



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y
SUPERFICIAL DEL SUB-TRAMO DEL KM
26+000 AL KM 42+000, CARRIL DE
BAJA CUERPO A, DEL TRAMO
CARRETERO SAN LUIS POTOSÍ -
MATEHUALA**

TESINA

Que para obtener el título de
Especialista en Geotecnia

P R E S E N T A

Ing. Aguilar Vidal Daniel

DIRECTOR DE TESINA

Ing. Roberto Sosa Garrido



Ciudad Universitaria, Cd. Mx a 09 de octubre, de 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Biblioteca Central

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Aprovechando esta oportunidad de poder redactar algo de mi gratitud hacia las personas que más me han ayudado, quiero empezar por agradecer a mi madre por estar siempre pendiente de mí y de mis hermanas, por esos desvelos, por esa paciencia, por ese coraje y por esa valentía tan grande que la caracteriza, por soportar mis berrinches por estar siempre ahí, siempre con los brazos abiertos, por ser una de las personas más importantes de mi vida y por mucho más. A mi padre por tener esa determinación, esa constancia y por no rendirse nunca ante el trabajo y ante las circunstancias difíciles en innumerables situaciones que, aunque muchas veces no lo dice está muy cansado y sin embargo sigue adelante día tras día.

También debo agradecer a mis hermanos y a mis amigos, ya que sin ellos no tendría los ánimos para seguir adelante y poder continuar en las situaciones más difíciles, en aquellos momentos de debilidad, de angustia o de preocupación, por vivir junto a mi varias aventuras y desventuras. En el ámbito de crecimiento laboral e intelectual quiero agradecer a todas las personas que me han brindado sus consejos, su experiencia, su sinceridad y a aquellos que me han dado un voto de confianza, por la oportunidad de participar en sus proyectos y en sus vidas. Sin todos los anteriormente mencionados no estaría ahora escribiendo este pequeño texto; ya que cada una de las decisiones que he tomado hasta este día de hoy, de alguna u otra manera, han sido incitadas en mayor o menor medida por dichas personas y de no haber conocido a una sola de ellas, quizá no estaría en este punto de mi vida; de ahí la gran importancia haberlas conocido y de mi gratitud.

“Las personas son semejantes a siluetas, algunas llaman más o menos nuestra atención, sin embargo, lo interesante es descubrir los colores que esconden”

Ing. Aguilar Vidal Daniel

CONTENIDO

1	Antecedentes	- 1 -
1.1	Introducción.....	- 1 -
1.2	Planteamiento del Problema.....	- 2 -
2	Metodología	- 4 -
2.1	Objetivo General	- 4 -
2.2	Objetivo Particular.	- 4 -
3	Marco Teórico.....	- 4 -
3.1	Sistema de Administración de Pavimentos	- 5 -
3.2	Tipos de Falla en Pavimentos	- 5 -
3.3	Índice de Servicio.....	- 6 -
3.4	Metodología para el Trabajo de la Evaluación del Tramo Carretero.....	- 6 -
3.4.1	Primera Etapa	- 6 -
3.4.2	Segunda Etapa	- 10 -
3.4.3	Tercera Etapa.....	- 10 -
3.5	Índices de Servicio	- 10 -
3.6	Definición y Obtención de los Índices de Servicio.....	- 11 -
3.6.1	Índice de Regularidad Superficial (IRI)	- 12 -
3.6.2	Macrotextura (MAC)	- 15 -
3.6.3	Coeficiente de Fricción (FR).....	- 18 -
3.6.4	Profundidad de Roderas (PR).....	- 23 -
3.6.5	Deflexiones en el Pavimento (d)	- 25 -
3.7	Deterioros Superficiales del Pavimento Asfáltico (DET)	- 28 -
3.7.1	Agrietamiento piel de Cocodrilo o Grietas por Fatiga.....	- 30 -
3.7.2	Exudación de Asfalto	- 32 -
3.7.3	Grietas de Bloque.....	- 33 -
3.7.4	Protuberancias y asentamientos.....	- 34 -
3.7.5	Corrugaciones	- 35 -
3.7.6	Depresiones	- 36 -

3.7.7	Grietas de Borde	- 37 -
3.7.8	Grietas por Reflexión de Juntas	- 38 -
3.7.9	Caída del Hombro-Carril	- 39 -
3.7.10	Agrietamiento Longitudinal y Transversal (sin considerar las grietas de reflexión debidas a las juntas del pavimento hidráulico)	- 40 -
3.7.11	Parches	- 41 -
3.7.12	Pulimento de Agregados.....	- 42 -
3.7.13	Baches	- 42 -
3.7.14	Cruces de Trenes	- 44 -
3.7.15	Roderos	- 45 -
3.7.16	Desplazamientos.....	- 46 -
3.7.17	Grietas por Deslizamiento	- 47 -
3.7.18	Expansiones	- 48 -
3.7.19	Peladuras y Desprendimientos	- 48 -
3.8	Índice de condición de Pavimento (PCI).....	- 50 -
3.9	Datos Obtenidos por el Vehículo Inspector	- 55 -
3.10	Análisis de los Estándares de Desempeño y Determinación de las Condiciones Actuales del Pavimento.....	- 63 -
3.10.1	Índice de Regularidad Superficial	- 64 -
3.10.2	Profundidad de Roderos (RD).....	- 65 -
3.10.3	Macro-textura (MXT).....	- 66 -
3.10.4	Deflexiones (d).....	- 67 -
3.10.5	Deterioros Superficiales (DS).	- 68 -
3.11	Calculo del PCI.....	- 70 -
3.11.1	Resumen de Deterioros Superficiales.....	- 73 -
4	Conclusiones.....	- 74 -
5	Bibliografía	- 75 -
	Fuentes de Consulta web	- 76 -

1 Antecedentes

1.1 Introducción

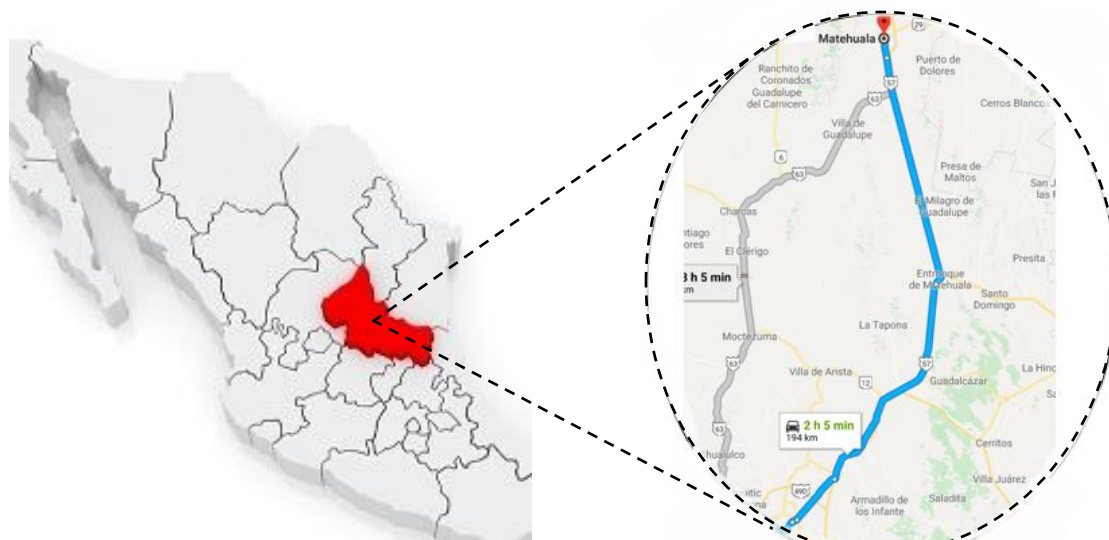
Debido a las necesidades de transporte que requiere el país, se crea el proyecto llamado "Mantenimiento y Conservación del Tramo Carretero San Luis Potosí-Matehuala en el Estado de San Luis Potosí", para llevar a cabo el proyecto se lanzó una licitación, la cual tiene como objetivo dar mantenimiento y estrategias de conservación de dicho tramo de la red federal MEX-057, libre de peaje, para brindar atención a 374.1 km de longitud y así elevar su funcionalidad y servicio mediante el cumplimiento de los 15 estándares de desempeño establecidos, de acuerdo al contrato hasta el 1 de julio de 2028. Para ello, el consorcio licitante requirió conocer las condiciones en las cuales se encuentra el susodicho tramo, siendo estos los llamados trabajos previos a la conservación del tramo "San Luis Potosí-Matehuala", evaluándose las condiciones actuales del pavimento en el sub-tramo del km 26+000 al km 42+000, con longitud de 16 km.

