado.
- Con relación al mantenimiento que se le debe dar al pavimento luego de un periodo de vida útil, podemos afirmar que el pavimento rígido tiene mayor tiempo de vida útil que un pavimento flexible, también que el pavimento rígido es mucho más resistente a las cargas ya que no sufre deformaciones considerables que repercuten a las capas inferiores del paquete estructural y por ende el pavimento flexible tiene mayor desventaja en el momento del mantenimiento ya que se lo debe realizar con mayor frecuencia porque el mantenimiento dura periodos más cortos de tiempo.
- El pavimento flexible brinda mayor confort al usuario que un pavimento rígido, porque tiene flexibilidad en todo su largo, en consecuencia de las juntas del pavimento rígido. También es importante mencionar que los neumáticos de los vehículos tienen mejor agarre con el pavimento flexible que con el rígido.
- La duración en años de vida entre uno y otro tipo de pavimento es muy grande hablando en unidades de tiempo. Un pavimento rígido tiene un periodo de vida útil entre 20 y 25 años y un pavimento flexible tiene un periodo de vida útil entre 10 y 15 años; esto indica que un pavimento rígido es más ventajoso que un pavimento flexible.
- La mayor diferencia entre un pavimento rígido y un pavimento flexible es como se reparten las cargas. Los pavimento flexibles están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de capas. Los rígidos tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen las cargas sobre un área grande, la consideración más importante es la resistencia estructural del concreto hidráulico; caso contrario de los pavimentos flexibles que las cargas se distribuyen sobre un área pequeña.

Características	Flexible	Rígido
Costo inicial	Menos	Mas
Mantenimiento	Mas, mas	Menos
Comodidad	Mas	Menos
Rugosidad	Mas	Mas
Duración	Menos	Mas
Distrib. De cargas	Áreas pequeñas	Áreas grandes.

Cuadro 2.4

2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

El pavimento de concreto es una estructura de gran superficie expuesta en relación a su volumen, y en tal sentido pasa gran parte del tiempo solicitado a la acción del medio ambiente a través de los gradientes térmicos (de ciclo diario) y de los gradientes de humedad (de ciclo estacional). Asimismo, a las sollicitaciones propias del tránsito. Tales factores (clima y tránsito) tienen una acción preponderante y temporal sobre el comportamiento del pavimento como veremos más adelante.

Cabe resaltar que estos factores son simultáneamente causa y efecto de los deterioros en los pavimentos, es decir, que de algunos deterioros existentes pueden devenir nuevos deterioros. Esto será un desarrollo continuado de daños si no se toma las medidas y precauciones convenientes.

Al desarrollarse deterioros en el pavimento se produce una pérdida de serviciabilidad lo que origina una reducción en la vida de servicio prevista del pavimento. Es por esto, que es

necesario cuantificar el valor de su influencia de cada uno de estos factores en el comportamiento del pavimento.

En la figura 2.6, se puede apreciar como el clima, en especial las lluvias afectan los materiales que conforman la estructura del pavimento modificando sus propiedades físicas y mecánicas, que pueden tener cierto efecto sobre la resistencia, estabilidad, durabilidad y capacidad de carga del pavimento y de los suelos de la subrasante. De igual manera el tráfico, en especial los ejes de carga pesada, ayudan a contribuir a un rápido deterioro de la estructura del pavimento. A medida que pasa el tiempo, el daño causado por estos factores va aumentando, lo que origina fallas a lo largo de la superficie del pavimento, que si no son tratadas o corregidas a tiempo pueden traer como consecuencia el colapso total de éste.

2.2.1 TRÁFICO

Cuando los ejes cargados transitan sobre el pavimento pasando de una losa a otra producen dos grandes efectos: esfuerzos de flexión en la losa de concreto y deflexiones en juntas, grietas, esquinas y borde del pavimento.

En el primero se inducen esfuerzos internos y deformaciones que acumulan fatiga en cada pasada, dichos esfuerzos son críticos cuando la losa presenta una deformación de alabeo cóncavo, tal como lo muestra el isograma de tensiones de la figura 2.2, donde los esfuerzos son máximos en el centro de la cara superior de la losa y en la zona central de los bordes superiores. Al cabo de muchas repeticiones de carga, el material alcanza un fatigamiento que se manifiesta en la aparición de fisuras en dichos puntos, los que luego se propaga hacia abajo afectando todo el espesor de la losa, como se ilustra en la figura 2.3. Es claro que si en los sectores de altos esfuerzos de flexo-tracción preexisten fisuramientos iniciados por retracción plástica en el concreto fresco, la propagación de las fisuras se facilita grandemente y el fatigamiento se acelera.

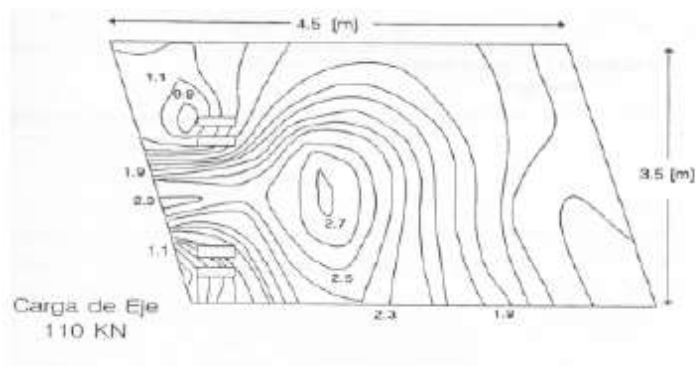


Figura 2.2 Curvas de Isoesfuerzos (Mpa) de tracción en la cara superior de una losa de alabeo cóncavo*

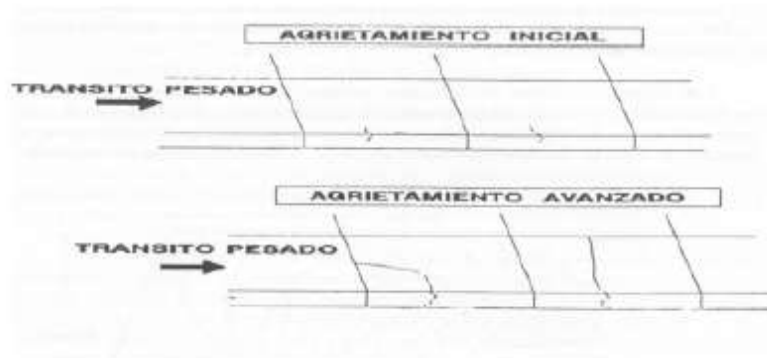


Figura 2.3 Patrón de agrietamiento*

Figura 2.5

El segundo efecto y el más perjudicial, es cuando las cargas del camión se ubican en el borde exterior del pavimento, lo cual origina las deflexiones más críticas que cualquier otra posición de carga.

Muchas repeticiones de carga por eje pesado en las esquinas y borde de la losa causan bombeo; erosión de los materiales de la subrasante, subbase, y berma de concreto; vacíos debajo y al lado de la losa; y la falla de las juntas del pavimento, especialmente en pavimentos con juntas sin pasadores.

Desde un principio los resultados del ensayo AASHTO han demostrado que la evolución de las deformaciones y de las fisuras en un pavimento está ligadas a la magnitud y ubicación de la carga por eje y a la duración de su aplicación, así como al número de pasadas.

2.2.2 MEDIO AMBIENTE

El medio ambiente puede afectar el comportamiento del pavimento en varias formas. Los cambios de temperatura y humedad pueden tener cierto efecto sobre la resistencia, durabilidad y capacidad de carga del pavimento y de los suelos de la subrasante. Asimismo, estos gradientes deforman las losas de pavimento produciéndole alabeos que modifican continuamente las condiciones de apoyo y de contorno. Con propiedad puede decirse que el pavimento de concreto es una estructura viva que se mueve al compás de la naturaleza.

La infiltración de agua a través de la superficie, juntas, grietas, o como agua subterránea proveniente de un alto nivel freático, acuíferos interrumpidos y manantiales localizados contribuyen al desarrollo de fallas en los pavimentos de concreto como son: inestabilidad de la subrasante, bombeo con la consecuente pérdida de soporte y deterioro del concreto debido a fisuras de durabilidad.

El agua libre en la interface subrasante- pavimento es la responsable de muchos problemas. Cerdegreen demostró que las cargas dinámicas producen incrementos más importantes de la presión de poros justo en el momento del pesaje de la carga y en consecuencia, hay una reducción notable de la capacidad de carga.

En adición al efecto perjudicial del agua, las losas de concreto están sometidas al alabeo y curvado. El alabeo es la deformación cóncava hacia arriba de la losa debido a variaciones de su contenido de humedad con la profundidad. El efecto de alabeo es doble: pérdida de soporte a lo largo de los bordes de la losa y restricción de los esfuerzos a la compresión en el fondo de la losa. El curvado se refiere al comportamiento de la losa debido a las variaciones de temperatura. Durante el día, cuando la cara superior está más caliente que la parte inferior, se desarrollan esfuerzos restringidos de tensión en el fondo de la losa. Durante la noche, la

distribución de temperatura es a la inversa y los esfuerzos restringidos de tensión se desarrollan en la superficie de la losa.



Figura 2.6 Efecto del clima y el tráfico en el comportamiento del pavimento*

*Tomado de la publicación de la Transportation Research Board (TBR), Washintong D.C del 12/01/2003

2.3 EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Las vías terrestres se planean y se construyen para que estén en servicio un determinado número de años (como mínimo), que se llama vida útil de la obra.

Al estar en operación una obra vial, se va deteriorando, presentando diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros que se van teniendo, al principio pueden ser pequeños, pero pueden ser la causa de problemas serios en la obra vial, que aceleren su falla, por lo que para que una obra proporcione un servicio adecuado requiere de mantenimiento o conservación, que cuando menos asegure su vida de proyecto.

El deterioro que se va teniendo en las obras viales, se va observando y se le asigna una calificación, dándole un valor de 1 a 5 que se llama índice de servicio. Cuando una obra se

pone a funcionar, recién construida, debe tener una calificación entre 4.5 y 5, la cual va disminuyendo conforme pasa el tiempo (n), y según el tipo de mantenimiento que este tenga. Fig. 2.7.



Figura 2.17

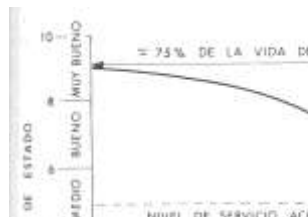


Figura 2.8

La evaluación de pavimentos es una tarea muy importante, que cada institución dedicada al mantenimiento y conservación de las vías (camino, calles, autopistas) debe realizar, con el único propósito de detectar las posibles fallas o anomalías que pudiera presentar una determinada vía, para luego ver la mejor alternativa de solución en caso de necesitarla, de tal forma poder seguir dando una continuidad de operación a dicha vía.

TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Para la evaluación de pavimentos, se puede decir que ésta evaluación se la subdivide en:

- Evaluación Superficial
- Evaluación Estructural

2.3.1 EVALUACIÓN SUPERFICIAL

El trabajo de la evaluación superficial de un pavimento rígido, implica la observación y cuantificación de las características superficiales del pavimento, vale decir la superficie de la losa, desde el momento que este pavimento se pone en servicio.

Este tipo de evaluación debe basarse en:

- a. Muestras aleatorias del tramo vial en estudio, con el fin de reducir la inspección visual.
- b. Evaluar objetiva y cuantitativamente las condiciones superficiales del pavimento.
- c. Utilizar métodos y equipo adecuados para realizar la evaluación.

Por otro lado se debe tener en cuenta una inspección visual continua, porque un pavimento rígido no falla instantáneamente, sino que su deterioro va aumentando en forma continua.

Con una inspección visual sistemática se detecta las fallas existentes en la superficie del pavimento, dichas fallas pueden ser originadas por solicitaciones de los vehículos, fallas constructivas y por efectos climáticos.

Los objetivos de la observación sistemática son:

- Detectar los posibles tipos de deterioros o fallas.
- Fijar prioridades dentro un programa de mantenimiento para el tramo en estudio.
- Analizar el comportamiento del pavimento en vista de mejoras o reconstrucción.

Este proyecto esta destinado a realizar dicha evaluación superficial de un pavimento rígido, en la “Localidad de Entre Ríos”.

2.3.1.1 CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES DE LOS PAVIMENTOS

Las características superficiales de los pavimentos son muy importantes, pues de ellas dependerá la buena funcionalidad de la carretera. Las características superficiales del pavimento son en realidad las únicas características del firme que interesan al usuario, ya que de ellas depende en gran medida su seguridad y la comodidad de circulación. En determinadas circunstancias, las características superficiales de los pavimentos inciden en los costes de funcionamiento, lo que afecta también a la colectividad. En el medio urbano, las características superficiales de los pavimentos interesan incluso a vecinos y peatones.

Entre las características y propiedades a considerar están las siguientes:

- Resistencia al deslizamiento
- Textura
- Regularidad superficial
- Permeabilidad
- Drenabilidad
- Resistencia a la rodadura
- Ruido de rodadura
- Absorción acústica
- Color y propiedades ópticas reflexivas
- Resistencia al ataque de aceites y combustibles
- Proyecciones de agua al paso de los vehículos
- Consumos debidos al contacto neumático-pavimento
- Limpieza
- Deterioros superficiales

Estas características influyen sobre diversos aspectos relativos a la funcionalidad de las carreteras:

- Seguridad
- Comodidad
- Gastos de explotación
- Contaminación ambiental

La industria del automóvil ha ido mejorando de forma constante los vehículos en lo referente a estos aspectos. Si se tiene en cuenta que la mayor parte de los problemas se originan por la interacción vehículo-carretera, hay que preguntarse si ambos elementos se han ido perfeccionando de forma paralela. En todo caso no hay que olvidar el papel del conductor en determinadas situaciones.

2.3.1.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SUPERFICIE Y SU INFLUENCIA EN LA INTERACCION VEHÍCULO-CARRETERA

En el XVII Congreso Mundial de carreteras (Bruselas, 1987), el Comité Técnico de Características Superficiales de la AIPCR propuso una clasificación de las características geométricas superficiales basada en las longitudes de onda y en las amplitudes de las irregularidades. Cuadro 2.5. Hay que tener en cuenta que en primera instancia las características superficiales de los pavimentos que más interesan están ligadas a las dimensiones de estas irregularidades.

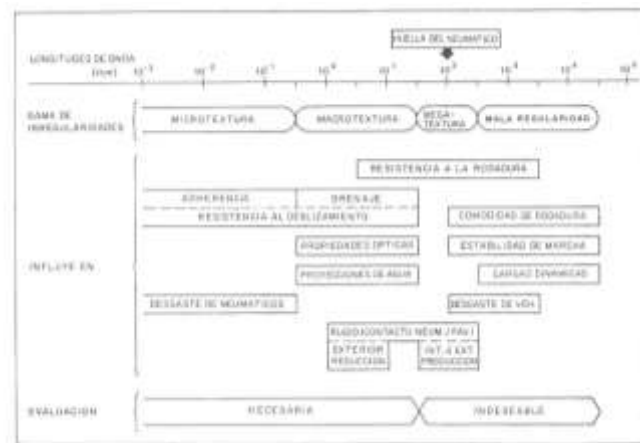
CLASIFICACION DE LAS IRREGULARIDADES SUPERFICIALES DE UN PAVIMENTO (AIPCR 1987)

DOMINIO	RANGO DE DIMENSIONES (APROX.)
---------	-------------------------------

		LONGITUD DE ONDA (HORIZONTAL)	AMPLITUDES (VERTICAL)
MICROTEXTURA		0 - 0.5 mm	0 - 0.2 mm
MACROTEXTURA		0.5 - 50 mm	0.2 - 10 mm
MEGATEXTURA		50 - 500 mm	1 - 50 mm
REGULARIDAD SUPERFICIAL	ONDAS CORTAS	0.5 - 5 m	1 - 20 mm
	ONDAS MEDIAS	5 - 15 m	5 - 50 mm
	ONDAS LARGAS	15 - 50 m	10 - 200 mm

Cuadro 2.5

La interacción vehículo-carretera da lugar a que estas irregularidades superficiales influyan en mayor o menor grado en determinadas características superficiales que afectan al usuario. Fig. 2.9



La micro textura o aspereza depende de la textura superficial de los áridos y del mortero bituminoso o de cemento. Es muy importante para la adherencia entre neumático y pavimento y por tanto para la resistencia al deslizamiento en todas las circunstancias. Influye en el desgaste de los neumáticos y algo en el ruido en las altas frecuencias del espectro acústico. En todo caso, las irregularidades de este tipo son siempre necesarias.

La macro textura o rugosidad depende del tamaño máximo del árido y de la composición de la mezcla, riego o lechada bituminosas o del tratamiento de superficie dado al hormigón. Degradaciones tales como grietas o pérdida de gravillas sólo contribuyen cuando existan gran densidad; la existencia de juntas únicamente si hay escalonamientos

notables. La macro textura es necesaria para una adecuada resistencia al deslizamiento a velocidad media y elevada (superior a 60 Km/h) con pavimento mojado. Además del rozamiento por deformación relacionado con la histéresis elástica del caucho, la rugosidad permite restablecer al contacto con adherencia a alta velocidad. Fig. 2.10.



Figura 2.10

De este modo lo adecuado es tener una micro textura áspera y además una macro textura rugosa (Fig. 2.11), siempre que el ruido de rodadura sea moderado.