Tales condiciones son determinadas al realizar mediciones estandarizadas y que son usadas internacionalmente, así como las pruebas de campo y laboratorio necesarias, para determinar las deformaciones y la capacidad estructural del pavimento en la carretera "San Luis Potosí-Matehuala", se comparan los valores obtenidos de acuerdo a la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y se emite el diagnóstico que describe el segmento analizado, así como las condiciones actuales en las que se encuentra, otorgándole una calificación. Esta evaluación se realiza de acuerdo a su índice de servicio y el índice de condición del pavimento. Finalmente se determinará si es o no aceptable su desempeño, si requiere de un mantenimiento rutinario o una conservación periódica y, en su caso, si se requiere rehabilitarlo o reforzarlo para aumentar la seguridad vial y comodidad de los usuarios, reducir costos de operación vehicular y tiempo de recorrido.

En síntesis, este trabajo está enfocado en la evaluación del pavimento de un solo sub-tramo del proyecto anteriormente mencionado; no se considera la evaluación de otros elementos tales como: la limpieza de la calzada y acotamientos, taludes, estructuras, obras de drenaje, señalamiento, defensas y barreras centrales, funcionalidad del derecho de vía y servicios de la vialidad. Se da por entendido que el procedimiento expuesto es análogo para los tramos restantes del proyecto.

1.2 Planteamiento del Problema

El proyecto se ubica en estado de San Luis Potosí.



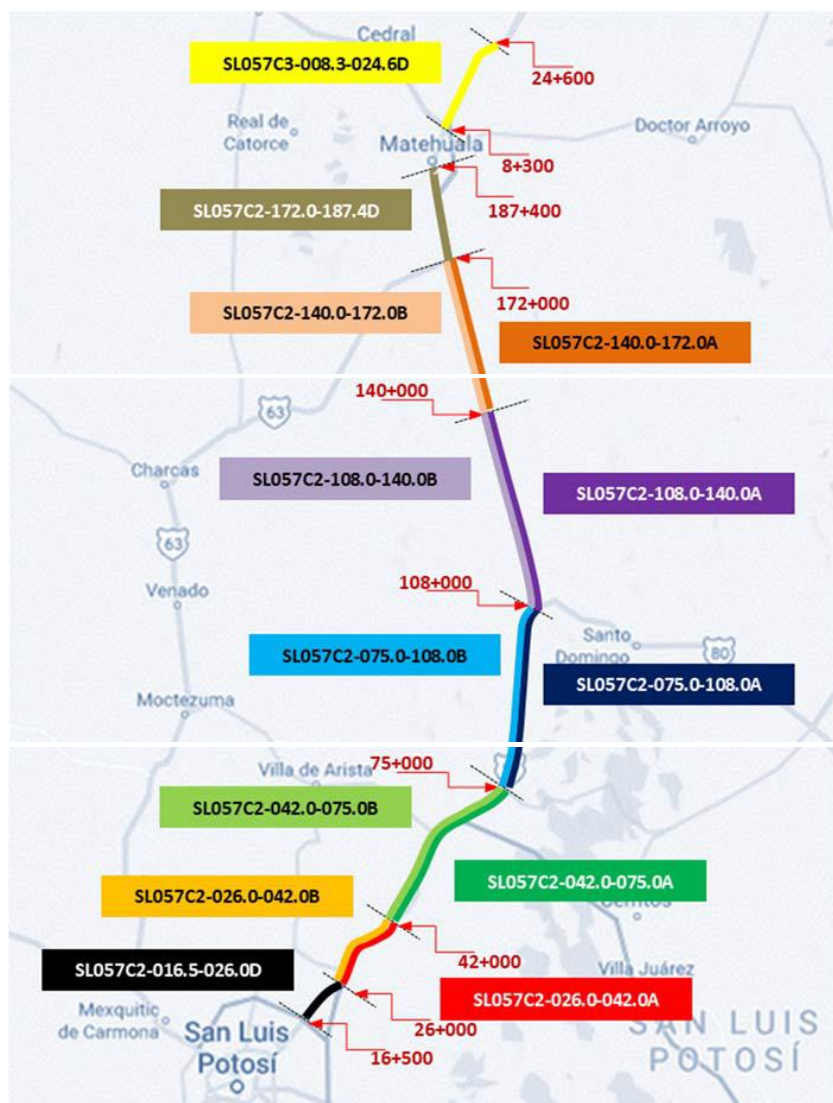
Ubicación del proyecto

Se planea el mantenimiento y conservación del tramo carretero de la red federal libre MEX-057 se integra por los siguientes sub-tramos:

- El sub-tramo se San Luis Potosí-Matehuala entre los kilómetros 16+500 al 187+390.
- El sub-tramo Matehuala-Saltillo entre los kilómetros 8+340 y 24+640.

A su vez los sub-tramos se han dividido en los 13 segmentos siguientes:

Segmento	Denominación	km inicio	km final	Longitud Equivalente (km)
SL057C2-016.5-026.0D	Lib. Norpte SLT - Lib. Oriente SLP (Cpos. A y B)	16+500	26+000	19.00
SL057C2-026.0-042.0A	Lib. Oriente SLP - T. Villa Hidalgo (Cpo. A)	26+000	42+000	16.00
SL057C2-042.0-075.0A	T. Villa Hidalgo - T. Guadalcázar (Cpo. A)	42+000	75+000	33.00
SL057C2-075.0-108.0A	T. Guadalcázar - T. Cd Mante (Cpo. A)	75+000	108+000	33.00
SL057C2-108.0-140.0A	T. Cd Mante - Km. 140 (Cpo. A)	108+000	140+000	32.00
SL057C2-140.0-172.0A	Km. 140 - T. Charcas (Cpo. A)	140+000	172+000	32.00
SL057C2-026.0-042.0B	Lib. Oriente SLP - T. Villa Hidalgo (Cpo. B)	26+000	42+000	16.00
SL057C2-042.0-075.0B	T. Villa Hidalgo - T. Guadalcázar (Cpo. B)	42+000	75+000	33.00
SL057C2-075.0-108.0B	T. Guadalcázar - T. Cd Mante (Cpo. B)	75+000	108+000	33.00
SL057C2-108.0-140.0B	T. Cd Mante - Km. 140 (Cpo. B)	108+000	140+000	32.00
SL057C2-140.0-172.0B	Km. 140 - T. Charcas (Cpo. B)	140+000	172+000	32.00
SL057C2-172.0-187.4D	T. Charcas - Matehuala (Cpos. A y B)	172+000	187+390	30.78
SL057C3-008.3-024.6D	Matehuala - Lím. Edos. SLP/NL (Cpos. A y B)	8+340	24+640	32.60
				374.38



El problema específico al que se refiere esta tesina se enfoca en la evaluación del cuerpo A, en el segmento carretero del km 26+000 al km 42+000 y en asignarle una calificación a dicho tramo, en base a la obtención de datos de IRI, roderas, deflexiones, macro-textura, deterioros y espesores de pavimento. Se requiere obtener su índice de servicio actual e índice de condición de pavimento, comparar los datos con los estándares de desempeño establecidos y saber si para ese tramo, se requerirán trabajos de mantenimiento, conservación o rehabilitación.

2 Metodología

2.1 Objetivo General

Objetivo General: Ofrecer a los Usuarios un tramo carretero con niveles de servicio adecuados, que aseguren una circulación vehicular cómoda, segura y económica.

2.2 Objetivo Particular.

Objetivo Particular: Determinar para el segmento carretero en los km del 26+000 al km 42+000, del tramo carretero San Luis Potosí – Matehuala, su estado actual por medio de la obtención de datos estructurales del pavimento y deterioros superficiales encontrados, estos parámetros serán comparados con los valores aceptables definidos en los estándares de desempeño establecidos en las especificaciones particulares del proyecto y en las normativas mexicanas aplicables de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

3 Marco Teórico

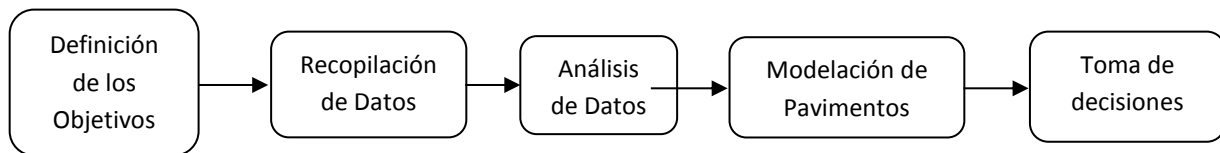
Debido al progreso industrial y económico del país, así como el paso de los años, han provocado el crecimiento del tránsito, el aumento en los pesos de los vehículos, el deterioro de varios caminos y autopistas entre otros factores que nos llevan a la necesidad de modernizar y reforzar el sistema carretero. Para poder llevar a cabo dicho objetivo y hacerlo de forma óptima se consideran los aspectos económicos e ingenieriles en la toma de decisiones para su

mantenimiento, rehabilitación y/o reconstrucción. Lo anterior queda englobado en los sistemas de administración de pavimentos.

3.1 Sistema de Administración de Pavimentos

Es una herramienta que nos ayudará en la toma de decisiones en base a la recolección de datos, combinación de técnicas de mantenimiento, construcción, evaluación del pavimento, análisis económico y predicciones del comportamiento de los pavimentos a futuro, obteniendo como resultado varias alternativas que pueden ser de diseño, construcción, rehabilitación o mantenimiento del pavimento que tienen como objetivo mantener un nivel de servicio adecuado de manera oportuna e ininterrumpido.

Se puede resumir de la siguiente manera:



El trabajo realizado se enfoca dentro del sistema de administración de pavimentos en la parte de recopilación y análisis de datos que ayuda a saber si un pavimento ofrece los niveles de servicio adecuados o ha fallado ya sea funcional o estructuralmente.

3.2 Tipos de Falla en Pavimentos

La falla en un pavimento se divide en dos tipos: la falla funcional y la falla estructural.

Falla funcional

La falla funcional es cuando el pavimento deja de proporcionar cualquiera de las funciones de seguridad, comodidad y servicio. Este tipo de falla es debida a varios factores que degradan el pavimento como: las cargas actuantes del tránsito, defectos de mantenimiento, cambios de temperatura, se puede decir que es el desgaste natural del pavimento.

Falla estructural

La falla estructural es cuando el tránsito vehicular rebasa las capacidades del pavimento provocando esfuerzos que sobrepasan el esfuerzo de diseño y provocan deformaciones permanentes.

3.3 Índice de Servicio.

Debido a la gran cantidad de variables se han desarrollado los índices de servicio referentes a un criterio estandarizado, según lo que se mida y que valora el estado de un tramo carretero, otorgándole una calificación o índice. Los parámetros a medir están relacionados con la falla estructural y funcional del pavimento y van desde apreciaciones subjetivas y personales, hasta el uso de equipos de alta tecnología que los cuales miden parámetros específicos en campo. El conjunto de todos ellos y una ponderación adecuada, proporcionan una valoración del tramo carretero evaluado.

3.4 Metodología para el Trabajo de la Evaluación del Tramo Carretero.

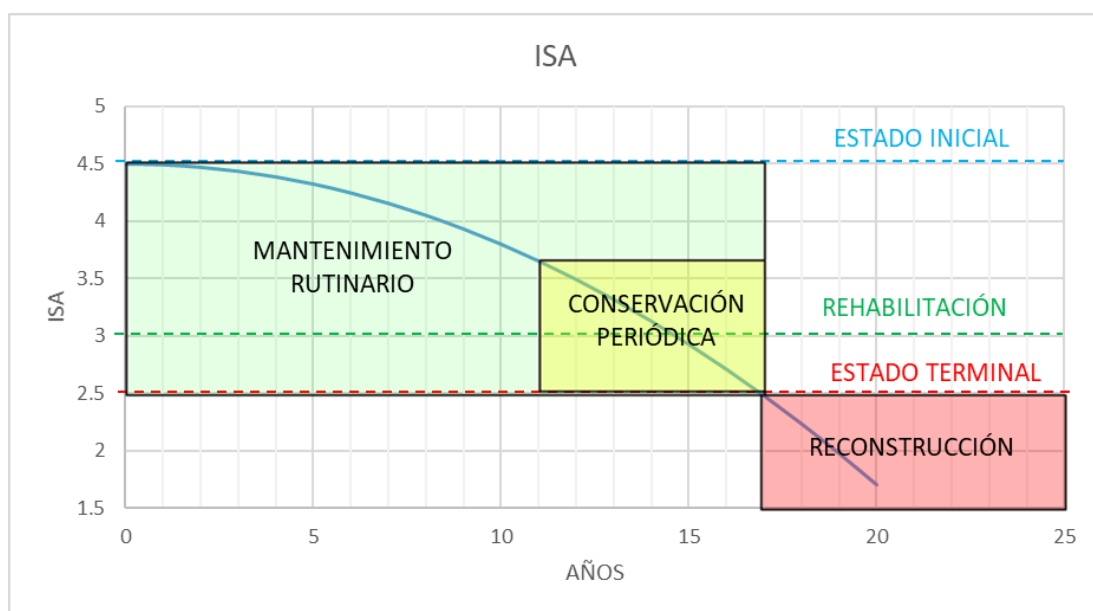
3.4.1 Primera Etapa

Para poder evaluar un pavimento de la manera más ordenada se empezará por una evaluación superficial la cual nos dará un primer indicio de las condiciones del camino, una forma de hacerlo es tomar un vehículo de tamaño estándar que se encuentre en buenas condiciones mecánicas (para que no afecte la evaluación); a continuación, se introduce un grupo de cuatro personas y se hace un recorrido por el tramo de interés a la velocidad normal de operación, cada uno de ellos calificará el tramo de 0 a 5 en función de la comodidad del viaje, éste es el criterio más simple de evaluación de un pavimento y la escala considerada es la siguiente:

Calificación	Estado del Pavimento
5	Excelente
4 a 5	Muy Bueno
3 a 4	Bueno
2 a 3	Regular
1 a 2	Malo
0 a 1	Muy Malo
0	Intransitable