La macro textura tiene una pequeña influencia negativa en el consumo de combustible al aumentar la resistencia a la rodadura. En cambio, mejora la visibilidad y las propiedades ópticas del pavimento al reducir las proyecciones de agua y producir una reflexión difusa. Permite también una mejor visibilidad de las marcas viales.

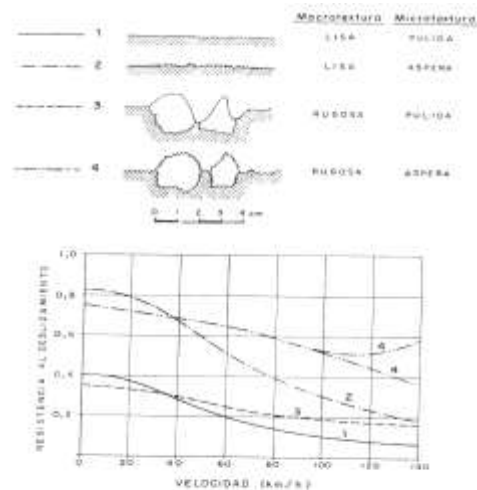


Fig. 3 INFLUENCIA DE LA TEXTURA Y DE LA VELOCIDAD EN EL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.

Figura 2.11

La mega textura corresponde a irregularidades de tipo intermedio, relacionadas con la puesta en obra y también con diversos tipos de fallos o degradaciones y sus reparaciones (bacheos, sellados de grietas) cuando no están bien realizadas. Los adoquinados tradicionales de piedra labrada pueden dar lugar también a este tipo de textura.

Esta gama de irregularidades aumentan en particular la resistencia a la rodadura y el nivel del ruido con frecuencias bajas. La rodadura es más incómoda, con vibraciones y dificultades para mantener la estabilidad de marcha. Contribuye además al desgaste de los vehículos, incluidos los neumáticos.

Los defectos de regularidad superficial se reflejan en ondas de mayor longitud debidas a la puesta en obra (extensión, compactación, etc.), a deformaciones del firme bajo tráfico. Estas irregularidades afectan a la comodidad de la rodadura por las oscilaciones que producen, aumentan el consumo de combustible e influyen en la estabilidad de los vehículos, y pueden afectar a los usuarios: las más bajas pueden producir mareos y las más elevadas pueden afectar a órganos internos y a la columna vertebral.

2.3.1.3 MEDIDA DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL

El método más utilizado para controlar durante la construcción la regularidad de una capa del pavimento es la regla, habitualmente de 3 m. Se mide la distancia máxima en mm entre la capa y la regla, colocando ésta en cualquier punto y dirección, aleatoriamente o de acuerdo con un protocolo de medición previamente establecido. Con el fin de aumentar el rendimiento existe la variante de las reglas móviles.

Por otro lado, existen también equipos similares (perfilógrafos), pero remolcados y con varios puntos de referencia, empleados para medir la regularidad superficial en un sentido del eje de la carretera y cuyo rendimiento es en general bajo. En ellos se suele registrar el desplazamiento vertical de una rueda con respecto a una base horizontal de 3 a 10 m de longitud. Un equipo muy empleado es el viógrafo. Fig. 2.12.

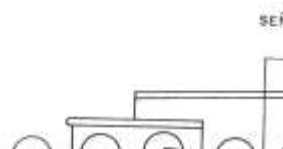


Fig. 2.12

Un grupo de sistemas de medida de la regularidad superficial es el formado por los de tipo dinámico, con los que se pueden conseguir altos rendimientos y que, por tanto, pueden aplicarse para la evaluación del estado de toda una red. Se pueden distinguir en dos tipos:

- Equipos que miden la respuesta de un pavimento (mediante sistemas inerciales, masas suspendidas o acelerómetros).
- Equipos que miden las irregularidades del pavimento, es decir que obtienen el perfil de la superficie del pavimento (perfilométricos dinámicos).

Dentro de los primeros se pueden citar el equipo francés llamado analizador dinámico del perfil longitudinal (APL) y el español denominado analizador de la regularidad superficial (ARS). Fig. 2.13. Con estos aparatos se miden las oscilaciones, debidas a las irregularidades del pavimento, de un péndulo inercial que va montado sobre un remolque. Todos ellos se caracterizan por desplazarse a velocidades comparables a las de los vehículos de carreteras, aunque variables según los equipos (de 20 a 70 km/h).

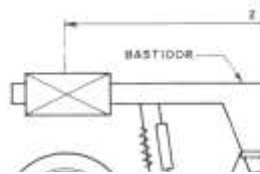


Fig. 2.13

A partir de los años ochenta se han desarrollado perfilómetros de alto rendimiento, basados en general en tecnología láser y en menor medida en ultrasonidos. Se trata de equipos de medida integral de las condiciones superficiales de los pavimentos, pueden trabajar a velocidades superiores a los 70 km/h).

Entre los más conocidos están el canadiense ARAN (Automatic road analyser). Fig. 2.14, el sueco RST (Road surface tester). Fig. 2.15a y 2.15b. El sistema de medida consta de una serie de cámaras láser situadas en la parte delantera de una furgoneta. Se pueden medir, simultánea o independientemente, las siguientes características: profundidad de roderas, regularidad superficial, macro textura, fisuración de la superficie, perfiles transversales y radios de curvatura.

Estos vehículos multifunción facilitan la observación sistemática y periódica de las principales carreteras y permiten evaluar los índices de estado de la carretera.



Figura 2.14

EQUIPO CANADIENSE ARAN



Figura. 2.15a



Figura. 2.15b EQUIPO SUECO RST

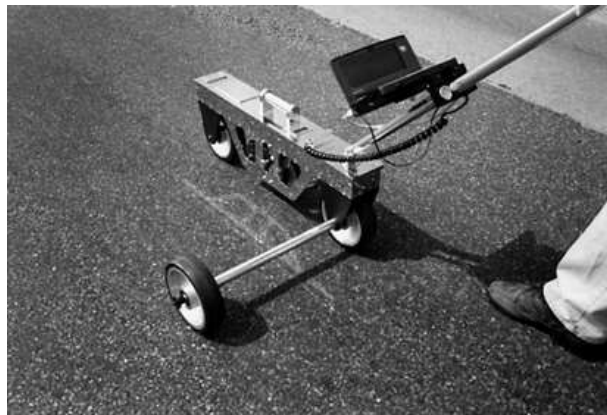


Fig. 2.16

PERFILOGRAFO DIPSTICK RODANTE

Cualquiera que sea el equipo empleado, los resultados de las medidas deben servir para establecer un índice o nota de regularidad superficial del tramo o carretera en estudio (normalmente se da un valor para cada 100 m auscultados).

2.3.1.4 LA RUGOSIDAD

La rugosidad de la superficie del pavimento, significa que esta presenta asperezas, arrugas o desigualdades en su superficie.

Cuando el conductor se encuentra en el interior de su automóvil, se pone en marcha el vehículo, al avanzar este sobre la carretera, se desplaza hacia su destino, y también se mueve hacia arriba y hacia abajo. El movimiento vertical no deseado es consecuencia de:

- Las rugosidades de la carretera.
- La magnitud del movimiento en función de las características y velocidades del vehículo.
- La magnitud de las rugosidades de la carretera.

Si la carretera esta muy mal, tiene mucha rugosidad, el usuario se mueve mucho y opina que la carretera esta mal.

Si la carretera está bien, con poca rugosidad, el usuario se mueve poco, se siente más cómodo y piensa que la carretera es buena.

El ejemplo anterior, para su mejor análisis de cual sería una rugosidad aceptable, o cual es perjudicial al conductor como al pasajero, se debe determinar primeramente esta rugosidad.

Las mediciones de rugosidad de una carretera se efectúan por varias razones, entre ellas se tienen:

- a. Relaciona la rugosidad con la calidad de servicio que se prevé, constituyéndose en un buen parámetro para ser usado en la evaluación del comportamiento de un pavimento y los niveles de servicio de los usuarios.
- b. Los costos de operación de los vehículos son relacionados a la rugosidad de la superficie del camino: por lo tanto muchos análisis económicos relacionados al ciclo de rehabilitaciones, requerimientos de conservación puede ser objetivamente evaluados si se dispone de la medida de la rugosidad de una carretera. A ello debe

agregarse la evaluación estructural para decidir cuando corresponde una rehabilitación para rescatar un valor remanente de la carretera.

- c. La rugosidad afecta a la seguridad de una carretera, esta es otra consideración que hay que tomar en cuenta para la toma de decisiones sobre programas de mejoramiento.

2.3.1.5 ESTADO DE UNA CARRETERA

La calidad de servicio que ofrece una carretera se mide en función del Índice de Serviciabilidad Presente, la Fig. 2.20 muestra una curva que relaciona la rugosidad con el PSI, y de acuerdo a esta curva el tipo de mantenimiento que requiere el tramo de la carretera estudiado, observando la curva se puede decir que la rugosidad admisible para una carretera es de 40 QI, que equivale a un Índice de Serviciabilidad de 2, hasta que la carretera alcance este valor, el mantenimiento es de rutina, cuando el Índice de Serviciabilidad es menor a dos quiere decir que la rugosidad tiene un valor superior a los 40 QI, lo cual significa que la carretera tiene fallas o deterioros tales como corrugaciones, hundimientos, etc., problemas que pueden ser superficiales o debido a fallas estructurales.

Con la asistencia técnica que ofreció a Bolivia WILBUR SMITH Y ASOCIADOS, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$PSI = 5 * e^{-0.02291 * QI} \quad \text{Ec. 2.1}$$

QI = Rugosidad determinada con un aparato auscultador.

La aplicación de esta fórmula se muestra en el Cuadro 2.6, las relaciones existentes entre la Rugosidad QI y PSI están en el Cuadro 2.7, las relaciones de equivalencia entre el IRI, QI, y PSI, se muestran en el Cuadro 2.8, como la relación de equivalencia IRI, PSI están en el Cuadro 2.9.

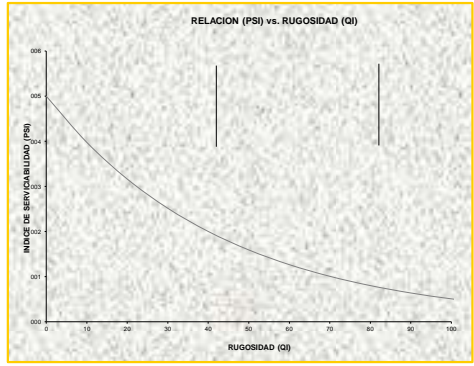


Figura 2.17

APLICACIÓN DE LA ECUACION 2.1

QI	PSI
0	5.00
10	3.98
20	3.16
25	2.82
30	2.51
35	2.24
40	2.00
50	1.59
60	1.26
65	1.13
70	1.01
75	0.89
80	0.80
90	0.64
100	0.51
110	0.4
120	0.32
125	0.28
130	0.25
140	0.20
150	0.16
160	0.13
170	0.10
175	0.09
180	0.08
190	0.06
200	0.05

Cuadro 2.6

RELACIÓN DE RUGOSIDAD (QI) CON EL PSI

QI UNIDADES/KM	PSI	DESCRIPCIÓN
0 - 20	3 - 5.0	El pavimento es nuevo.
20 - 35	2.5 - 3	Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno no existe baches ni corrugaciones.
35 - 65	1.0 - 2.5	El pavimento muestra algunos tramos con los primeros vestigios de deterioro. Baches ocasionales (1-3 baches cada 50 m, 2% de baches), depresiones (20 - 40 mm cada 5 m o 10 - 20 mm cada 3 m), velocidad normal de conducción 80km/h.
65 - 110	0.4 - 1.0	El pavimento severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (≥ 20 mm/3m), baches frecuentes (15-20 baches cada 50 mt., 15% de baches).

Cuadro 2.7

RANGOS DE RELACIÓN PCI, QI, PSI

PCI	DESCRIPCIÓN	QI Unidades/Km	PSI	DESCRIPCIÓN
90 - 100	Muy bueno, excelente	0 - 20	3 - 5.0	El pavimento es nuevo.
60 - 90	Bueno	20 - 35	2.5 - 3	Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno no existe baches ni corrugaciones.
40 - 60	Regular	35 - 65	1.0 - 2.5	El pavimento muestra algunos tramos con los primeros vestigios de deterioro. Baches ocasionales (1-3 baches cada 50 m, 2% de baches), depresiones (20 - 40 mm cada 5 m o 10 - 20 mm cada 3 m), velocidad normal de conducción 80km/h.
20 - 40	Muy pobre			
0 - 20	Fallado	65 - 110	0.4 - 1.0	El pavimento severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (≥ 20 mm/3m), baches frecuentes (15-20 baches cada 50 mt., 15% de baches).

Cuadro 2.8

RANGOS DE RELACIÓN IRI, QI, PSI

IRI m/Km	QI Unidades/Km	PSI	DESCRIPCIÓN
0 - 1.6	0 - 20	3 - 5.0	El pavimento es nuevo.
1.6 - 2.8	20 - 35	2.5 - 3	Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno no existe baches ni corrugaciones.
2.8 - 5.2	35 - 65	1.0 - 2.5	El pavimento muestra algunos tramos con los primeros vestigios de deterioro. Baches ocasionales (1-3 baches cada 50 m, 2% de baches), depresiones (20 - 40 mm cada 5 m o 10 - 20 mm cada 3 m), velocidad normal de conducción 80km/h.
5.2 - 8.8	65 - 110	0.4 - 1.0	El pavimento severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (≥ 20 mm/3m), baches frecuentes (15-20 baches cada 50 mt., 15% de baches).

Cuadro 2.9

2.3.1.6 INDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL INTERNACIONAL (IRI, (INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX)

En la actualidad, a fin de poder comparar las medidas realizadas con equipos diferentes, se está imponiendo el empleo del IRI (Índice Internacional de Regularidad), establecidos a partir de estudios auspiciados por el Banco Mundial (1986). Para definir el IRI se emplea un modelo matemático que simula la suspensión y masas de un vehículo circulando por un tramo de carretera a una velocidad de 80 km/h. Este modelo se denomina QCS (Quarter Car Simulation), o simplemente QI (Quarter Index), dado que representa la cuarta parte de un vehículo de cuatro ruedas o un remolque de una sola rueda.

El IRI en un punto de una carretera se define como el cociente entre el desplazamiento relativo acumulado por la suspensión del vehículo tipo y la distancia recorrida por dicho vehículo. Se expresa en milímetros por metro o metros por kilómetro. Valores inferiores a 2 mm/m representan una magnífica regularidad superficial para todo tipo de carreteras; para carreteras secundarias, de velocidad específica en torno a los 80 km/h, basta que el IRI sea inferior a 5 mm/m (Fig.2.18).

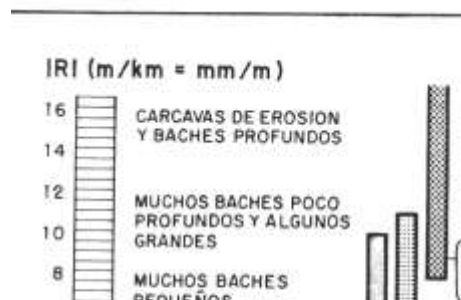


Figura 2.18

2.3.2 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

2.3.2.1 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO

Las características estructurales de un pavimento rígido, están relacionadas con los materiales empleados en las capas del firme o pavimento, y sus respectivos espesores de estas capas. La diferente deformabilidad que pueden presentar estas capas, da lugar a discontinuidades de deformaciones en ellas, por lo que el proyecto o construcción de una capa ha de armonizarse con el de las restantes a fin de conseguir un buen comportamiento estructural conjunto.

La evaluación estructural de los pavimentos trata de evaluar a todo el conjunto de capas constituyentes del pavimento.

Dicha evaluación estructural se la realiza tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Deflexiones Benkelman.
- Evaluación de materiales.
- Número estructural.
- Tránsito o tráfico vehicular.
- Factor regional.

En el presente proyecto en relación a la evaluación estructural trabajaremos observando las deflexiones utilizando la viga Benkelman.

2.3.2.2 VIGA BENKELMAN

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO DISPOSITIVO DE CARGA ESTÁTICA NO CONTINUA, VIGA BENKELMAN (I.N.V. E – 795 – 07)

El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la figura 2.4, la viga consta esencialmente de dos partes: (1) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos "A" y uno trasero regulable "B") y (2) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote "C", uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto "D") y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical (punto "E"). Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas, como se verá más adelante.

El extremo "D" o "punta de la viga" es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo DE gira en torno al punto fijo "C", con respecto al cuerpo AB, determinando que el extremo "E" produzca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto "D" se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro. La operación expuesta representa el "principio de medición" con la Viga Benkelman. Lo que se hace después son sólo cálculos en base a los datos recogidos. Así, con las dos lecturas obtenidas es posible determinar cuánto deflectó el pavimento en el lugar subyacente al punto "D" de la viga, durante el procedimiento descrito. Es de anotar que en realidad lo que se mide es la recuperación del punto "D" al remover la carga (rebote elástico) y no la deformación al colocar ésta. Para calcular la deflexión deberá considerarse la geometría de la viga, toda vez que los valores dados por el extensómetro (EE') no están en escala real sino que dependen de la relación de brazos existentes (Ver figura 2.4b).