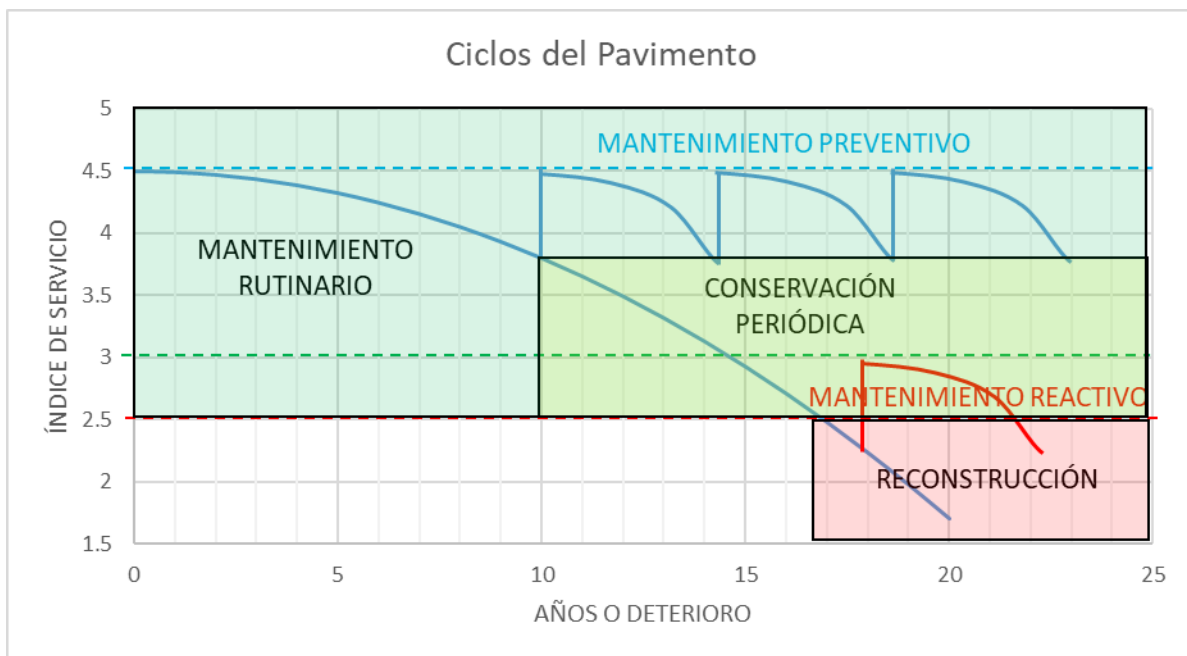
De acuerdo al promedio obtenido, se toma la decisión de continuar con evaluaciones más detalladas o detener los estudios en caso de que el pavimento se considere como: excelente, muy bueno o bueno, de ser regular o inferior pasaremos a la siguiente fase. Cabe señalar que el estado del pavimento se puede seccionar por segmentos no mayores a dos kilómetros, así se tendrán tramos aceptables y tramos que requerirán algún tipo de tratamiento, según sea el caso.

A la evaluación anterior se le denomina como índice de servicio actual (ISA), al paso de los años el ISA tenderá a reducirse como se puede observar en la siguiente gráfica denominada de degradación o desempeño.

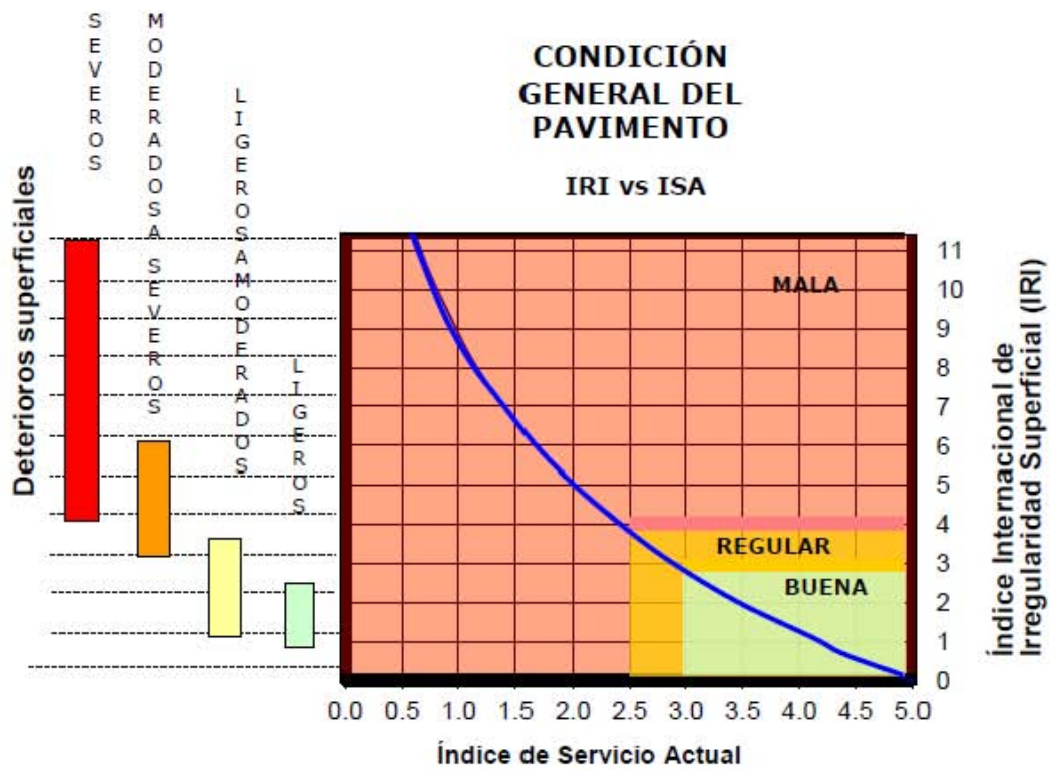


Adicional al ISA (que es un índice subjetivo) se crearon otros índices cualitativos para determinar el estado superficial del pavimento, relacionados con las deformaciones longitudinales y transversales, baches y grietas.

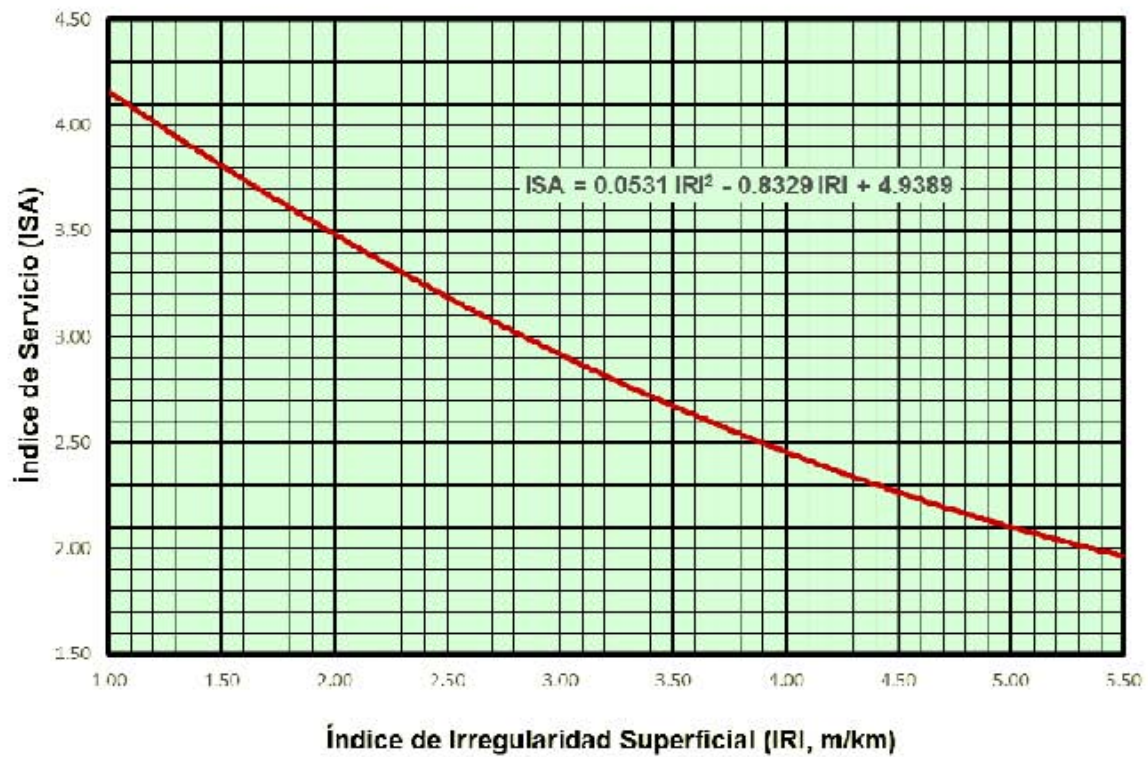
Análogo al gráfico del ISA se muestra la siguiente gráfica donde se observa que, la conservación de los pavimentos es de forma periódica o cíclica evitando que el pavimento caiga por debajo de los niveles admisibles. Las pequeñas curvas representan los mantenimientos que se le han otorgado al pavimento al paso de los años.



Al pasar del tiempo se ha intentado quitar subjetividad al cálculo del ISA y se han desarrollado algunas correlaciones con los índices de servicio cuantitativos, una de las correlaciones más usadas es la siguiente relación entre ISA e IRI.



CORRELACIÓN ENTRE EL IRI Y EL ISA



3.4.2 Segunda Etapa

Una vez definido si es necesario o no, continuar con los trabajos de auscultación, pasaremos a la segunda etapa. Para la segunda etapa de la evaluación se crean tramos homogéneos. Los tramos homogéneos son aquellos que tienen el mismo tipo de pavimento, comparten el mismo tránsito, o los que presentan niveles de deterioro similares, de los cuales se seleccionará cuales requerirán otro tipo de mediciones tales como; deflexiones, roderas, macro-textura o pruebas de campo/laboratorio etc. para determinar el estado superficial y estructural del pavimento. En resumen, se refiere a la obtención de datos que caracterizaran cada uno de los segmentos.

3.4.3 Tercera Etapa

Consiste en la evaluación de los datos obtenidos a partir de las pruebas de laboratorio, inspecciones en campo, estado estructural etc. El conjunto de todos los datos anteriores y su evaluación por segmentos homogéneos determinarán el tratamiento a seguir, ya sea mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción. En esta etapa se comparan cada uno de los índices de servicio obtenidos por segmento con los valores admisibles establecidos en las normas y especificaciones particulares de conservación de carreteras.

3.5 Índices de Servicio

Una vez explicada la metodología de evaluación y considerando que este trabajo está enfocado en la evaluación del pavimento; de los 15 índices que establece la SCT para carreteras, se tomarán únicamente los siguientes 6 índices resaltados, debido a que son los índices involucrados en los criterios de falla funcional y estructural de los pavimentos:

Índice de Servicio	
1 Deterioros Superficiales	DS
2 Índice de Regularidad Internacional	IRI
3 Profundidad de Roderas	RD
4 Deflexiones	d
5 Coeficiente de Fricción	m
6 Macrotextura	MXT
7 Limpieza de Calzada y Acotamientos	LCA
8 Taludes	TAL
9 Estructuras	EST
10 Obras de Drenaje	OD
11 Señalamiento Horizontal	SH
12 Señalamiento Vertical	SV
13 Defensas y Barreras Centrales	DBC
14 Funcionalidad del Derecho de Vía	FDV
15 Servicios de Vialidad	SERV

3.6 Definición y Obtención de los Índices de Servicio.

La evaluación o auscultación de pavimentos dio inicio con aparatos sencillos y se puede realizar desde un equipo básico que permita medir: áreas, distancias y elevaciones. Como lo indica el equipo descrito en la norma americana ASTM D-6433 los cuales son; hojas de registro de datos, odómetro de mano, regla o hilo para nivel, reglas de medición y un esquema de distribución del pavimento inspeccionado.

A lo largo de los años se han desarrollado equipos que faciliten la inspección de tramos carreteros, reduciendo los tiempos de toma de datos, mejorando su precisión, y aumentando la cantidad de datos obtenidos. Algunos equipos clásicos de la auscultación de pavimentos se describen adelante, tomando en cuenta la normatividad aplicable de la SCT (hasta 2018). Se requiere conocer de los siguientes parámetros para la correcta evaluación del pavimento en cuanto a conservación de carreteras.

3.6.1 Índice de Regularidad Superficial (IRI)

El IRI es un valor estadístico del perfil longitudinal que representa la regularidad de la superficie de un pavimento. Se calcula como la sumatoria de los desplazamientos verticales del neumático de un “cuarto de vehículo”, incluyendo el de su suspensión, respecto a una superficie virtual establecida, dividida entre la distancia recorrida por el mismo, a una velocidad de 80 km/h. Para homogenizar las medidas de los desplazamientos, se equiparán al de un modelo matemático llamado “cuarto de vehículo”, que representa un solo sistema de rueda y suspensión.

Se obtiene un perfil longitudinal a lo largo del carril de circulación, la regularidad superficial del pavimento afectará la dinámica del vehículo, la calidad del viaje, y el drenaje del pavimento. Esta propiedad del pavimento está relacionada con la capacidad funcional del pavimento, pero también puede estar asociada a deficiencias estructurales y a un deterioro acelerado del pavimento.

3.6.1.1 Equipos de bajo Rendimiento

Son dispositivos que trabajan a una velocidad muy por debajo de la velocidad de operación del tramo. A su vez se dividen en dispositivos de referencia y dispositivos orientados al control de calidad. Los primeros sirven para calibrar otros equipos que midan el IRI a partir de las comparaciones, estos equipos son el estatal, utilizado en conjunto con niveles fijos, el dipstick (face), Z-250 (ROMDAS) y el *walking profilometer* (ARRB) con los cuales se construye un perfil longitudinal. Los aparatos anteriores deben cumplir con una cierta precisión, mostrada en la siguiente tabla obtenida de la norma N-CSV-CAR-1-03-004/16.

Rango de regularidad IRI m/km	Precisión de las lecturas de elevación mm
1,0 – 3,0	0,5
3,0 – 5,0	1,0
5,0 – 7,0	1,5
7,0 – 10,0	2,0
10,0 – 20,0	3,0

Tabla obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

Los equipos de control de calidad se dividen en dos grupos: los perfilógrafos y los perfilómetros inerciales ligeros, los primeros están formados por una armadura montada sobre unas ruedas pequeñas con una rueda central que va registrando las irregularidades verticales. Los inerciales ligeros como su nombre lo dicen son similares a los perfilómetros inerciales de alto rendimiento, pero los sensores van montados en un vehículo pequeño similar a un coche de golf circulando a 10 km/h.

3.6.1.2 Perfilómetros de alto rendimiento

Estos equipos han sido diseñados para trabajar a velocidades cercanas a las de operación de las carreteras, permitiendo determinar la regularidad del pavimento en una red, se divide en equipos de tipo respuesta y en los perfilómetros inerciales.