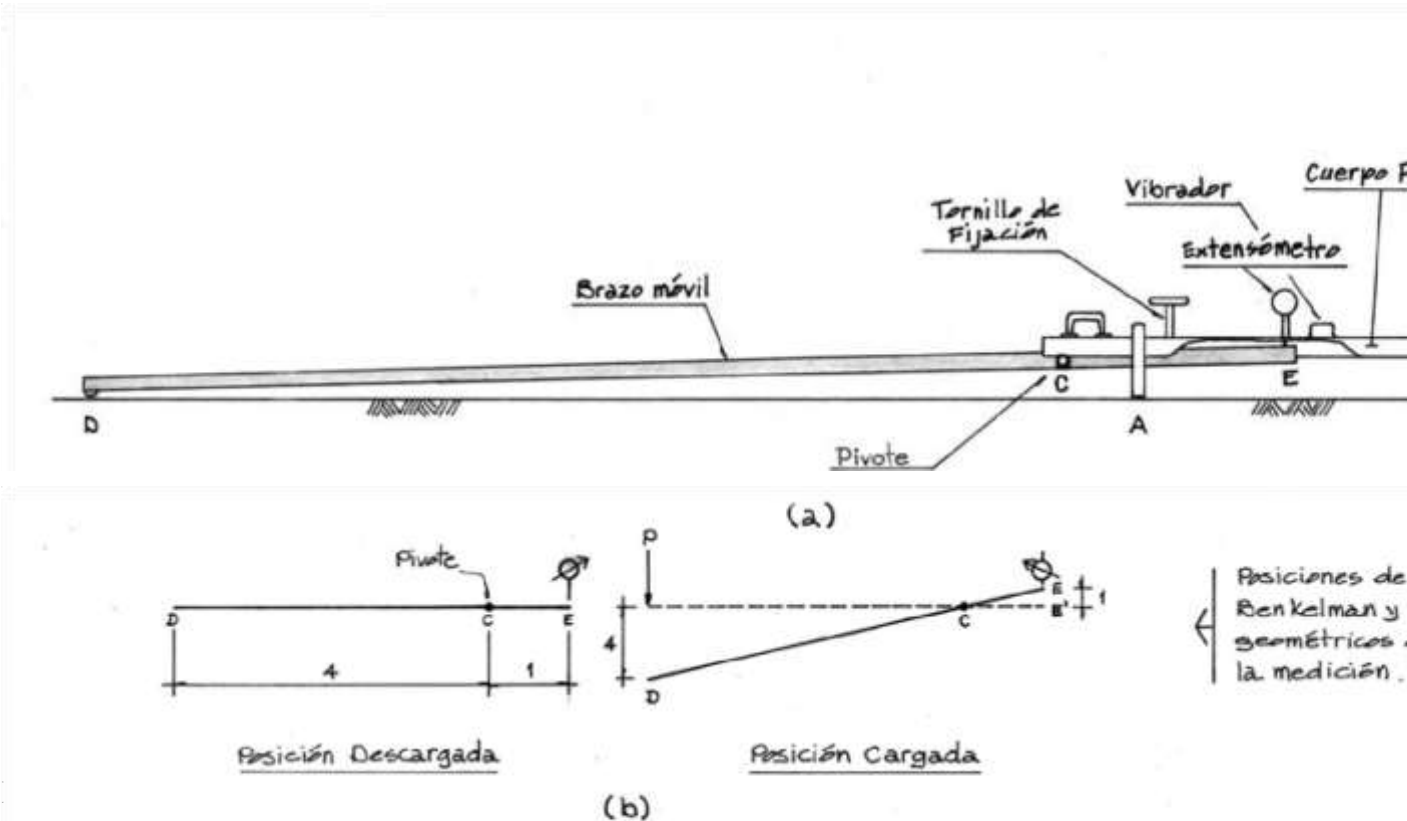


FIGURA 2.4 : Esquema y Principio de Operación de la Viga Benkelman

- ii. Extensómetro con dial indicador de divisiones cada 0.01 mm (Modelo Soiltest HT-300M).
- iii. Camión cargado, con eje trasero de 18000 libras igualmente distribuidas en un par de llantas dobles infladas a una presión de 75 a 85 psi.
- iv. Vehículo auxiliar para transportar al personal y equipo misceláneo (camioneta).
- v. Balanza portátil para pesaje del camión, con capacidad de 10 toneladas.

Accesorios de medición y varios (Cinta métrica de 3 m, plumones de punta gruesa, plomada, destornillador, alicates, hojas de campo, lápices, señales de seguridad, termómetro, cincel, martillo, varilla de metal o madera de 2m, alambre de amarre, etc.)

2.4 EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO RÍGIDO

2.4.1 MÉTODO DE EVALUACIÓN PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA CARRETERAS Y ESTACIONAMIENTOS ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO ENCUESTAS (ASTM D6433-03)

Esta práctica cubre la determinación de las condiciones de pavimentación de caminos y plazas de aparcamiento mediante encuestas visuales utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para cuantificar la condición del pavimento.

El PCI es un indicador numérico que clasifica la condición superficial del pavimento. El PCI proporciona una medida de la condición actual del pavimento basado en el desgaste observado en la superficie del pavimento, lo que también indica la integridad estructural y la condición operacional de la superficie (rugosidad y seguridad localizadas). El PCI no puede medir la capacidad estructural ni proporciona una medición directa de la resistencia al deslizamiento o de la rugosidad. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de mantenimiento y reparación. El monitoreo continuo de la PCI se utiliza para establecer la tasa de deterioro del pavimento, lo que permite la identificación temprana de las principales necesidades de rehabilitación. El PCI proporciona información sobre el comportamiento del pavimento para la validación o mejora de los procedimientos actuales de diseño y mantenimiento del pavimento.

La norma AASHTO recomienda que se debe de tomar 20 metros de cada 100 metros de longitud para ser evaluada, es por esto que en este proyecto tomaremos 20 metros de cada 100 metros que equivale a una cuadra.

2.4.1.1 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

El método de evaluación de pavimentos PCI, fue desarrollado por M.Y. Shain y S.D. Khon y publicado por el Cuerpo de ingenieros de la Armada de los Estados Unidos en 1978.

El objetivo de este estudio fue desarrollar un Índice de Condición de Pavimento (PCI) para carreteras, calles y estacionamientos para proveer al ingeniero de:

- (1) Un método estándar para evaluación de la condición de la superficie operacional de una sección de pavimento.
- (2) Un método para determinar necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición del pavimento.
- (3) Un método para determinar el comportamiento mediante determinación continua del PCI.

El método determina el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en base a información obtenida de una inspección visual. Este índice ayuda al ingeniero en procesos de evaluación, determinación de labores y prioridades de mantenimiento y reparación.

2.4.1.2 ECUACIÓN DEL PCI

El grado de deterioro de un pavimento está en función de:

- El tipo de falla.
- La severidad de la falla (ancho de las grietas, etc.).
- La densidad de la falla (% del área afectada).

$$PCI = 100 - \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} VD(T_i, S_j, D_{ij}) \right] * F \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

PCI = Índice de Condición de pavimento.

VD = Valor de deducción, en función del tipo de falla (Ti), severidad (Sj), y densidad de fallas (Dij) observables en el pavimento.

I = Tipos de falla.

J = Grados de severidad.

P = Número de fallas en el pavimento analizado.

Mi = Grados de severidad para la falla "i".

F = Factor de ajuste, en función de la sumatoria total y el número de valores de deducción mayores que 5.

2.4.1.3 TIPOS DE FALLAS

A continuación se muestran las distintas fallas que se presentan en los pavimentos rígidos, los cuales consideraremos en el método PCI (Cuadro 2.10).

No	DAÑO	DAÑO
21	Blow up/Buckling	Blow up/Buckling
22	Grieta de esquina	Corner Break
23	Losa dividida	Divided Slab
24	Grieta de durabilidad "D"	Durability "D" Crack
25	Escala.	Faulting
26	Sello de Junta	Joint Seal
27	Desnivel Carril/ Bema	Lane / Shoulder Drop Off
28	Grieta lineal.	Linear Cracking
29	Parqueo (grande)	Patching (Large)
30	Parqueo (pequeño)	Patching (Small)
31	Pulimento de Agredados	Polished Aggregates
32	Popouts	Popoust
33	Bombeo	Bombeo
34	Punzonamiento	Punzomaniento
35	Cruce de via ferrea	Railroad crossing
36	Desconchamiento / Mapas de grietas/Craquelado	Desconchamiento / Map Cracking/Crazing
37	Grietas de Retracción	Shrinkage Cracks
38	Descascaramiento de esquina	Spalling Corner
39	Descascaramiento de junta	Spalling Joint

Cuadro 2.10

2.4.1.4 DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

Ahora se presenta una descripción de los diferentes tipos de daños que puede presentar un pavimento rígido, los cuales fueron agrupados en cuatro categorías generales:

- ✓ Juntas.
- ✓ Fisuras y grietas.
- ✓ Deterioro superficial.
- ✓ Otros deterioros.

Cada uno de los daños correspondientes a cada categoría se describe a continuación, presentando su definición y sus posibles causas. Las fotografías relacionadas con cada tipo de daño, se presentan a medida que se describe cada uno de ellos.

2.4.1.4.1 Juntas

2.4.1.4.1.1 Deficiencias del Sellado

Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incompresible impide el movimiento de la losa, posibilitando que se produzcan fallas, como levantamiento o desportillamientos de juntas.

Posibles causas: Las causas más frecuentes para que el material de sello sea deficiente, son:

- Pérdida de adherencia con los bordes de las losas.
- Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.
- Escasez o ausencia del material de sello.
- Material de sello inadecuado.



2.4.1.4.1.2 Juntas saltadas

Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.50 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia. Además no se extiende verticalmente a través de la losa sino que intersectan la junta en ángulo.

Posibles causas: Los desportillamientos se producen como consecuencia de diversos factores que pueden actuar aislada o combinadamente; excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las cargas del tránsito y/o por infiltración de materiales incompresibles; debilidad del hormigón en la proximidad de la junta debido a un sobre acabado y excesiva disturbación durante la ejecución de la junta; deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta; acumulación de agua a nivel de las juntas.



2.4.1.4.1.3 Separación de la junta longitudinal

Corresponde a una abertura de la junta longitudinal del pavimento. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos.

Posibles causas:

- Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclajes entre carriles adyacentes.
- Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante.
- Ausencia de bermas.



2.4.1.4.2 Grietas

2.4.1.4.2.1 Grietas de esquina

Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

Posibles Causas: Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga del hormigón) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de la fundación, así como también por una deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que favorece el que se produzcan altas deflexiones de esquina.



2.4.1.4.2.2 Grietas Longitudinales

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos.

Posibles causas: Son causadas por la repetición de cargas pesadas, pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad, o por las deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales. Con frecuencia la ausencia de juntas longitudinales y/o losas, con relación ancho / longitud excesiva, conducen también al desarrollo de fisuras longitudinales.



2.4.1.4.2.3 Grietas transversales

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.

Posibles Causas: Son causadas por una combinación de los siguientes factores: excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga), deficiente apoyo de las losas, asentamientos de la fundación, excesiva relación longitud / ancho de la losa o deficiencias en la ejecución de éstas. La ausencia de juntas transversales o bien losas con una relación longitud / ancho excesivos, conducen a fisuras transversales o diagonales, regularmente distribuidas o próximas al centro de las losas, respectivamente. Variaciones significativas en el espesor de las losas provocan también fisuras transversales.



2.4.1.4.3 Deterioro superficial

2.4.1.4.3.1 Fisuramiento por retracción (tipo malla)

Es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de hormigón. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a intersectarse en ángulos de 120°.

Posibles causas: Las fisuras capilares generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del hormigón fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del hormigón resulte muy débil frente a la retracción. Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un desconchado que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos de hormigón armado, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.



2.4.1.4.3.2 Desintegración

Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del hormigón, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

Posibles causas: Son causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre hormigones de pobre calidad, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, etc.).



2.4.1.4.3.3 Baches

Descomposición o desintegración la losa de hormigón y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

Posibles causas: Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores del pavimento estructuralmente insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca

la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.



2.4.1.4.4 Otros deterioros

2.4.1.4.4.1 Levantamiento localizado

Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal.

Posibles causas: Son causadas por falta de libertad de expansión de las losas de hormigón, las mismas que ocurren mayormente en la proximidad de las juntas transversales. La restricción a la expansión de las losas puede originar fuerzas de compresión considerables sobre el plano de la junta. Cuando estas fuerzas no son completamente perpendiculares al plano de la junta o son excéntricas a la sección de la misma, pueden ocasionar el levantamiento de las losas contiguas a las juntas, acompañados generalmente por la rotura de estas losas.



2.4.1.4.4.2 Escalonamiento de juntas y grietas

Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras.

Posibles causas: Es el resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente de la capa inferior de la losa (en sentido de la circulación del tránsito) como también por depresión del extremo de la losa posterior, al disminuir el soporte de la fundación. Son manifestaciones del fenómeno de bombeo, cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de hormigón y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.



2.4.1.4.4.3 Descenso de la berma

Diferencia de nivel entre la superficie de la losa respecto a la superficie de la berma, ocurre cuando alguna de las bermas sufre asentamientos.

Posibles causas: Las principales causas del descenso de berma son:

- Asentamiento de la berma por compactación insuficiente.
- En bermas no revestidas: por la acción del tráfico o erosión de la capa superficial por agua que escurre desde el pavimento hasta el borde exterior de la losa.
- Inestabilidad de la banca.



2.4.1.4.4.4 Separación entre berma y pavimento

Incremento en la abertura de la junta longitudinal entre la berma y el pavimento.

Posibles causas: Las causas más probables de la separación entre berma y pavimento son:

- Compactación insuficiente en la cara lateral del pavimento.
- Escurrimiento de agua sobre la berma cuando existe un desnivel entre ella y el pavimento.



2.4.1.4.4.5 Parches deteriorados

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo. Los parchados disminuyen la serviciabilidad de la pista, al tiempo que pueden constituir indicadores, tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En muchos casos, los parchados, por deficiente ejecución dan origen a nuevas fallas.

Posibles causas:

- En el caso de parches asfálticos, capacidad estructural insuficiente del parche o mala construcción del mismo.
- En reemplazo por nuevas losas de hormigón de espesor similar al del pavimento existente, insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.

- En parches con hormigón de pequeñas dimensiones, inferiores a una losa, retracción de fraguado del hormigón del parche que lo despega del hormigón antiguo.



2.4.1.4.4.6 Surgencia de finos

Es la expulsión de finos a través de las juntas o fisuras, ésta expulsión (en presencia de agua) se presenta por la deflexión que sufre la losa ante el paso de cargas. Al expulsar agua esta arrastra partículas de grava, arena, arcillas o limos generando la pérdida del soporte de las losas de concreto. El bombeo se puede evidenciar por el material que aparece tanto en juntas y fisuras de la losa como en la superficie del pavimento.

Posibles causas:

- Presencia de agua superficial que penetra entre la base y la losa de hormigón.
- Material erodable en la base.
- Tráfico de vehículos pesados frecuente.
- Transmisión inadecuada de cargas entre losas.



2.4.1.4.4.7 Fragmentación múltiple

Fracturamiento de la losa de hormigón conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

Posibles causas: Son originadas por la fatiga del concreto, provocadas por la repetición de elevadas cargas de tránsito y/o deficiente soporte de la fundación, que se traducen en una capacidad de soporte deficiente de la losa.



2.4.1.4 SEVERIDAD DE FALLA

En vista de las variaciones de severidad que presentan los tipos de fallas, se han descrito los diferentes niveles contemplados en el método para cada falla.

2.4.1.5 VALOR DE DEDUCCIÓN

Estos valores (**VD**) son determinados en función del tipo de cada falla, su severidad y densidad en el pavimento, los diferentes gráficos para determinar el (VD) se encuentran en el ANEXO I.

2.4.1.6 FACTOR DE AJUSTE

Este factor permite ajustar el valor total de deducción cuando más de un tipo de falla afecta sustancialmente la condición del pavimento.

Las figuras del Anexo I muestran las curvas empleadas para determinar el valor de deducción corregido (**VDC**) en función del valor total de deducción (**VTD**), y “q”, o sea el número de VD individuales mayores que 5.

La Fig. 2.19 muestra esquemáticamente los pasos necesarios para determinar el PCI. La Fig. 2.20 indica los diferentes niveles de clasificación del pavimento en función del valor PCI.

2.4.1.7 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION

Para una determinación precisa del PCI debe realizarse una inspección cuidadosa del pavimento a fin de determinar los tipos de falla, su cantidad y severidad.

Hay dos procedimientos para realizar la inspección del pavimento. En ambos debe dividirse la sección del pavimento en unidades de aproximadamente 225 M² cada una. El primer procedimiento requiere evaluar todas las unidades; el segundo, una muestra escogida aleatoriamente, en este caso tomamos una muestra de 14 losas por calle, en 30 calles seleccionadas.

Cada unidad es cuidadosamente inspeccionada y los datos referentes a cada tipo de falla son anotados en la planilla de evaluación.

DETERMINACION DEL PCI

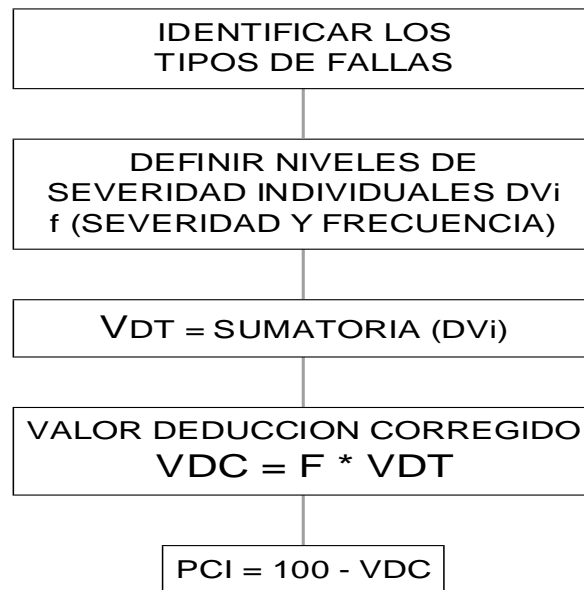


Figura. 2.19

NIVELES DE CLASIFICACIÓN DEL PAVIMENTO SEGÚN EL PCI

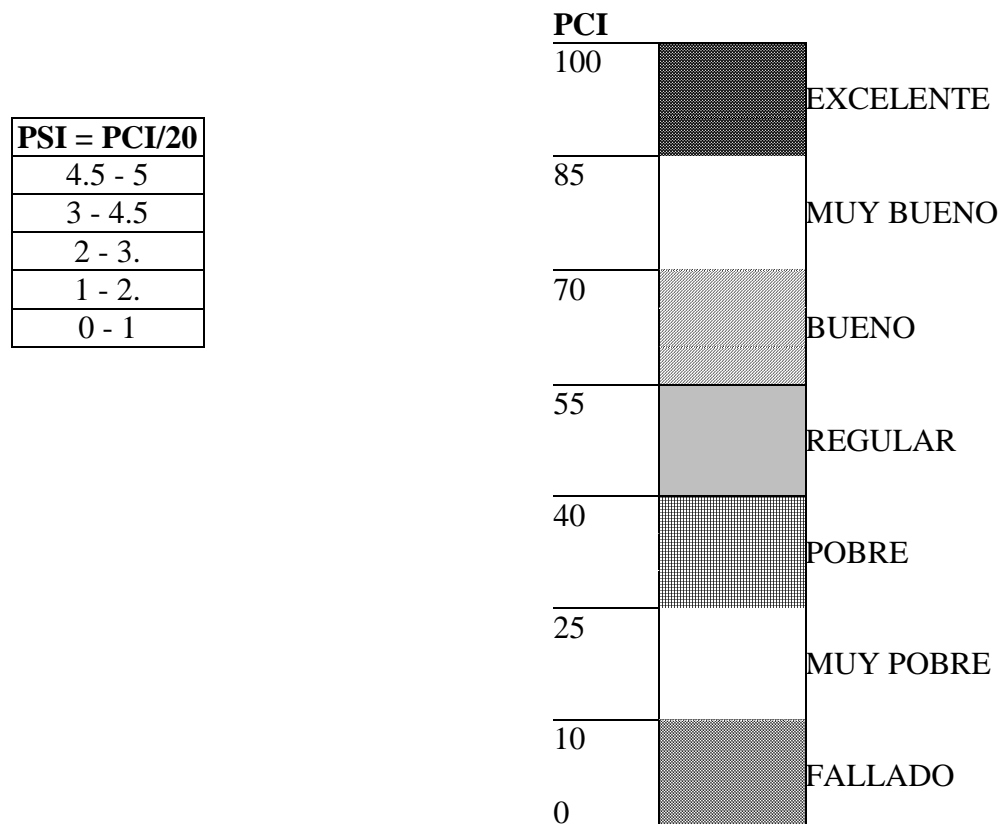


Figura 2.20

2.4.1.8 DETERMINACIÓN DEL PCI

El valor del PCI (Índice de Condición del Pavimento) de la sección del pavimento se obtiene determinando el average de los valores de las unidades evaluadas. Los pasos a seguir para determinar el PCI de cada unidad son:

- (1) Determinar los datos correspondientes a cada tipo de falla (severidad y frecuencia), y su forma de medición.
- (2) Determinar los valores de deducción (VD), para cada falla y severidad mediante los gráficos. ANEXO I.
- (3) El valor total de deducción (VTD = Sumatoria de VD es corregido mediante la Fig. 2.44, así se obtiene VDC. (Valor de Deducción Corregido).
- (4) Finalmente el PCI = 100 – VDC

Este procedimiento es ilustrado en la Fig. 2.45. Debe recordarse que la Fig. 2.44 el valor de “q” corresponde al número de VD individuales mayores de 5, bien por el tipo de falla o por severidad dentro de la misma falla.

El valor final del PCI de la sección del pavimento es:

$$\overline{PCI} = \frac{\sum PCI_i}{n}$$

Donde:

PCI_i = PCI de cada unidad evaluada.

n = Número de unidades existentes en la sección.

2.4.2 MÉTODO DE EVALUACIÓN PSI (PRESENT SERVICE INDEX) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

La AASTHO (American Association of state highway officials) desarrollo una prueba en 1959 en la que estableció la servicialidad a partir del promedio de las evaluaciones de todos los usuarios.

Este promedio da origen al índice conocido como Present Serviciability Rating, PSR. Entonces, como la servicialidad es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento se definió una escala de evaluación de 0 a 5. En ella una evaluación con nota 5 significa una superficie perfecta, mientras que una nota 0 significa intransitable.

Para disminuir el carácter subjetivo de este índice se relacionaron estas evaluaciones con ciertas características físicas del pavimento que pueden medirse objetivamente. De esta manera se obtiene el denominado Present Serviciability Index, PSI (Índice de Serviciabilidad Presente).

En definitiva es posible reemplazar la calificación subjetiva de serviciabilidad por un índice numérico calculado a partir de variables física medibles (deterioros).

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento.

Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor.

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) da una orientación sobre el estado del pavimento desde el punto de vista del usuario, por lo que es necesario que se exprese la rugosidad en términos de serviciabilidad. Para este fin se adopta una escala que en base a estudios realizados por el Instituto del Asfalto está en un rango de 5 a 0, de acuerdo a esta escala el

PSI (Present Index Service) es igual a 5 y la rugosidad es cero, siendo este índice más alto de serviciabilidad, valor que en la práctica no se obtiene, por el contrario si el PSI es igual a cero, la carretera es intransitable y corresponde a una rugosidad muy grande.

Un método práctico desarrollado por los ensayos de la AASHO para pavimentos, es la utilización de la siguiente ecuación.

$$\text{PSI} = 6.20 - 0.8 * C_1 - 0.3 * C_2 - 0.1 * C_3 \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

C₁, C₂, C₃, son apreciaciones en el terreno de la superficie del pavimento de acuerdo a la siguiente escala. Cuadro 2.11.

El valor final del PCI de la sección del pavimento es:

$$\overline{PSI} = \frac{\sum PSI_i}{n}$$

Donde:

PSI_i = PSI de cada unidad evaluada.

n = Número de unidades existentes en la sección.

COEFICIENTES C1, C2, Y C3

RUGOSIDAD LONGITUDINAL	Valor C1
Perfectamente lisa	1
Algo rugosa	2
Medianamente rugosa	3
Rugosidad alta	4
Extremadamente rugosa	5
INTENSIDAD DE GRIETAS Y PARCHES	Valor C2
Ausencia de grietas	1
Grietas y parches escasos	2
Fuertemente agrietado y parchado	3
Extremadamente agrietado y parchado	4
DEFORMACION TRANSVERSAL	Valor C3
Sin deformidad ni ahuellamiento	1
Medianamente deformado y ahuellado	2
Fuertemente deformado y ahuellado	3

Cuadro 2.11

2.4.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN IRI (INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX) ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD (IRI) PARA MEDIR LA RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS (I.N.V. E – 790 – 07)

El Método describe el procedimiento para determinar la rugosidad superficial (irregularidades de la superficie) de una sección de pavimento, mediante el índice IRI (international roughness index ó índice internacional de rugosidad).

Es un número estadístico utilizado para medir la magnitud de la rugosidad en un perfil longitudinal. El IRI es una medida de la influencia de la calidad del perfil longitudinal de la carretera en la calidad de la rodadura, que representa la vibración de un vehículo típico de pasajeros como resultado de la falta de regularidad de la superficie de la vía. Se define como el movimiento acumulado en una distancia determinada de la suspensión de un modelo matemático denominado “cuarto de carro” (cuya respuesta es similar a la de un automóvil) que circula a una velocidad de 80 km/hora, calculado a partir del perfil longitudinal de la vía. A continuación se resumen las principales características de los equipos utilizados para la medición de la regularidad superficial (ver Tabla 1).

Tabla 1. Equipos utilizados para la medición de la regularidad superficial de pavimentos

Equipo	Grado de precisión	Implementación	Complejidad del equipo	Observaciones
Nivel y mira topográfica	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos
Dipstick	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy Simple	Poco práctico y costos elevados para proyectos largos
Perfílografos	Hedo	Control de calidad y recepción de obras	Simple	No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red
Equipos tipo respuesta (RTRRMS)	Medio	Monitoreo de carreteras a nivel de red	Compleja	Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo
Perfímetro inercial	Muy alto	Monitoreo de carreteras a nivel de red y recepción de proyectos viales	Muy Compleja	Equipo de alta precisión, cuyos resultados son transportables y estables en el tiempo. Su principal uso es la evaluación de red viales grandes

Fuente: Adaptado de Ventura, J. Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Para llevar adelante este método de evaluación, en este proyecto se utilizara el software denominado INPACO del Instituto de Vías de la Universidad del Cauca de Colombia.



Portada del Software Impaco

Previo a la utilización de este programa, se debe realizar la nivelación con mira y nivel, del tramo total o sub tramos escogidos para el estudio, con el fin de obtener las cotas del perfil de la superficie del pavimento, pues estos son esenciales para la ejecución del programa.

El software para determinar el IRI hace uso del programa: IRI método (Mira y Nivel), este programa está conformado por 6 módulos, a saber:

Delta X (Dx)
Identificación del tramo ()
Entrada Información
Calculo IRI

Gráfica
Imprimir Información
Terminar

1. DELTA X (DX)

Es la parte del programa que permite escoger el incremento en el abscisado de los datos de nivelación. Se dispone de los siguientes deltas en el programa:

- a) 50 mm.
- b) 100 mm.
- c) 152.4 mm. (0.5 ft).
- d) 166.7 mm.
- e) 200 mm.
- f) 250 mm.
- g) 304.8 mm. (1.0 ft).
- h) 333.3 mm.
- i) 500 mm.
- j) 609.6 mm. (2.0 ft).

2. IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO

Este módulo es el encargado de entrar las características esenciales del tramo de análisis. Estas características son:

- Código Tramo.
- Nombre del Tramo.
- Abscisa Inicial y Final.

La abscisa Inicial y Final corresponde al inicio y fin del tramo, la longitud máxima del tramo depende del Delta escogido de acuerdo al Cuadro 2.12.

Delta (mm)	Longitud Máxima (m)
50	800
100	1600
152.4	2438
166.7	2667
200	3200
250	4000
304.8	4876
333.3	5332
500	8000
609.6	9753

Cuadro 2.12

3. ENTRADA DE INFORMACIÓN

Esta parte del programa dará la posibilidad de entrada de las cotas por abscisa de la nivelación.

4. CÁLCULO DEL IRI

Se calculará el Índice de rugosidad Internacional teniendo en cuenta la información digitada anteriormente.

En la pantalla aparecerá la siguiente información, la cual identifica el proceso de cálculo necesario para encontrar el valor del IRI.

- Delta X: Delta escogido.
- Número total de datos: Es la cantidad de abscisas existentes en el tramo.
- Z1, Z2, Z3, Z4, Y, ΣRSi : Variables requeridas por el sistema.
- IRI: Valor del Índice de rugosidad Internacional calculado.

5. GRÁFICA

Sacará una gráfica del perfil del tramo con 2 ejes coordenados (X - Abscisas y Y - Cotas), dando la posibilidad definir límites superior e inferior.

6. IMPRIMIR INFORMACIÓN

Se obtendrá un listado por impresora de todos los datos digitados anteriormente, el IRI encontrado debe ser analizado de acuerdo a la Fig. 2.21, para luego dar una conclusión del estado de rugosidad de la superficie del pavimento del tramo en estudio.

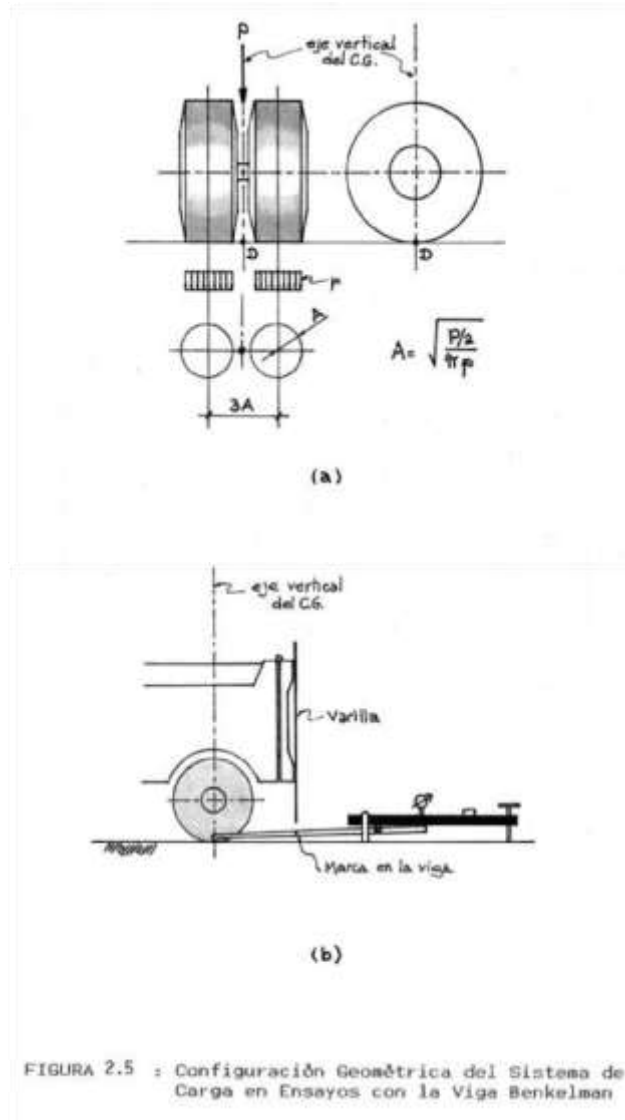
2.5 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO

2.5.1 MÉTODO DE DEFLEXIONES – VIGA BENKELMAN

La carga aplicada al pavimento para la realización de ensayos de deflexiones ha sido estandarizada en 9000 libras (4090 kg), y es proporcionada por una de las llantas dobles del eje trasero de un camión. Previamente a la realización de los ensayos deberá verificarse que se cumpla esta condición, así como que la presión de las llantas sea la requerida.

Una vez localizado el lugar donde se realizará el ensayo (usualmente los puntos de medición se localizan en la mitad exterior de un carril), se coloca la llanta a usarse sobre el punto de manera tal que éste coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto (ver figura 2.21a, punto "D").

Para esta operación es aceptable una tolerancia en el rango de 3 pulgadas alrededor del punto. Estacionados los neumáticos se inserta entre ellos el extremo del brazo móvil de la viga colocándolo nuevamente sobre el punto de ensayo seleccionado. Dado que esto último se dificulta por la inaccesibilidad tanto visual como manual, se realizará previamente la siguiente operación: Se coloca la Viga en la posición como si estuviera entre las llantas pero en la parte exterior de las mismas, haciendo coincidir, empleando una plomada, el extremo del brazo móvil con el eje vertical del centro de gravedad. Tomando como punto de referencia una varilla vertical adosada a la parte trasera del camión (ver figura 2.21b), se efectúa una marca en la viga de manera tal que, en adelante, basta con hacerlas coincidir (la marca con la varilla vertical) para asegurarse que el extremo de la viga coincide con el centro de las llantas, en el momento de iniciar las mediciones.



De igual forma se puede efectuar, a partir de la primera, sucesivas marcas a distancias elegidas a las cuales se desee medir deflexiones adicionales (puede ser a 30, 40 y 50 cm). Para la metodología de análisis se requiere de por lo menos tres lecturas, como se verá en el numeral 2.4, pero se pueden obtener más con fines de verificación, lo cual es recomendable, o si es que se desea tener una idea gráfica del tipo de curvas de deflexiones que se producen.

Como norma se realiza la primera marca adicional a una distancia tal que la deflexión que se obtenga en ese punto sea la mitad de la deflexión máxima (obtenida en la marca inicial). La segunda marca adicional se realiza al doble de la distancia de la primera marca adicional. Estas dos distancias se determinarán específicamente para cada proyecto de evaluación que se emprenda. Esto deberá hacerse por medio de tanteos previos, antes de comenzar la

recolección masiva de datos. Es común que se observen variaciones durante la realización de los ensayos, pero no deberá hacerse modificaciones mientras que las deflexiones tomadas en la primera marca adicional estén en el rango entre 35% y 65% de la deflexión máxima.