Los perfilómetros de tipo respuesta, basado en la respuesta dinámica de las variaciones en la elevación de la superficie, midiendo el desplazamiento relativo respecto al eje del chasis del vehículo. A partir de las mediciones diferenciales obtenidas se determina el IRI, pero este no es tan preciso como el determinado con perfilómetros inerciales de clase I.

Los Perfilómetros Inerciales miden el desplazamiento relativo entre los acelerómetros y la superficie del pavimento, para obtener las distancias verticales correspondientes a cada punto del perfil. La obtención del IRI puede ser desde una longitud de estudio de 20 a 1000 metros, para estudios de evaluación.

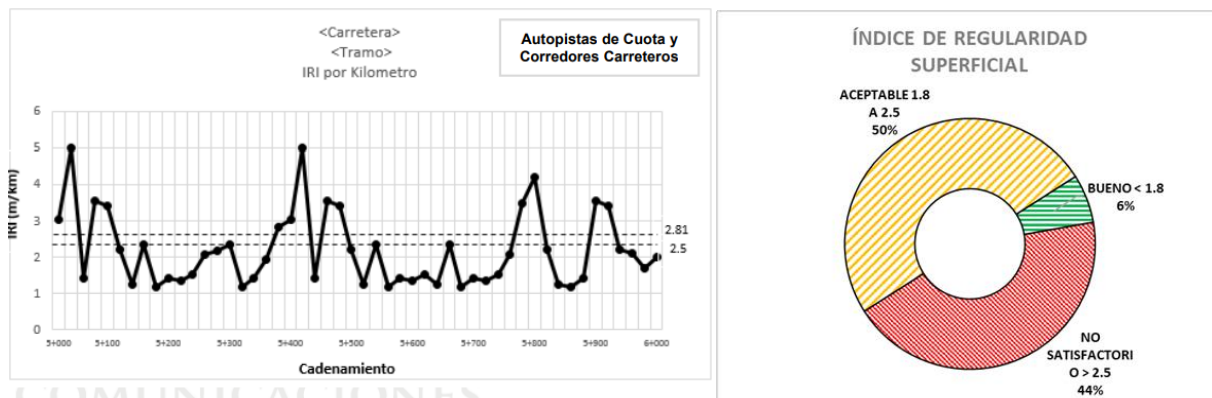
De acuerdo al IRI obtenido se dará una clasificación a dichos tramos o segmentos de carretera de acuerdo a la tabla mostrada obtenida de la norma N-CSV-CAR-1-03-004/16.

Estado	Intervalos de IRI	
	Autopistas de cuota y corredores carreteros	Red básica libre y red secundaria
Bueno	< 1,8	< 2,5
Aceptable	1,8 a 2,5	2,5 a 3,5
No Satisfactorio	> 2,5	> 3,5

Tabla obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

En el cálculo del IRI en los segmentos homogéneos establecidos debe cumplir las siguientes características:

El cadenamiento siempre se tomará de manera ascendente y en múltiplos del tramo analizado, los resultados obtenidos se presentarán en tramos de 1 kilómetro sobre un larguillo de IRI por kilómetro, se presentarán los porcentajes del tramo en estado bueno, aceptable y no satisfactorio, representados en un gráfico circular. Por ejemplo:



Grafica obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

3.6.1.3 Equipo Utilizado

Para el tramo estudiado se realizaron mediciones continuas en todos los carriles de circulación con Perfilómetros de rayo láser, Clase I; el equipo obtuvo lecturas integradas a cada 20 metros. Se consideró el promedio del IRI por rodada (interna y externa) por kilómetro carril. en unidades de m/km o mm/m para un segmento estudiado. El equipo utilizado es el siguiente:



Perfilometro de rayo laser

Fotografía proporcionada por Grupo Typsa IPC.

El equipo “perfilómetro RSP 5051” es capaz de medir simultáneamente, en tiempo real y desplazándose hasta una velocidad de 110 km/h, el IRI, el perfil longitudinal, el perfil transversal, la profundidad de roderas y la macrotextura.

3.6.2 Macrotextura (MAC)

Para entender la macrotextura primero se debe analizar el concepto de textura la cual se refiere a la rugosidad que presente la superficie del pavimento. Dependiendo del grado de aspereza, se puede dividir en microtextura y macrotextura.

La microtextura se refiere a las rugosidades que tienen intrínsecamente las partículas de los agregados que integran la carpeta y que es importante para la adherencia entre el neumático y el pavimento, por lo tanto, es el factor que contribuye a la resistencia al deslizamiento de los vehículos a cualquier velocidad.

La macrotextura se refiere al espacio que dejan los agregados pétreos entre sí y el mortero asfáltico y que mejora la visibilidad, así como también el drenaje del agua libre, que se podría formar en la superficie del pavimento, evitando el

efecto de acuaplaneo. La macrotextura también contribuye a otorgar una buena resistencia al deslizamiento a velocidades medias y altas con pavimento mojado.

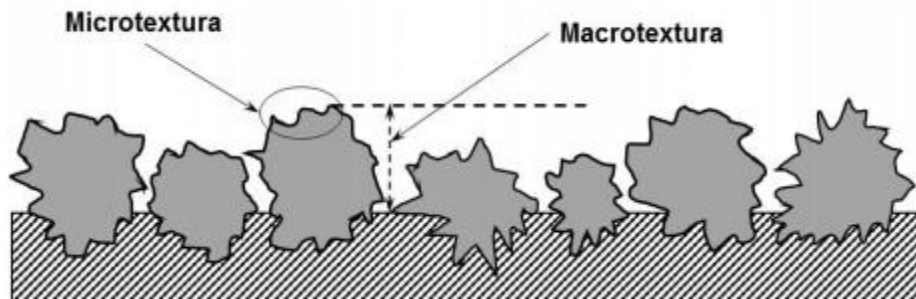


Figura obtenida de la norma N-CSV-1-03-006/16

Para definir los límites que dividen a los tipos de textura la SCT ha definido los siguientes rangos referidos a las longitudes de onda, microtextura con longitudes menores a 0.5 mm, la macrotextura está definida de 0.5 a 50 mm.

Para la determinación de la macrotextura se utilizan equipos de bajo rendimiento y equipos de alto rendimiento.

3.6.2.1 Equipos de bajo rendimiento

El círculo de arena o método volumétrico consiste en el uso de un material de volumen conocido el cual se esparce con un disco de goma sobre la superficie del pavimento, formando una mancha circular obteniendo su área y la profundidad media de la textura es obtenida al dividir el volumen del material entre el área de la mancha formada.

Este método se usa para la calibración y verificación de equipos que determinan la macrotextura.

3.6.2.2 Equipos de alto rendimiento

Estos equipos están diseñados para tomar las lecturas a velocidades cercanas a las de operación para no afectar la circulación del tránsito y existen dos tipos:

Perfilómetros Inerciales

Estos obtienen un perfil longitudinal empleando la referencia inercial establecida por medio de acelerómetros instalados en la carrocería del vehículo,

se mide el desplazamiento relativo entre ellos y la superficie del pavimento es medida con sensores ópticos o acústicos, la distancia sobre los puntos del perfil es determinada por un sensor adicional.

Con los datos obtenidos se realiza un perfil y la macrotextura se obtiene a partir del cálculo de la profundidad media del perfil (PMP) y la profundidad estimada de la textura (PMTE).

Escáneres transversales continuos

Estos están compuestos por proyectores de rayos laser, cámaras de alta velocidad y sistemas ópticos, así como diversos programas de procesamiento de datos. Los cuales permiten obtener perfiles transversales a partir de los cuales se puede calcular la macrotextura, usualmente van montados en la parte trasera de un vehículo tipo van y en su interior se alojan sistemas de adquisición de datos, almacenamiento y visualización de información.