Una vez instalada la viga en el punto de medición haciendo coincidir con la cadena vertical y la marca inicial (ver figura 2.22a), se verificará que ésta se encuentre alineada longitudinalmente con la dirección del movimiento del camión. Se pondrá el dial del extensómetro en cero, se activará el vibrador y mientras el camión se desplaza muy lentamente se procederá a tomar lecturas conforme la varilla vertical vaya coincidiendo con la primera y segunda marcas adicionales (figuras 2.22b,c) y una lectura final cuando el camión se haya alejado lo suficiente del punto de ensayo que el indicador del dial ya no tenga movimiento (aproximadamente 5.00 m.), registro que corresponde al punto de referencia con deflexión cero.

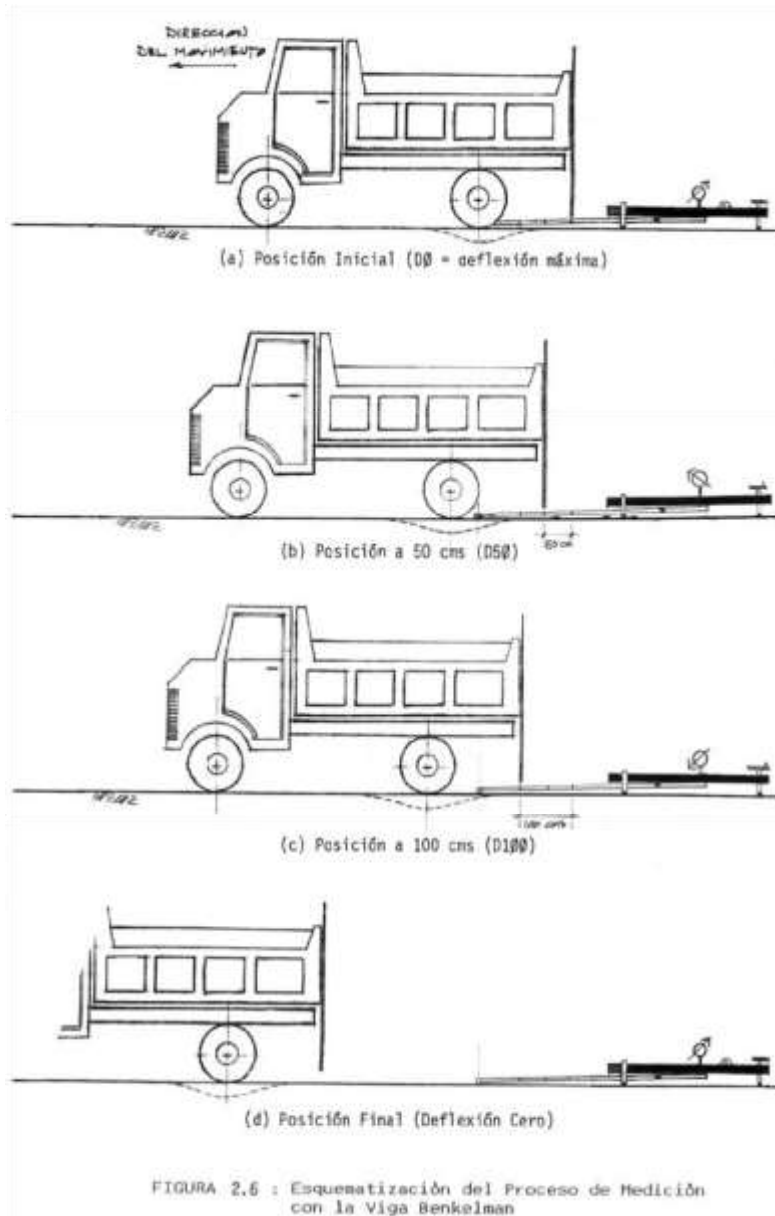


Figura 2.22

Para la realización de esta rutina será necesario del concurso de tres operadores: Un técnico calificado que lea y dicte las lecturas, un operador que anote las mediciones y un ayudante que coordine con el conductor del camión y a la vez de aviso al técnico que realiza las lecturas, cuando la varilla adosada al camión vaya coincidiendo con las marcas hechas en la viga. Todo el trabajo deberá ser supervisado permanentemente por un ingeniero de campo quien verificará los valores que se vayan obteniendo así como tomará anotación de cualquier

factor que a su juicio pueda explicar los resultados que se obtengan (corte, relleno, tipo de material, presencia de alcantarillas, capa freática, estado del pavimento, etc.)

A modo de referencia se presenta la tabla de deflexiones máximas admisibles del Manual de diseño de Pavimentos de Centroamérica.

Tabla 26 Deflexión Máxima Admisibles

Ejes equivalentes en el carril de diseño ESAL's	Deflexión Permisible
< 5.0×10^6	0.60 mm (0.024 pulgada)
< 10.0×10^6	0.50 mm (0.020 pulgada)
< 30.0×10^6	0.40 mm (0.015 pulgada)
< 50.0×10^6	0.35 mm (0.014 pulgada)

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, de la Dirección General de Caminos, Guatemala, 2000.

Fuente: MANUAL CENTROAMERICA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

DEFLEXIÓN ADMISIBLE

Según Ing. Celestino Ruiz de Argentina se tiene:

$$\text{Log } D \text{ adm} = 3.01 - 0.176 \log \text{EE}$$

EE = Ejes equivalentes

$$\text{Log } D \text{ adm} = 3.01 - 0.176 \log 7.24 \times 10^6$$

$$\text{Log } D \text{ adm} = 3.01 - 1.207313$$

$$D \text{ adm} = 63,487176$$

Por tanto: **D adm = 64×10^{-2} mm**

COEFICIENTE DE VARIACIÓN

$$Cv = \sigma / D m$$

σ = Desviación cuadrática media de las deflexiones medidas

D m = deflexión media

COEFICIENTE DE VARIACION

PATRON DE UNIDAD	COEFICIENTE DE VARIACION
Excelente	< 10
Bueno	< 15
Regular	> 20
Malo	> 25

Cuadro 2.12

3.1 UBICACIÓN



Coordenadas 21°31'33" S ; 64°10'19" O

NOMBRE DE CALLES ESTUDIADAS

CALLES A TRABAJAR
CALLE 1RO. DE MAYO (1) (INGAVI - AYACUCHO)
CALLE 1RO. DE MAYO (2) (AYACUCHO - ALIANZA)
AV. FRANCISCO VILLA (ROTONDA)
CALLE PILCOMAYO (1) (CAMACHO-INGAVI)
CALLE SAN LUIS (1RO DE MAYO-HOPITAL)
CALLE ALIANZA (1) (1RO DE MAYO-LA CRUZ)
CALLE 1RO DE MAYO (3) (ALIANZA-AVAROA)
CALLE ALIANZA (2) (CRUZ-LA PISTA1)
CALLE ALIANZA (3) (CEMENTERIO)
CALLE CEMENTERIO (AYACUCHO-INGAVI)
CALLE AYACUCHO (1RO DE MAYO-CEMENTERIO)
CALLE INGAVI (1) (CEMENTERIO-1RO DE MAYO)
CALLE 1RO DE MAYO (4) (CAMACHO-INGAVI)

CALLE 1RO DE MAYO (5) (CAMACHO-SAN LUIS)
CALLE PILCOMAYO (2) (AYACUCHO-INGAVI)
CALLE AYACUCHO (3) (BOLIVAR - PILCOMAYO)
CALLE PILCOMAYO (3) (AYACUCHO - PJE. IGLESIA)
CALLE PILCOMAYO (4) (PJE. IGLESIA - PUENTE FRANCISCO VILLA)
CALLE BOLIVAR (1) (CAMACHO - INGAVI)
CALLE INGAVI (2) (BOLIVAR - PIILCOMAYO)
CALLE BOLIVAR (2) (INGAVI - AYACUCHO)
CALLE INGAVI (3) (FROILAN TEJERINA - BOLIVAR)
CALLE BOLIVAR (3) (AYACUCHO - SUCRE)
CALLE AYACUCHO (3) (BOLIVAR - FROILAN TEJERINA)
CALLE AYACUCHO (4) (1RO DE MAYO - POTOSI)
CALLE AYACUCHO (5) (CAMACHO - SUCRE)
CALLE POTOSI (1) (INGAVI - AYACUCHO)
CALLE POTOSI (2) (AYACUCHO - ALIANZA)
CALLE SUCRE (SAN JUAN DE DIOS - SAN LUIS)
CALLE SAN JUAN DE DIOS (SUCRE - FROILAN TEJERINA)

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Entre Ríos es una localidad y municipio de Bolivia, capital de la provincia Bourdet O'Connor del departamento de Tarija al sureste del país. Se encuentra a 110 km de la ciudad de Tarija, la capital del departamento homónimo.

Se localiza a 1230 msnm, en la confluencia del río Tambo y el río Pajonal. La ciudad está bordeada por una sierra montañosa de norte a sur y emplazada en un valle con forma de triángulo alargado de 10 km de longitud.

La temperatura media anual de Entre Ríos es de 20,9 °C y las precipitaciones anuales rondan los 1300 mm, concentrándose fundamentalmente en verano, de enero a marzo.

Su población, según el censo de 2001, era de 2413 personas; en 2007 se ha elevado a aproximadamente 2800. La región de Entre Ríos es una de las principales zonas de asentamiento del pueblo Guaraní, que han habitado la cuenca del Paraná desde hace miles de años.

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS

El equipo empleado en el método PCI es el siguiente:

- a. Una regla metálica de 2 m. de longitud, para medir ayudar a medir los ahuellamientos, depresiones.



Regla metálica.

- b. Un flexómetro, para medir los diferentes tipos de fallas sean longitudinales o por metro cuadrado.



Flexometro de 5 metros de longitud.

- c. Una huincha, para medir cada sub tramo, y el ancho de la vía.



Huincha Plástica de 50 metros de longitud.

- d. Una cámara fotográfica para obtener fotografías de cada una de las fallas o deterioros.



Cámara fotográfica.

En el método IRI se hizo uso del siguiente equipo:

- a. Un Nivel de Ingeniero para efectuar la nivelación.



Nivel Digital de Ingeniero Modelo (Sokia SDL50).

- b. Una Mira para ayudar a realizar la nivelación.



Mira Graduada.

- c. Un Software denominado INPACO donde incluye el programa IRI (Método Mira y Nivel), para hallar el Índice de Rugosidad internacional.

En el método de deflexiones se hizo uso del siguiente equipo:

a) Viga benkelman



b) Dial de divisiones cada 0.01 mm



c) Camión cargado con 18000 libras de arena



Seguridad

a) Conos de Seguridad.



Cono reflectante de seguridad.

b) Chaleco reflectante.



Chaleco Reflectante de Seguridad.

3.4 CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO EXISTENTE

El tráfico vehicular se puede decir que es fluido, ya que por las calles de la población de Entre Ríos circulan toda clase de vehículos como: automóviles, camionetas, camiones, microbuses, vagonetas, mini buses y motos, el detalle lo veremos más adelante.

Las características geométricas son las siguientes:

- Ancho vía 7 m.
- Ancho carril de 3.5 m.
- Pendiente de carril 1 %
- Segmento de estudio: 30 calles (21 m. por cada calle)

Para conocer con más detalle el tráfico vehicular se realizó un análisis de tráfico, durante 5 días.

ANÁLISIS DE TRÁFICO

AFORO DE VOLUMENES EN LAS HORAS PICO (LUNES) FECHA: 08/04/2017				
Horas pico	Tipos de vehículos			SUMATORIA
	liviano	mediano	pesado	
7:00-8:00	63	16	14	93
12:00-13:00	54	14	15	83
18:00-19:00	56	10	18	84
TRAFICO PROMEDIO HORARIO				86,6667

AFORO DE VOLUMENES EN LAS HORAS PICO (MARTES) FECHA: 09/04/2017				
Horas pico	Tipos de vehículos			SUMATORIA
	liviano	mediano	pesado	
7:00-8:00	55	16	14	85
12:00-13:00	55	13	18	86
18:00-19:00	58	8	21	87
TRAFICO PROMEDIO HORARIO				86,0000

AFORO DE VOLUMENES EN LAS HORAS PICO (MIERCOLES) FECHA: 10/04/2017				
Horas pico	Tipos de vehículos			SUMATORIA
	liviano	mediano	pesado	
7:00-8:00	58	15	13	86
12:00-13:00	35	11	11	57
18:00-19:00	46	9	19	74
TRAFICO PROMEDIO HORARIO				72,3333

AFORO DE VOLUMENES EN LAS HORAS PICO (JUEVES) FECHA: 11/04/2017				
Horas pico	Tipos de vehículos			

	liviano	mediano	pesado	SUMATORIA
7:00-8:00	49	18	16	83
12:00-13:00	41	9	16	66
18:00-19:00	48	14	19	81
TRAFICO PROMEDIO HORARIO				76,6667

AFORO DE VOLUMENES EN LAS HORAS PICO (VIERNES) FECHA: 12/04/2017				
Horas pico	Tipos de vehículos			SUMATORIA
	liviano	mediano	pesado	
7:00-8:00	58	20	21	99
12:00-13:00	50	17	17	84
18:00-19:00	53	13	19	85
TRAFICO PROMEDIO HORARIO (TPH)				89,3333

$$TPH = (\sum TPH) / n$$

$$TPH = 82,2$$

TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ACTUAL

Se puede adoptar entre (12-15%)

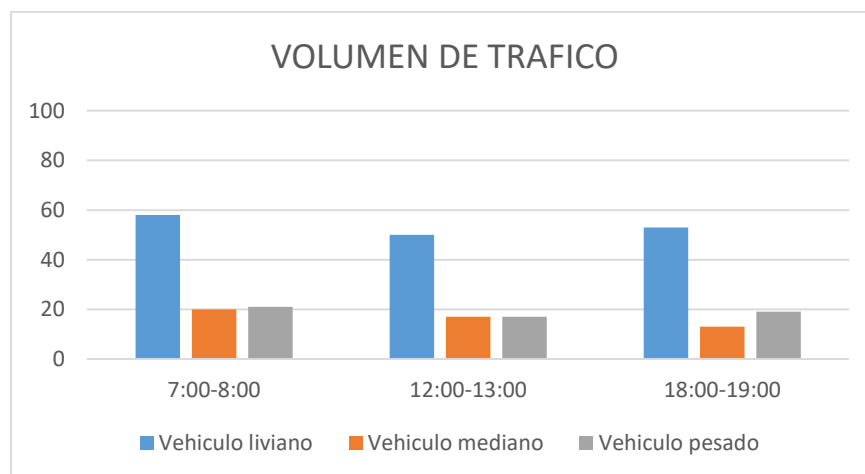
$$TPD = 577,78$$

Vehículos.

$$TPD = TPH / (15/100)$$

$$TPD = 578$$

Vehículos.



Es necesario conocer los porcentajes de cada tipo de vehículos que circulan para analizar los efectos que estos producen como ser: el porcentaje de vehículos pesados que ejercerán una disminución de la capacidad de una ruta reducirán las velocidades de circulación requerirán mayor espacio para las maniobras.

En nuestro caso, para saber que tantos vehículos pesados pasan para confirmar que realmente el excesivo peso de vehículos pesados daña al pavimento.

3.4 EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN ESTUDIO

La medición de cada una de las fallas o deterioros, se la realiza de acuerdo a su forma individual de medición, y el nivel de su Severidad o grado de daño en el pavimento.

Las fallas que tengan su forma de medición en metros cuadrados (m^2), se utilizara un flexómetro para efectuar su medida, se medirá el ancho y el largo del área afectada, las fallas como: Depresiones, y ahuellamientos, para determinar sus grados de Severidad se utiliza una regla de madera de 2 m. de longitud, esta se coloca en forma perpendicular al eje del pavimento en el área donde es más notoria la falla, y con un flexómetro se mide la altura existente entre la superficie de la Depresión o Ahuellamiento hasta la base de la regla. Fig. 3.1.



Figura 3.1

Al tratarse de fallas como: Baches, Agregados pulidos, Hinchamientos, y Desintegración, si se quiere determinar su nivel de Severidad, se debe observar la calidad de rodaje de los vehículos que pasan por la zona afectada, otra forma de obtener la Severidad, es abordar a un vehículo y transitar la zona deteriorada ya sea como conductor o pasajero.

Las fallas en la que su forma de medición es en metros lineales (m), se utilizará un flexómetro o huincha, si las fallas son: Grietas de reflexión de juntas, Grietas longitudinales y transversales, y Grietas de deslizamiento, para la determinación de su Severidad se mide con el flexómetro, el ancho de la grieta de la respectiva falla.

Los desconchamientos y descascaramientos se miden por el número (N°) existentes en cada sub tramo, y su Severidad se obtiene del resultado de la medición de la profundidad.

La medición de cada tipo de falla, se la debe realizar minuciosamente, es por ello que se dividió el tramo total en sub tramos de 21 m. cada uno de ellos, para que de esta forma se controle mejor la medición de las fallas.

3.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN PCI (ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO)

Una vez realizada la inspección y cuantificación de las fallas existentes en cada sub tramo, se procede a determinar el Índice de Condición del Pavimento para cada sub tramo, siguiendo el procedimiento descrito en 2.4.1.4 al 2.4.1.8. Se debe dar mucha importancia en la determinación de la Severidad, en cada una de las fallas, ya que de esta manera nos permite obtener muy buenos resultados sobre el Índice de Condición del Pavimento para cada sub tramo, como también del tramo total en estudio.

En el ANEXO II. Nos muestran los cálculos y resultados de la aplicación de este método de evaluación para cada sub tramo, y el Cuadro 3.1 es un resumen de los resultados de la evaluación del PCI de los sub tramos.

3.6 MÉTODO DE EVALUACIÓN PSI (ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE)

Este método de evaluación, al estar basado en la observación cuidadosa del estado superficial del pavimento, requiere previamente el conocimiento adecuado de los tipos de fallas superficiales que generalmente se presentan en los pavimentos flexibles, como sus niveles de Severidad o daño, pues de ser así, la determinación de los coeficientes de: Rugosidad longitudinal (c1), Intensidad de grietas y parches (c2), y Deformación transversal (c3), serán fáciles de asumir, para luego aplicar en la Ecuación 2.3, y de tal manera obtener resultados que representen las condiciones superficiales del pavimento, expresado por el Índice de Serviciabilidad Presente.

Se determinó el PSI para cada sub tramo, como también para el tramo total que es el promedio de los PSI de los sub tramos, en el Cuadro 3.2, nos muestran los resultados de la aplicación de este método de evaluación.

3.7 MÉTODO DE EVALUACIÓN IRI (ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL)

Este método de evaluación requiere previamente de un trabajo de nivelación, empleando para ello una Mira y un Nivel, esta nivelación nos permitirá conocer las cotas de la superficie del pavimento, el trabajo de nivelación se la realizó en tramos de 20 m. de longitud, escogiendo un Delta (X) de 500 mm. que corresponde para una longitud máxima de 8000 m. (Cuadro 2.12), pues al tener una longitud de tramo de estudio de 600 m., estamos dentro de lo que nos pide el programa.

La nivelación efectuada, se la hizo en las huellas, o lugar de tránsito de las llantas de los vehículos en el carril. En el sector donde existe una sola calzada con dos carriles, se realizó una nivelación por carril Fig. 3.2. Mientras que en el sector de doble calzada y cada una con un solo carril, se efectuaron una en cada carril. Fig. 3.3. En ambos casos se consideró para la nivelación, la huella del tránsito vehicular en el carril, y por consiguiente el pavimento debe cumplir con su objetivo superficial y estructural, por tanto nos permitirá conseguir resultados aceptables de su Índice de Rugosidad.

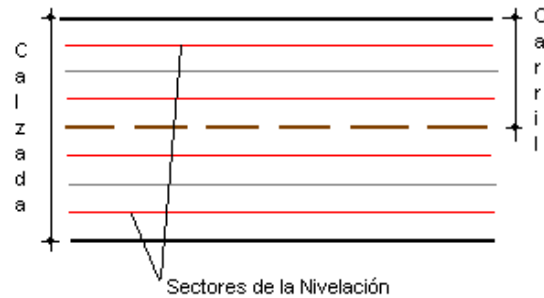


Fig. 3.2

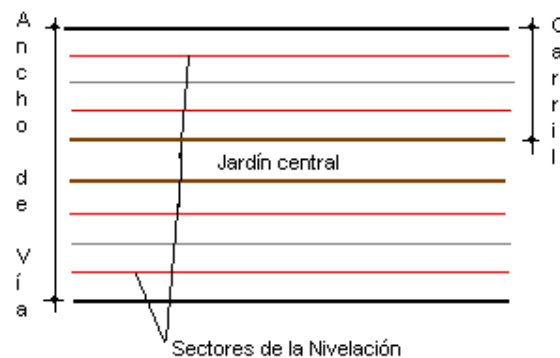


Fig. 3.3

Una vez llevado adelante la nivelación, se obtienen las cotas de la superficie del pavimento de los sub tramos estudiados, seguidamente estas cotas son introducidas en el programa IRI (Método mira y nivel), el cual nos dará como resultado el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) para cada sub tramo (ANEXO III), el promedio de estos, será el IRI que representa al tramo total en estudio. Cuadro 3.3.

3.8 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.-

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN PCI

SECTOR	PCI	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
Z1	54	REGULAR
Z2	55	REGULAR
Z3	47	REGULAR
Z4	40	POBRE
Z5	70	BUENO
Z6	50	REGULAR
Z7	71	BUENO
Z8	61	BUENO
Z9	65	BUENO
Z10	40	POBRE
Z11	61	BUENO
Z12	54	REGULAR
Z13	72	BUENO
Z14	78	BUENO
Z15	74	BUENO
Z16	65	BUENO
Z17	54	REGULAR
Z18	55	REGULAR
Z19	52	REGULAR
Z20	62	BUENO
Z21	51	REGULAR
Z22	52	REGULAR
Z23	54	REGULAR
Z24	50	REGULAR
Z25	50	REGULAR
Z26	62	BUENO
Z27	72	BUENO
Z28	54	REGULAR
Z29	52	REGULAR
Z30	52	REGULAR
PCI (PROMEDIO)	55	REGULAR

Cuadro 3.1

**DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES C1, C2 Y C3 PARA EL
CÁLCULO DEL PSI**

**DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES C1, C2 Y C3
PARA EL CALCULO DEL PSI**

SECTOR O ZONA DE EVALUACIÓN	RUGOSIDAD LONGITUDINAL	INTENSIDAD DE GRIETAS Y PARCHES	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL	INDICE DE SERVICIALIDAD PRESENTE
	C1	C2	C3	PSI
Z1	4	2	2	2,2
Z2	4	2	2	2,2
Z3	4	3	2	1,9
Z4	4	3	2	1,9
Z5	3	2	1	3,1
Z6	4	3	2	1,9
Z7	3	2	2	3,0
Z8	3	2	2	3,0
Z9	3	3	2	2,7
Z10	4	3	2	1,9
Z11	3	3	2	2,7
Z12	3	3	3	2,6
Z13	3	3	2	2,7
Z14	3	2	2	3,0
Z15	3	2	2	3,0
Z16	3	2	3	2,9
Z17	3	3	2	2,7
Z18	3	3	2	2,7
Z19	3	3	2	2,7
Z20	3	3	2	2,7
Z21	4	3	2	1,9
Z22	3	3	2	2,7
Z23	4	3	2	1,9
Z24	3	2	2	3,0
Z25	3	3	2	2,7
Z26	3	2	2	3,0

Z27	3	3	2	2,7
Z28	4	2	2	2,2
Z29	3	3	2	2,7
Z30	4	3	2	1,9
			PSI	2,5

Cuadro 3.2

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN IRI

SECTOR	IRI
Z1	8,21
Z2	18,43
Z3	8,87
Z4	18,34
Z5	6,25
Z6	6,43
Z7	8,59
Z8	6,3
Z9	5,12
Z10	8,13
Z11	15,48
Z12	6,06
Z13	4,75
Z14	12,31
Z15	20,73
Z16	7,8
Z17	4,24
Z18	24,4
Z19	4,4
Z20	4,4
Z21	8,236
Z22	13,56
Z23	4,97
Z24	10,83
Z25	10,61
Z26	6,35
Z27	5,11
Z28	9,01

Z29	7,41
Z30	4,35
IRI (PROMEDIO)	7,95

Cuadro 3.3

Para obtener El promedio aritmético (media) de los resultados obtenidos en las muestras evaluadas Mediante el IRI (método mira y nivel), realizaremos una depuración de datos mediante estadística, debido a la dispersión que muestra los resultados es así que obtenemos los siguientes datos estadísticos:

$$\text{Media } (\bar{\alpha}) = 9,16$$

$$\text{Varianza } (\sigma^2) = 26,03$$

$$\text{Desviación estándar } (\sigma) = 5,10$$

RANGO

$$\text{Máximo} = \bar{\alpha} + \sigma = 8,05 + 2,92 = 10,97 \text{ } 14,26$$

$$\text{Mínimo} = \bar{\alpha} - \sigma = 8,05 - 2,92 = 5,13 \text{ } 4,05$$

Entonces para sacar el promedio depuramos (no tomamos en cuenta) los resultados que no estén dentro del rango establecido anteriormente, es así que obtenemos un promedio de internacional **IRI = 7,95 m/km** que corresponde a una rugosidad de **PAVIMENTOS DETERIORADOS**.

3.8.1 TIPOS DE FALLAS EXISTENTES

En el presente estudio de evaluación de pavimento rígido en la localidad de Entre Ríos, existen los siguientes tipos de fallas:

- Deficiencias del sellado
- Juntas saltadas
- Separación de la junta longitudinal

- Grieta de esquina
- Grieta longitudinal
- Grieta transversal
- Desconchamiento o desintegración
- Escalonamiento de juntas y grietas
- Parches deteriorados

3.8.2 RESULTADO DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN PCI

Este método de evaluación, nos dio como resultado la obtención del Índice de Condición del Pavimento para el tramo en estudio, el resultado es:

$$\text{PCI} = 55$$

Este valor encontrado, según la escala o rango que se muestra en la Fig. 2.20 corresponde a un Índice de Condición del pavimento de: **REGULAR**.

3.8.3 RESULTADO DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN PSI

Este otro método de evaluación dio como resultado la obtención del Índice de Serviciabilidad Presente para el tramo en estudio, el resultado es:

$$\text{PSI} = 2.5$$

Este valor encontrado, según la escala o rango que se muestra en el Cuadro 2.13, corresponde a: **“El Pavimento muestra algunos tramos con los primeros vestigios de deterioro”**.

3.8.4 RESULTADOS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN IRI

Este Método de evaluación nos dio como resultado la obtención del Índice de Rugosidad Internacional para el tramo en estudio, el resultado es:

$$\text{IRI} = 7,95 \text{ m/Km}$$

Este valor encontrado, según la escala que se muestra en la Fig. 2.21, nos muestra de que: **“El pavimento está deteriorado”**.

RUGOSIDAD ADMISIBLE

La calidad de servicio que ofrece una carretera al medirse en función del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), se establece que la Rugosidad Admisible para una carretera es de 40 QI, lo que equivale a un PSI de 2, y que para valores mayores o igual a este su “mantenimiento es de rutina permanente”, y para valores mayores a 40 QI su PSI equivale a valores menores al PSI admisible, por consiguiente teniéndose **“Un mantenimiento periódico o una rehabilitación”**.

De acuerdo a los rangos de relación entre la rugosidad y PSI (Cuadro 2.7), el resultado del método de evaluación es de PSI igual a 2.46, nos muestra que: “El pavimento muestra algunos sub tramos con los primeros vestigios de deterioro”, y que correspondería al rango o intervalo de rugosidad de (35 – 65)QI, y (1.0 – 2.5)PSI, por lo cual podemos decir que como el resultado encontrado esta próximo al intervalo superior del PSI, corresponderá efectuar a la carretera en estudio de: **“Un mantenimiento de rutina permanente”**.

El resultado obtenido utilizando el método de evaluación del Índice de Condición del pavimento (PCI), que es de PCI igual a 55, corresponde a un PCI de **REGULAR**, lo cual nos muestra que estaría en los intervalos de (40 – 60)PCI, y (1.0 – 2.5)PSI (Cuadro 2.8), teniéndose que el estado de la carretera según el Índice de Serviciabilidad Presente, relacionado con el PCI sería: **“El pavimento muestra algunos sub tramos con los primeros**

vestigios de deterioro”, su rango o intervalo de rugosidad estaría entre (35 – 65)QI, pues si el PCI se quiere expresar en PSI, sólo se debe realizar una división del PCI entre 20 como el método lo establece, realizando esta operación obtenemos un PSI igual a 2.75, este valor al estar próximo al rango superior del PSI (Cuadro 2.8) se tendría que efectuarse: **“Un mantenimiento de rutina permanente”**.

El resultado alcanzado mediante el método de evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), nos ha dado un valor del IRI igual a 7,95 m/Km, corresponde a un IRI del pavimento: **“El pavimento está deteriorado”**.

3.9. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

VIGA BENKELMAN

SECTOR	VALOR CARACTERISTICO	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	CONDICION DEL PAVIMENTO
Z1	109,7	15,0	BUENO-REGULAR

Z2	123,5	12,0	BUENO
Z3	101,8	15,1	BUENO-REGULAR
Z4	113,4	20,6	REGULAR-MALO
Z5	93,0	4,7	EXCELENTE
Z6	103,0	15,1	BUENO-REGULAR
Z7	95,4	6,1	EXCELENTE
Z8	98,5	7,6	EXCELENTE
Z9	102,7	10,3	BUENO
Z10	105,8	20,1	REGULAR-MALO
Z11	91,4	7,6	EXCELENTE
Z12	105,7	20,1	REGULAR-MALO
Z13	99,0	9,4	EXCELENTE
Z14	98,7	7,5	EXCELENTE
Z15	91,5	3,6	EXCELENTE
Z16	93,4	6,5	EXCELENTE
Z17	112,4	23,0	REGULAR-MALO
Z18	106,7	20,2	REGULAR-MALO
Z19	112,6	20,2	REGULAR-MALO
Z20	92,8	4,5	EXCELENTE
Z21	107,0	20,0	REGULAR-MALO
Z22	101,9	15,5	BUENO-REGULAR
Z23	108,1	15,3	BUENO-REGULAR
Z24	99,8	15,5	BUENO-REGULAR
Z25	104,5	15,6	BUENO-REGULAR
Z26	94,9	4,3	EXCELENTE
Z27	90,5	3,3	EXCELENTE
Z28	108,4	15,3	BUENO-REGULAR
Z29	103,5	15,2	BUENO-REGULAR
Z30	87,9	22,5	REGULAR-MALO
(PROMEDIO)	101,9	13,1	BUENO-REGULAR

3.10 ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE REPARACIÓN PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE DETERIOROS

3.10.1 CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA

Como las características superficiales iniciales de una carretera se van degradando con el transcurso del tiempo, debido al paso de los vehículos y a las acciones climáticas,

**RESULTADOS DE CADA MÉTODO DE EVALUACIÓN
EXPRESADOS EN VALORES DEL PSI**

MÉTODO DE EVALUACIÓN		PCI	IRI (m/Km)	PSI	TIPO DE MANTENIMIENTO
PCI	(INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)	55		2.75	"Un mantenimiento preventivo o de rutina permanente"
PSI	(INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE)			2.50	"Un mantenimiento preventivo o de rutina permanente"
IRI	(INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL)		7,95		"Un mantenimiento urgente"

Cuadro 3.4

todas las operaciones tendentes a restituir en lo posible esas características pueden ser consideradas como parte de la conservación de la carretera. Con un criterio más amplio pueden incluirse también las actuaciones dirigidas a tratar de homogenizar la calidad de toda la carretera o de una red.

Algunas actuaciones de conservación deben ser ejecutadas ya al poco tiempo de la puesta en servicio de la carretera y a partir de ese momento con una cierta periodicidad; se trata en general de actuaciones de reducida envergadura, las mismas que estén destinadas a frenar el deterioro de la carretera.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la construcción y la conservación están en estrecha relación. Una carretera proyectada y construida con generosidad para el tráfico que va a soportar tendrá probablemente unos gastos de conservación menores, pero es preciso analizar si la reducción de gastos de conservación compensa el mayor coste inicial. Al contrario, una carretera proyectada y construida con un costo reducido puede llevar a gastos de conservación excesivos e incluso prohibitivos. En este sentido, hay que considerar además que los trabajos de conservación originan costos adicionales en los usuarios como consecuencias de las demoras y accidentes que se pueden producir. En cualquier caso, al ir completándose las redes de carreteras planificadas en los países desarrollados las necesidades de inversión se desplazan de la construcción de nuevas vías a la conservación de las existentes.

Las actuaciones de conservación se dirigen a tres objetivos particulares:

- Dar una adecuada resistencia al deslizamiento de la superficie a fin de que el pavimento proporcione una seguridad suficiente a los vehículos.
- Proveer una regularidad superficial acorde con el trazado de la vía y las velocidades normales de recorrido, de manera que la rodadura sea cómoda para el usuario, sin olvidar que la falta de comodidad puede redundar también en inseguridad.
- Brindar una resistencia estructural suficiente para el tráfico que ha de soportar la carretera.

3.10.2 NIVELES DE CONSERVACIÓN O MANTENIMIENTO

Dentro de las tareas de conservación se pueden distinguir dos grupos diferentes: las que constituyen la conservación ordinaria y las actuaciones extraordinarias. El primer grupo hace referencia a actuaciones que los servicios responsables llevan a cabo de manera rutinaria

y con regularidad: semanal o mensualmente, antes o después de una temporada de lluvias, etc. Las actuaciones extraordinarias responden a la aparición de deterioros importantes o generalizados.

Se distinguen tres niveles de conservación en una carretera:

- a. Conservación preventiva
- b. Rehabilitación
- c. Reconstrucción

a. CONSERVACIÓN PREVENTIVA

En esta se realizan actuaciones periódicas que impiden la aparición de deterioros, o bien se actúa lo antes posible cuando esos deterioros han aparecido, se realiza el curado de los deterioros superficiales. Se la conoce también como conservación de rutina permanente.

b. REHABILITACIÓN

Se recurre a esta cuando por el paso del tráfico y las acciones climáticas han provocado una disminución apreciable de las características iniciales o se quiere hacer frente a nuevas solicitudes no contempladas con anterioridad.

c. RECONSTRUCCION

A esta situación se puede tener que llegar por diversas razones:

- Existencia de graves defectos de construcción

- Cuando no se ha actuado a tiempo, conservando o rehabilitando, y se ha alcanzado un alto grado de deterioro que no es posible abordar con una rehabilitación.
- Cuando se ha llegado a un punto en el que rehabilitar, aunque sea técnicamente viable, resulta más costoso que demoler y reconstruir.

Según los resultados obtenidos de la evaluación del tramo en estudio, el tipo de conservación a realizarse es de un: **“Mantenimiento preventivo o de rutina permanente”**.

Para ello se ha desarrollado las: **“Operaciones de reparación para los diferentes tipos de deterioros”**. Capítulo IV

4.1 FALLAS EXISTENTES

Nº	CALLES A TRABAJAR	FALLAS ENCONTRADAS
1	CALLE 1RO. DE MAYO (1) (INGAVI - AYACUCHO)	Grietas longitudinales, grietas transversales y deficiencias del sellado.
2	CALLE 1RO. DE MAYO (2) (AYACUCHO - ALIANZA)	Grietas longitudinales, y deficiencias del sellado.
3	AV. FRANCISCO VILLA (ROTONDA)	Grietas longitudinales y grietas transversales.
4	CALLE PILCOMAYO (1) (CAMACHO-INGAVI)	Grietas longitudinales, desconchamiento y parches deteriorados.
5	CALLE SAN LUIS (1RO DE MAYO-HOPITAL)	Grietas longitudinales y desconchamiento.
6	CALLE ALIANZA (1) (1RO DE MAYO-LA CRUZ)	Grieta de esquina y grietas longitudinales.
7	CALLE 1RO DE MAYO (3) (ALIANZA-AVAROA)	Grieta de esquina y grietas longitudinales y parches deteriorados.
8	CALLE ALIANZA (2) (CRUZ-LA PISTA1)	Grietas longitudinales, grietas transversales y parches deteriorados.
9	CALLE ALIANZA (3) (CEMENTERIO)	Grieta de esquina y grietas longitudinales.
10	CALLE CEMENTERIO (AYACUCHO-INGAVI)	Grieta de esquina y grietas longitudinales y parches deteriorados.
11	CALLE AYACUCHO (1RO DE MAYO-CEMENTERIO)	Grieta de esquina y grietas longitudinales y parches deteriorados.
12	CALLE INGAVI (1) (CEMENTERIO-1RO DE MAYO)	Grieta de esquina y grietas longitudinales.
13	CALLE 1RO DE MAYO (4) (CAMACHO-INGAVI)	Grietas longitudinales y parches deteriorados.
14	CALLE 1RO DE MAYO (5) (CAMACHO-SAN LUIS)	Grietas longitudinales y parches deteriorados y desconchamiento.
15	CALLE PILCOMAYO (2) (AYACUCHO-INGAVI)	Grieta de esquina, deficiencias del sellado y parches deteriorados.
16	CALLE AYACUCHO (3) (BOLIVAR - PILCOMAYO)	Grietas longitudinales y parches deteriorados y desconchamiento.
17	CALLE PILCOMAYO (3) (AYACUCHO - PJE. IGLESIA)	Grietas longitudinales y parches deteriorados y desconchamiento.
18	CALLE PILCOMAYO (4) (PJE. IGLESIA - PUENTE FRANCISCO)	Grietas longitudinales y parches deteriorados.
19	CALLE BOLIVAR (1) (CAMACHO - INGAVI)	Parche deteriorado.
20	CALLE INGAVI (2) (BOLIVAR - PILCOMAYO)	Grietas longitudinales y parches deteriorados.
21	CALLE BOLIVAR (2) (INGAVI - AYACUCHO)	Parche deteriorado y desconchamiento.
22	CALLE INGAVI (3) (FROILAN TEJERINA - BOLIVAR)	Grietas longitudinales y parches deteriorados y desconchamiento.
23	CALLE BOLIVAR (3) (AYACUCHO - SUCRE)	Escalonamiento, parche deteriorado y desconchamiento.
24	CALLE AYACUCHO (3) (BOLIVAR - FROILAN TEJERINA)	Grietas longitudinales y parches deteriorados y desconchamiento.
25	CALLE AYACUCHO (4) (1RO DE MAYO - POTOSI)	Grietas longitudinales y parches deteriorados y desconchamiento.
26	CALLE AYACUCHO (5) (CAMACHO - SUCRE)	Grietas longitudinales y parches deteriorados y desconchamiento.
27	CALLE POTOSI (1) (INGAVI - AYACUCHO)	Grietas longitudinales y parches deteriorados y desconchamiento.
28	CALLE POTOSI (2) (AYACUCHO - ALIANZA)	Grietas longitudinales y parches deteriorados y desconchamiento.
29	CALLE SUCRE (SAN JUAN DE DIOS - SAN LUIS)	Grietas longitudinales, grietas transversales y parches deteriorados.
30	CALLE SAN JUAN DE DIOS (SUCRE - FROILAN TEJERINA)	Grietas longitudinales y parches deteriorados.

4.2 OPERACIONES DE REPARACIÓN

En el presente estudio de evaluación de pavimento rígido en la localidad de Entre Rios, existen los siguientes tipos de fallas:

- Deficiencias del sellado
- Juntas saltadas
- Separación de la junta longitudinal
- Grieta de esquina
- Grieta longitudinal
- Grieta transversal
- Desconchamiento o desintegración
- Escalonamiento de juntas y grietas
- Parches deteriorados

a) Deficiencias del sellado.- Deterioro del sello de las juntas que permite la incrustación de materiales incompresibles (piedras, arenas, etc.) y/o la infiltración de una cantidad considerable de agua superficial.

Reparación.- Retirar todo vestigio del antiguo sello, limpiar cuidadosamente la caja, Imprimir con el material adecuado, cuando corresponda, colocar cordón de respaldo y vaciar la cantidad exacta de sellante, todo en conformidad con lo dispuesto en la operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas.

b) Juntas saltadas.- Desintegración de las aristas de una junta, longitudinal o transversal o una grieta, con pérdida de trozos y que puede afectar hasta unos 500 mm dentro de la losa.

Reparación.- reparar el sello, según Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas.

c) Separación de la junta longitudinal.- Abertura en la junta longitudinal del pavimento.
Reparación.- Sellar de acuerdo con la Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas.

d) Grieta de esquina.-

Grieta que origina un trozo de losa de forma triangular, al interceptar las juntas transversal y longitudinal y que forma un ángulo de aproximadamente 50 grados con la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo varía entre 300 mm y la mitad del ancho de la losa.

Reparación.- Sellar, según Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas.

- e) Grieta longitudinal.- Grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada.

Reparación.- Sellar según Operación N° 1 Sellado de Juntas y Grietas.

- f) Grieta transversal.- Grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada.

Reparación.- Según Operación N°1, Sellado de Juntas y Grietas.

- g) Desconchamiento o desintegración.- Desintegración progresiva de la superficie perdiéndose primero la textura y luego el mortero, quedando el árido grueso expuesto.

Reparación.- Mediante el procedimiento denominado reparación de espesor parcial, Operación N° 2, Reparación de Espesor Parcial.

- h) Escalonamiento de juntas y grietas.- Desnivel entre dos superficies del pavimento, separadas por una junta transversal o grieta.

Reparación.- Mejorar el sistema de drenaje. Para escalonamientos de severidad baja y media, cepillar la superficie, según Operación N° 3, Cepillado de la Superficie.

- i) Parches deteriorados.- Área superior a 0,1 m² o losa completa que ha sido removida y reemplazada por un material que puede ser hormigón o asfalto y que se encuentra deteriorada.

Reparación.- Parches asfálticos:

Severidad baja o media: colocar un sello o lo que corresponda según el tipo de deterioro presente. Severidad alta: rehacer el parche completamente.

OPERACIÓN N° 1 SELLADO DE JUNTAS Y GRIETAS

1.- Descripción y Alcances

En esta operación se definen los trabajos para resellar juntas y sellar o resellar grietas existentes en pavimentos de hormigón. Mantener selladas las juntas y grietas es fundamental para alcanzar la vida útil esperada para el pavimento. Sin embargo, para que un sellado cumpla cabalmente el objetivo para el cual se coloca es necesario que las juntas y grietas no trabajen, es decir que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí.

2.- Materiales

Juntas. Se sellarán con productos que tengan una deformación admisible entre el 20% y el 30%, y que cumplan con los requisitos establecidos en las normas correspondientes. Los imprimantes y cordones de respaldo serán los adecuados y compatibles con el sellante.

3.- Procedimientos de Trabajo

Limpieza. Las juntas y grietas que contengan restos de sellos antiguos o materias extrañas, Deberán limpiarse completa y cuidadosamente en toda su profundidad. Para ello se deberán utilizar sierras, herramientas manuales u otros equipos adecuados que permitan remover el sello o relleno antiguo sin afectar al hormigón. No deberán utilizarse barretas, chuzos, equipos neumáticos de percusión u otras herramientas o elementos destinados a picar la junta o que puedan soltar o desprender trozos de hormigón.

En general no se deberán usar solventes para remover el sello antiguo, salvo que se demuestre que el procedimiento no significará ni transportar los contaminantes más hacia el interior de la junta, ni una impregnación mayor del hormigón con aceite u otros materiales.

Una vez removido el sello antiguo se procederá a repasar cuidadosamente barriendo con una escobilla de acero, que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto. La limpieza deberá terminar con un soplado con aire comprimido con una presión mínima de 120 psi, que elimine todo vestigio de material contaminante, incluso el polvo. Antes de utilizar este equipo se deberá constatar que el aire expulsado esté completamente libre de aceite.

Imprimación. Especial cuidado se debe dar a la imprimación, en los casos que esta se especifique, de modo de producir una perfecta adherencia entre el sellante y las paredes de las juntas o grietas.

Sellado de Juntas. Primeramente deberán limpiarse de acuerdo a lo especificado más arriba. Las juntas que carezcan de una caja en su parte superior deberán aserrarse para conformar una caja, mínimo de entre 8 mm y 12 mm de ancho y entre 22 y 35 mm de profundidad, según el tipo de sellante y respaldo por emplear. El cordón o lámina por emplear como respaldo deberá ajustarse a lo recomendado por el fabricante del material sellante, y ser ligeramente más ancho que la junta de manera que ajuste bien. Deberá quedar perfectamente alineado a una profundidad constante y sin pliegues o curvaturas.

Cuando el fabricante del sellador recomiende usar imprimante, éste se deberá colocar en forma pareja cubriendo las dos caras de la junta, utilizando procedimientos aprobados.

Las juntas se sellarán con productos que cumplan con los requisitos señalados en 2. El sellante deberá cubrir el ancho de la caja y quedar entre 4 y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

OPERACIÓN N° 2 REPARACION DE ESPESOR PARCIAL

1.- Descripción y Alcances

La operación se refiere a la reparación de juntas de pavimentos de hormigón, de contracción y longitudinales, que presentan saltaduras en las aristas que afectan sólo la parte superior del hormigón, entendiéndose como tales las que alcanzan hasta un tercio del espesor de la losa. La saltadura de juntas crea una superficie muy irregular y acelera el deterioro general del pavimento, por lo que es necesario repararlas. La técnica que se incluye en esta operación es muy eficaz y más económica que las reparaciones en todo el espesor. Sin embargo, el éxito de su aplicación depende de las limitaciones y condicionantes que se describen en los procedimientos de trabajo.

2.- Materiales

Los hormigones se ajustarán en todos sus términos a lo estipulado en las correspondientes especificaciones para la confección y colocación de hormigones.

La unión entre el hormigón antiguo y el nuevo debe ser monolítica, para lo cual se deberá proceder de acuerdo con los procedimientos definidos juntas de hormigonado en las normas.

3.- Procedimientos de Trabajo

Remoción del área deteriorada. Primeramente se debe establecer toda la zona deteriorada, la que muchas veces es efectivamente algo mayor que lo que aparenta desde la superficie. Normalmente la profundidad que debe removerse varía entre 25 y 100 mm, dependiendo ello del nivel al cual se encuentre hormigón en buenas condiciones, lo que se puede constatar golpeando con un martillo o una barra de acero y/o, mejor aún, extrayendo un testigo del hormigón. La auscultación con un martillo o una barra de acero se basa en el tipo de sonido de la respuesta; si suena metálico significa que el hormigón se encuentra en buenas condiciones, si es apagado o suena a hueco, el hormigón se encuentra deteriorado. Para asegurarse que se removerá toda el área afectada, ésta debe extenderse hasta unos 80 a 100 mm dentro del hormigón en buenas condiciones.

La zona por remover debe demarcarse formando un cuadrado o un rectángulo, nunca una figura irregular. Enseguida, por las líneas demarcadas se asierra todo el contorno hasta una profundidad de unos 50 mm. La zona central se debe remover empleando herramientas neumáticas livianas (de 15 lb es el peso adecuado, pudiendo utilizarse hasta una de 30 lb de peso), nunca se deben utilizar herramientas pesadas que puedan dañar el hormigón. El fondo de la zona removida debe quedar irregular y muy rugosa.

Si al excavar, lo que desde la superficie parece únicamente una saltadura de la junta, se detecta que el hormigón débil alcanza hasta una profundidad mayor que un tercio del espesor, la operación debe suspenderse, y se procederá a trabajar con una reparación en todo el espesor.

Precauciones especiales. Para asegurar el éxito de la reparación deben tenerse en consideración, fundamentalmente, las condicionantes y limitantes que se indican a continuación:

- Frecuentemente, cuando un parche de este tipo queda en contacto con una losa adyacente se originan nuevas saltaduras en la junta, debido a las tensiones que aquélla le transmite. Se debe prevenir colocando una faja delgada de plástico, una tablilla impregnada en asfalto u otro elemento que separe el hormigón antiguo del nuevo.
- Aun cuando una junta de contracción se puede aserrar después de reparada con esta técnica, lo más seguro es formarla mientras el hormigón se encuentra fresco.
- En los parches que limiten con la berma debe utilizarse un moldaje que impida que parte del hormigón fluya hacia ese lugar, lo que crearía una unión que restringiría el movimiento de la losa.
- Puesto que normalmente los parches presentan una gran superficie en relación al volumen por rellenar, la humedad se pierde con rapidez, por lo que el sistema de curado por utilizar debe ser el adecuado para esta situación.

Hormigonado. Antes de hormigonar debe prepararse el área de contacto de manera de asegurar que se producirá una unión monolítica entre los hormigones y que la superficie del hormigón antiguo sea impermeable para evitar la infiltración del agua del hormigón nuevo al antiguo. La primera condición se logra siguiendo los procedimientos indicados en este párrafo en relación a la remoción del área deteriorada, en tanto que lo segundo se obtiene recubriendo la superficie de contacto con una lechada de relación 1 : 1 de agua : cemento hidráulico.

En general el volumen de hormigón por colocar en estos parches es pequeño, por lo que el hormigón debe prepararse en el mismo lugar en betoneras pequeñas.

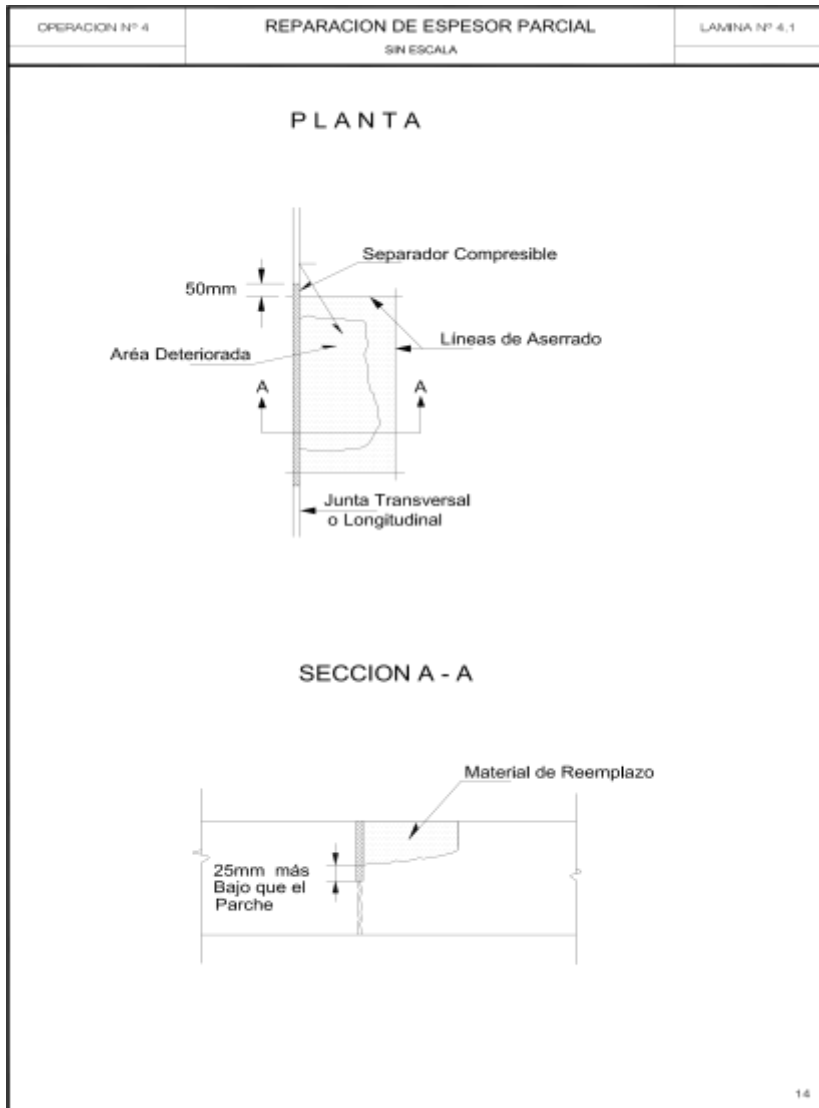
El hormigón debe colocarse y luego vibrarse, de manera que la cantidad de hormigón por vaciar debe calcularse para que, finalmente, quede a nivel con el resto del pavimento. La terminación debe ser mediante un platachado que avance desde el centro del parche hacia las orillas y finalizando con una textura superficial similar a la del resto, de manera que el parche se mimetice.

Curado y sellado de juntas. Una vez que el parche haya adquirido suficiente resistencia, se procederá al sellado de la junta reparada, ajustándose a lo dispuesto en las especificaciones para la construcción de pavimentos de hormigón.

Disposiciones adicionales. Los procedimientos que se utilicen para realizar los trabajos especificados no deberán afectar, en forma alguna, otras áreas del pavimento, de las bermas y demás elementos del camino, no incluidos en el trabajo; cualquier daño deberá ser reparado como parte de esta operación.

Los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a botaderos autorizados, dejando el área de los trabajos completamente limpia. El tratamiento en el botadero se ajustará a lo dispuesto en las Especificaciones Ambientales Generales.

Cuando los trabajos se realicen con el camino en servicio, antes de iniciarlos deberán adoptarse las medidas que correspondan para dar seguridad a los trabajadores y usuarios del camino, durante los trabajos.



OPERACIÓN N° 3 CEPILLADO DE LA SUPERFICIE

1.- Descripción y Alcances

Esta operación se refiere al cepillado superficial (diamond grinding) del pavimento de hormigón con el objetivo de reducir las irregularidades, lo que mejora la serviciabilidad y prolonga la vida útil. El procedimiento elimina substancialmente las irregularidades creadas por el escalonamiento de juntas y por las deformaciones originadas por los gradientes térmicos, y/o durante la construcción, así como también aumenta la fricción entre neumáticos y pavimento. No aumenta la capacidad estructural del pavimento pero, al minimizar los

efectos dinámicos de las cargas, permite que la estructura soporte un número mayor de sollicitaciones durante el resto de su vida útil, que las que aceptaría si no se hubiera cepillado. El cepillado es una operación que se debe ejecutar una vez terminadas las otras actividades tendientes a restaurar el pavimento, salvo el resellado de juntas y grietas que se debe realizar con posterioridad a aquél.

2.- Materiales

Esta operación no requiere materiales.

3.- Procedimientos de Trabajo

Equipos. El cepillado se ejecuta con una máquina autopropulsada especialmente diseñada para suavizar y dar una textura adecuada a la superficie. La distancia entre ejes de apoyo del equipo no debe ser inferior a 3,60 m, debiendo disponer de un eje tándem direccional al frente y de ruedas traseras adecuadas para circular sobre la superficie recién tratada. El eje de la cabeza cepilladora no debe estar a más de 0,90 m por delante del centro de las ruedas traseras.

El equipo debe cepillar como mínimo 0,90 m de ancho por pasada, sin provocar saltaduras en los bordes de las juntas, grietas o en otros lugares. Debe ser revisado periódicamente para asegurarse que está trabajando adecuadamente; en especial se deberá comprobar la redondez de las ruedas cortantes del equipo cepillador. No se debe operar con un equipo que presente defectos en este aspecto.

Construcción. El cepillado sólo se realiza una vez terminados todos los trabajos de reparación de juntas, cambios de losas, reparación de grietas y otros, salvo el resellado de juntas y grietas que se debe hacer con posterioridad. Para obtener un mejor resultado el equipo cepillador debe trabajar avanzando en sentido contrario al del tránsito. Normalmente no se cepillan los tableros de los puentes ni las bermas pavimentadas.

El cepillado se ejecutará de manera que produzca o mantenga siempre una pendiente transversal hacia el exterior de las pistas en tratamiento. Las pistas de aceleración, frenado u

otras adyacentes a la que se está cepillando deberán tratarse, como mínimo, en toda la longitud necesaria para asegurar el drenaje de la pista principal.

El cepillado debe ejecutarse de manera que las superficies adyacentes a una junta o grieta queden en el mismo plano. El objetivo del trabajo es eliminar todos los escalonamientos existentes en juntas y grietas, mejorar la textura superficial y disminuir substancialmente la rugosidad del pavimento.

Se deberán proveer los medios adecuados para remover los residuos que produce el cepillado, los que deberán retirarse antes que eventualmente lo hagan el tránsito o el viento, o que escurran hacia pistas en servicio o hacia el drenaje del camino.

El tratamiento deberá afectar como mínimo al 95% de la superficie, la que deberá quedar perfectamente lisa y de apariencia uniforme, con una textura formada por ranuras longitudinales paralelas al borde del pavimento. Los montes de las corrugaciones serán entre 2,4 y 0,8 mm mas altos que los valles, debiendo existir aproximadamente entre 175 y 188 ranuras uniformemente repartidas por metro. El número de ranuras por metro para producir el efecto antes indicado dependerá de las características del agregado de los hormigones, y deberá establecerse mediante pruebas. No se usarán ranurados cuyo espaciamiento impida cumplir con los requisitos exigidos.

Cuando, por cualquier causa, sea necesario repasar el cepillado, se deberá tratar cada pista en todo su ancho.

Disposiciones adicionales. Los procedimientos que se utilicen para realizar los trabajos especificados no deberán afectar, en forma alguna, otras áreas del pavimento, de las bermas y demás elementos del camino no incluidos en el trabajo; cualquier daño deberá ser reparado como parte de esta operación.

Los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a botaderos autorizados, dejando el área de los trabajos completamente limpia. El tratamiento en el botadero se ajustará a lo dispuesto en las Especificaciones Ambientales Generales.

Cuando los trabajos se realicen con el camino en servicio, antes de iniciarlos deberán adoptarse las medidas que correspondan para dar seguridad a los trabajadores y usuarios del camino, durante los trabajos.

5.1 CONCLUSIONES

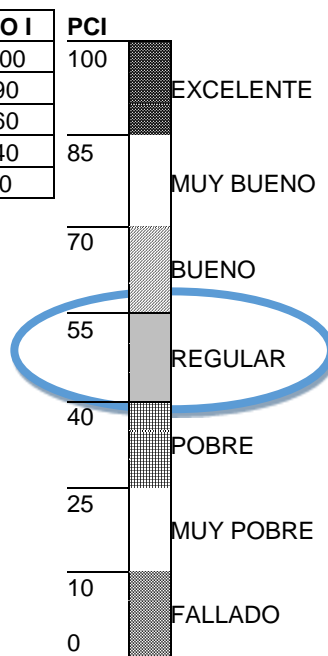
1. Al estudiar las diferentes patologías de pavimento rígido del presente trabajo se notó grandemente la importancia del mantenimiento y conservación de pavimentos ya que al no hacer las reparaciones necesarias a tiempo podemos tener grandes consecuencias para la población en general como para el estado ya que al procurar mejorar el pavimento más tarde tendrá un costo mucho más elevado.
2. Podemos decir que en relación a la hipótesis planteada en el capítulo I al determinar las fallas de los pavimentos rígidos de las calles urbanas en la localidad de Entre Ríos, logramos conocer el estado actual del pavimento y planteamos diferentes medidas correctivas para la comodidad y seguridad de la población.

3. Se puede decir que mediante el método de evaluación PCI, antes de poder calcular el Índice de Condición del Pavimento se requiere obtener la cuantificación de cada una de las fallas existentes en el tramo de estudio, incluyendo su Nivel de Severidad o daño, el resultado obtenido nos dio un PCI igual a 55, correspondiente a un Índice de Condición de Pavimento de REGULAR, y dicho valor expresado en PSI tenemos un valor de 2.75, lo cual nos propone efectuar en el tramo un: **“Mantenimiento preventivo o de rutina permanente”**.

NIVELES DE CLASIFICACION DEL PAVIMENTO SEGÚN EL PCI

PCI	GRUPO I
MB	90 - 100
B	60 - 90
R	40 - 60
MB	20 - 40
F	0 - 20

PSI = PCI/20
4.5 - 5
3 - 4.5
2 - 3.
1 - 2.
0 - 1



4. Al utilizar el método de evaluación PSI nos dio un valor del PSI igual a 2.50, según su escala, corresponde a que el tramo evaluado es que: “El pavimento muestra algunos sub tramos con los primeros vestigios de deterioro”, lo cual nos confirma que debe efectuarse un: **“Mantenimiento preventivo o de rutina permanente”** en el tramo.

RANGOS DEL PSI

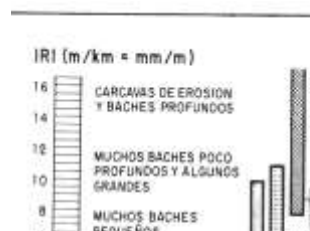
5. Al emplear el haciendo uso del (método Mira y un valor IRI de todo el tramo

PSI	DESCRIPCIÓN
3 - 5.0 2.5 - 3.0	El pavimento es nuevo. Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno no existe baches ni corrugaciones.
1.0 - 2.5	El pavimento muestra algunos tramos con los primeros vestigios de deterioro. Baches ocasionales (1-3 baches cada 50 m, 2% de baches), depresiones (20 - 40 mm cada 5 m o 10 - 20 mm cada 3 m), velocidad normal de conducción 80km/h.
0.4 - 1.0	El pavimento severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (≥ 20 mm/3m), baches frecuentes (15-20 baches cada 50 mt., 15% de baches).

método del IRI, programa IRI Nivel), se obtuvo representativo del en estudio, ya que

se hizo una nivelación de sólo 600 m. de longitud, con un (Dx) de 500 mm., cada sub tramo de 20 m. de longitud, el IRI obtenido es igual a 7,95 m/Km, y según su escala se puede decir que: “El pavimento está severamente afectado”.

ESCALA IRI





RANGOS DE RELACION IRI, QI, PSI

IRI m/Km	QI Unidades/Km	PSI	DESCRIPCION
0 - 1.6	0 - 20	3 - 5.0	El pavimento es nuevo.
1.6 - 2.8	20 - 35	2.5 - 3.0	Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno no existe baches ni corrugaciones.
2.8 - 5.2	35 - 65	1.0 - 2.5	El pavimento muestra algunos tramos con los primeros vestigios de deterioro. Baches ocasionales (1-3 baches cada 50 m, 2% de baches), depresiones p(20 - 40 mm cada 5 m o 10 - 20 mm cada 3 m), velocidad normal de conducción 80km/h.
5.2 - 8.8	65 - 110	0.4 - 1.0	El pavimento severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (≥ 20 mm/3m), baches frecuentes (15-20 baches cada 50 mt., 15% de baches).

6. Como la calidad de servicio que ofrece una carretera se mide en función del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), se ha expresado los resultados de la evaluación en PSI, recordando que la rugosidad admisible para una carretera es $40QI$, que equivale a un PSI de 2, o sea para valores mayores a 2 el mantenimiento es de rutina

permanente, en cambio para valores menores a 2 puede realizarse un mantenimiento periódico o una rehabilitación. En el tramo evaluado tenemos un valor mayor a dos, correspondiendo a un **“Mantenimiento preventivo o de rutina permanente”**.

7. Según la clasificación de irregularidades superficiales de un pavimento rígido, se puede decir que las irregularidades existentes en el tramo en estudio corresponde a una mega textura, ya que en el tramo presenta diversos tipos de fallas, los cuales afectan ala comodidad de circulación vehicular.
8. Como se puede observar, casi en los tres métodos empleados de evaluación superficial de pavimentos rigidos, nos determinan el estado actual de la superficie del pavimento como REGULAR, y que presenta varios tipos de deterioro, deberá efectuarse un **“Mantenimiento preventivo o de rutina permanente”** del tramo en estudio..
9. El equipo empleado en el método PCI es el siguiente:
 - e. Una regla de madera de 2 m. de longitud, para medir ayudar a medir los ahuellamientos, depresiones.
 - f. Un flexómetro, para medir los diferentes tipos de fallas sean longitudinales o por metro cuadrado.
 - g. Una huincha, para medir cada sub tramo, y el ancho de la vía.
 - h. Una cámara fotográfica para obtener fotografías de cada una de las fallas o deterioros.Se añadirá a este método una inspección visual minuciosa, y un conocimiento de cada tipo de falla asociado con su Nivel de Severidad.
10. En el método del PSI no se requirió de ninguna clase de equipo, se trabajó en cada uno de los sub tramos que se dividieron, al utilizar el anterior método, sólo se requiere una inspección visual minuciosa de cada uno de los sub tramos, para luego asignar los valores de cada uno de los coeficientes que requiere este método.
11. En el método de deflexiones se utilizó el sgte. Equipo:
 - a. Deflectómetro Viga Benkelman.
 - b. Extensómetro con dial indicador de divisiones cada 0.01 mm
 - c. Camión cargado, con eje trasero de 18000 libras igualmente distribuidas.

12. En el método IRI se hizo uso del siguiente equipo:
- d. Un Nivel de Ingeniero para efectuar la nivelación.
 - e. Una Mira para ayudar a realizar la nivelación.
 - f. Un Software denominado INPACO donde incluye el programa IRI (Método Mira y Nivel), para hallar el Índice de Rugosidad internacional.

Como se puede notar, el equipo utilizado para la evaluación superficial en esta metodología es muy fácil de poder conseguir, como también muy simple de poderlo utilizar.

13. La aplicabilidad de los parámetros de medición empleados, son confiables pues estos son el resultado de numerosos estudios de investigación realizados por organismos o instituciones de una larga trayectoria en la investigación.
- a. Los parámetros de medición del PCI fue desarrollado por los Ing. M.Y Shain y S.D Khon, con el apoyo del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos. Es una Práctica estándar para carreteras y estacionamientos este índice de condición del pavimento (ASTM d6433-03)
 - b. Los parámetros de medición del PSI fue desarrollado por la AASHO, y el uso de la ecuación del PSI fue elaborado por la WILBURG SMITH y ASOCIADOS.
 - c. Los parámetros de medición del IRI fue establecido a partir de estudios auspiciados por el Banco Mundial. También lo recomienda el instituto nacional de vias (I.N.V. E – 790 – 07)
14. El software utilizado denominado INPACO del Instituto de Vías de la Universidad del Cauca con el apoyo del Ministerio de Obras Públicas y Transporte de Colombia, ha sido creado como un apoyo para la realización de rehabilitación de pavimentos flexibles, de este software, sólo se utilizó el programa IRI para determinar el Índice de Rugosidad Internacional, hasta ahora se conoce que fue utilizado en los países de Colombia y el Perú.
15. De la metodología empleada, los métodos PCI y PSI son aplicables a cualquier longitud de tramo de una carretera, y en el caso del método IRI se deberá tener en

cuenta el Delta (Dx) con el que se trabajará en la nivelación, ya que según el programa IRI, la longitud máxima que es permitida es de 9753 m. correspondiente a un Delta (Dx) de 609.6 mm., si se desea evaluar un tramo más largo, se lo debe hacer por sub tramos.

16. Los resultados obtenidos para el tramo en estudio con el empleo de la metodología es que debe realizarse un: **“Mantenimiento preventivo o de rutina permanente”**.

RESUMEN

METODO DE EVALUACION		PCI	IRI (m/Km)	PSI	TIPO DE MANTENIMIENTO
PCI	(INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO)	55		2.75	"Un mantenimiento preventivo o de rutina permanente"
PSI	(INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE)			2.50	"Un mantenimiento preventivo o de rutina permanente"
IRI	(INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL)		7,95		"Un mantenimiento urgente"

17. El realizar esta evaluación del pavimento rígido, ha sido de suma importancia, pues los resultados que se obtuvieron, nos determinaron los siguientes aspectos:

- a. Seguridad
 - b. Comodidad
 - c. Tipo de mantenimiento a realizar
- a. Seguridad.- La vía provee seguridad de circulación tanto a conductores, pasajeros y peatones, siempre en cuando se tomen precauciones en cuanto a: velocidad de circulación, conducción.
 - b. Comodidad.- La vía no provee una buena comodidad al conductor y pasajero, debido a las fallas superficiales que se presenta en el pavimento.
 - c. Tipo de Mantenimiento.- En el tramo debe efectuarse un: **“Mantenimiento preventivo o de rutina permanente”**

5.2 RECOMENDACIONES

1. La metodología empleada en cada uno de los métodos de evaluación superficial de pavimentos rígidos, deberá ser seguida, tomándose en cuenta sus propias condiciones particulares que requiera cada método, pues de esta forma se logrará la obtención de resultados favorables.
2. De los tres métodos de evaluación superficial que se utilizaron, se recomienda el empleo del método del PCI (Índice de Condición del Pavimento), debido a que para

su utilización, requiere de aspectos que son muy importantes como ser: la cuantificación de cada tipo de falla, asociada con su Nivel de Severidad o daño, estos datos servirán para poder efectuar adecuadamente un mantenimiento adecuado de dichas fallas superficiales.

3. El empleo de la viga benkelman es realmente muy útil y necesario para la evaluación de pavimentos por lo que se recomienda la utilización de éste método en todo tipo de pavimentos para mejores resultados como también su estudio y aplicación en nuestra universidad.
4. Con el fin de poder mejorar las características superficiales del pavimento, y frenar el deterioro de la misma, y además realizar el “Mantenimiento preventivo o de rutina permanente”, se plantean las: **“Operaciones de reparación para los diferentes tipos de fallas”** en el Capítulo IV.