Para el caso que nos interesa que es la evaluación del pavimento existente se recomienda el uso de equipos de alto rendimiento.

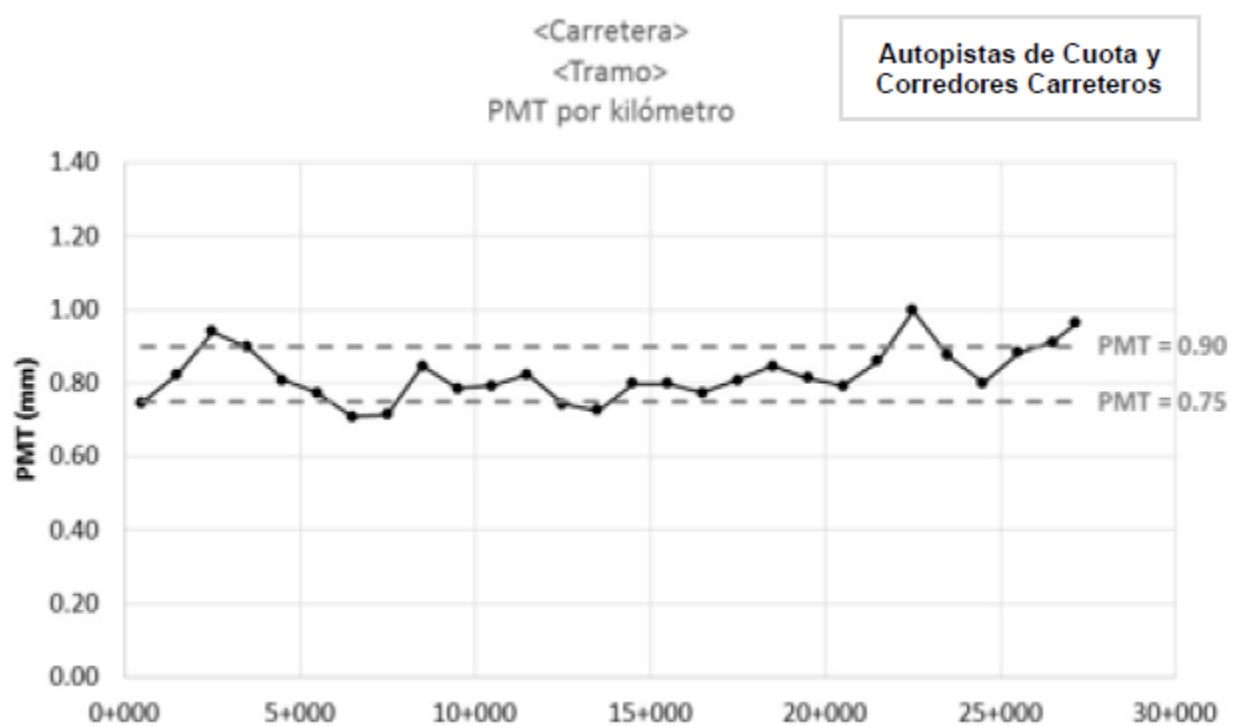
El estado de la profundidad media de la textura (PMT) se puede identificar mediante la siguiente tabla:

Estado	Intervalos de la PMT mm	
	Autopistas de Cuota y Corredores Carreteros	Red Básica Libre y Red Secundaria
Bueno	> 0,90	> 0,80
Regular	0,75 a 0,90	0,65 a 0,80
Malo	< 0,75	< 0,65

Tabla obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

3.6.2.3 Equipo Utilizado

Los resultados obtenidos se presentan en un gráfico de PMT vs kilometraje con los kilometrajes ascendentes para el tramo estudiado, con valores a cada kilómetro. Los porcentajes del estado del tramo se presentarán en un gráfico circular análogo al mostrado para IRI.



Gráfica obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

El equipo utilizado es el mismo “perfilómetro RSP 5051” descrito anteriormente, considerado como un equipo de alto rendimiento y como un equipo transversal continuo.

3.6.3 Coeficiente de Fricción (FR)

La fricción o resistencia al deslizamiento en los pavimentos es la fuerza que se opone al movimiento relativo instantáneo entre la superficie del pavimento y los neumáticos del vehículo; está íntimamente relacionada con la macrotextura, la microtextura, con el dibujo de las llantas de los vehículos, con la velocidad a la que circulan los vehículos y con la superficie del pavimento en condiciones críticas de humedad superficial. Los equipos capaces de medir la fricción pueden diferenciarse de acuerdo al tipo de deslizamiento ya sean equipos manuales, remolcados o incorporados al vehículo, también se diferencian por su velocidad de desplazamiento ya que, pueden ser estacionarios, lentos o rápidos.

De los parámetros anteriores la fricción está íntimamente relacionada con la microtextura del pavimento debido a las asperezas proporcionadas por el agregado pétreo, por lo tanto, en condiciones húmedas y a bajas velocidades

la fricción depende mayormente de la microtextura debido a que la capa de agua puede penetrar en el pavimento, sin embargo, a altas velocidades la fricción depende también de la macrotextura ya que permite un desalojo rápido del agua para mantener el contacto entre la microtextura y el pavimento, por lo tanto la microtextura es el factor más importante en términos de la fricción.

El coeficiente de fricción este definido como la relación con la carga vertical debida al peso del vehículo, como:

Donde:

$$\mu = \frac{F_R}{N}$$

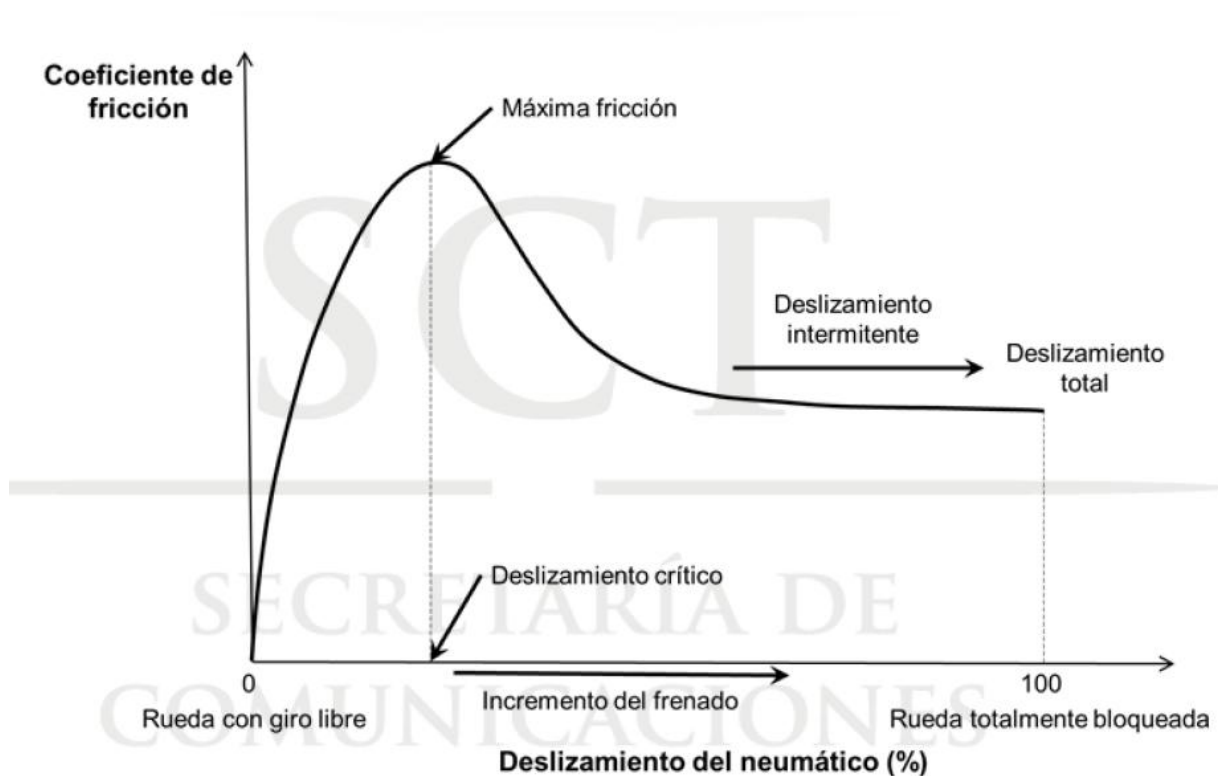
μ : coeficiente de fricción, CF

F_R : Fuerza tangencial

N : Fuerza normal al plano en que ocurre la fricción

Velocidad y relación de deslizamiento

Primeramente, la velocidad de deslizamiento es la velocidad de rodadura del neumático relativa a la superficie del pavimento, segundo la relación de deslizamiento es la relación de velocidad de deslizamiento entre la velocidad del vehículo, por ejemplo: al tener una rueda bloqueada tendrá la misma velocidad de deslizamiento que el vehículo y la relación de deslizamiento por lo tanto será de 1. Usualmente el máximo valor de fricción se encuentra entre los valores de relación de deslizamiento 10 a 20%, esto se puede observar en la cresta de la siguiente gráfica.



Gráfica obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

Estos valores de velocidad y relación de deslizamiento simulan las diferentes condiciones de frenado de los vehículos que dependen del tipo de frenos con los cuales estén equipados.

Su determinación es de manera indirecta producido por mecanismos deslizantes con neumáticos. Dependiendo la dirección del deslizamiento se obtiene la fricción longitudinal o la transversal; el primero sirve para determinar sus efectos en la dirección principal del tránsito y los segundos consideran los cambios de dirección del vehículo.

3.6.3.1 Equipo de bajo rendimiento

El péndulo británico es un aparato conformado por un brazo que, al soltarlo a cierta altura, produce una energía potencial que se va convirtiendo en energía cinética, hasta alcanzar su máximo valor al tocar la superficie del pavimento. Esta energía se va reduciendo debido a la fricción y a continuación de vuelve a elevar a una altura final con la energía residual, la diferencia entre alturas es la pérdida de energía cinética o la medida de la fricción.

3.6.3.2 Equipo de alto rendimiento

Como los equipos anteriores, estos se denominan así porque pueden ser usados a velocidades comparables con la velocidad de operación y no entorpecen el tránsito del sitio. Estos equipos son los constituidos por neumáticos y un dispositivo de aspersión para la formación de una película de agua.

Rueda Oblicua

Consiste en un dispositivo con una o dos ruedas que mide la fricción lateral, las ruedas están orientadas según el ángulo de esviaje las ruedas giran libremente, se registra la fuerza transversal que ejercen las llantas al tratar de separarse lateralmente, la carga de los neumáticos, la distancia recorrida y la velocidad del vehículo. Los equipos más comunes son el MU-Meter que usa dos ruedas y el SCRIM con una sola rueda.

Rueda Parcialmente Bloqueada

Pueden medir la fricción a una diferente relación de deslizamiento fija o variable, usualmente la relación de deslizamiento fija es 10 a 20 %, obstruyendo la rotación del neumático, con un mecanismo de cadena, banda o un sistema hidráulico. La carga sobre la rueda y la resistencia al deslizamiento son obtenidos mediante traductores de fuerza, presión y torque. Uno de los equipos más comunes es el Griptester. Por otra parte los de relación de deslizamiento variable determinan la fricción en función del bloqueo aplicado a la rueda, el proceso es dejar al inicio de la prueba que la rueda gire libremente y luego se va reduciendo la velocidad de rotación, al final se registra la distancia recorrida, la velocidad angular del neumático, la carga aplicada a la rueda y la resistencia al deslizamiento, un equipo común es el Norsemeter.

Rueda Bloqueada

Consiste en frenar la rueda completamente durante el proceso de medición, se miden la fuerza de arrastre de 1 a 3 segundos después de que la rueda fue bloqueada, se registra el promedio de las mediciones, y sólo se puede volver a repetir la prueba, una vez que la rueda deja de girar libremente. Un equipo de uso común es el Pavement Friction Tester.

3.6.3.3 Equipo Utilizado

Para el caso de evaluación de pavimentos se requiere usar equipos de alto rendimiento. La SCT los valores para fricción son tomados como las longitudes de onda menores a 500 mm, para calificar la condición de la fricción se usa la siguiente tabla:

Condición	Autopistas, Corredores Carreteros, Red Básica Libre y Red Secundaria
No aceptable (pulido)	0 a 0,40
Aceptable	0,41 a 0,60
Bueno	0,61 a 0,90
No aceptable (áspero)	> 0,90

Tabla obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

La medición se obtuvo con un equipo Mu-meter, se realizó de forma continua y en todos los carriles de circulación, integrada a cada 100 m. Se consideró el promedio por kilómetro carril.



Se muestra el Mu-Meter para medir la fricción

Este dispositivo se clasifica como uno de alto rendimiento y de rueda oblicua, para este caso el "Grip Tester MK2", consiste en una rueda lisa bloqueada a un 15%, obteniéndose el coeficiente de rozamiento longitudinal y transversal.

3.6.4 Profundidad de Roderas (PR)

Las roderas son deformaciones verticales acumuladas, permanentes y de tipo plástico que se producen sobre el pavimento a lo largo del eje transversal de la carretera. Tienen forma de un surco longitudinal que se forma bajo las huellas del rodamiento de los vehículos. Estas roderas son medidas en la máxima depresión formada por la huella.

3.6.4.1 Equipos de bajo rendimiento

Estos dispositivos sirven para obtener medidas puntuales sobre una sección específica, estos equipos se usan siempre como dispositivos de referencia o calibración de los equipos de alto rendimiento, estos equipos son un juego de reglas (regla y una regla graduada) y manualmente se toma la máxima profundidad de la rodera respecto a una superficie de referencia.

3.6.4.2 Equipos de alto rendimiento

Estos equipos tienen la ventaja de realizar mediciones a velocidades comparables a las de operación, lo que permite realizar estudios a nivel de una red de caminos sin afectar la circulación del tránsito.

Equipo óptico laser

Es un sistema de escaneo laser dual que está montado sobre los costados de un vehículo que obtiene una serie de secciones transversales de la superficie de rodadura del pavimento. El perfil obtenido es tomado en la parte posterior del vehículo aproximadamente con un ancho de cuatro metros, los equipos también incluyen sensores de aceleración de desplazamiento y distancia recorrida útiles para ubicar las mediciones del terreno y obtener la pendiente transversal del mismo.

Perfilómetro de alto rendimiento

Estos equipos montados sobre un vehículo que realizan un barrido o escaneo por medición de fase para determinar los perfiles transversales del camino, cuentan con sensores que miden la distancia correspondiente a cada punto del perfil transversal mediante instrumentación digital.

Para clasificar la profundidad de las roderas se usa la siguiente tabla:

	Intervalos de PR mm	
Estado	Autopistas y Corredores Carreteros	Red Básica Libre y Red Secundaria
Bueno	< 5	< 7
Regular	5,1 a 8	7,1 a 9
Malo	> 8	> 9

Tabla obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

3.6.4.3 Equipo Utilizado

Se presenta un gráfico de la profundidad de las roderas por kilómetro usando los valores medios de cada segmento, se indica el estado de las roderas como bueno, regular o malo. Así como sus porcentajes representados en un gráfico circular.

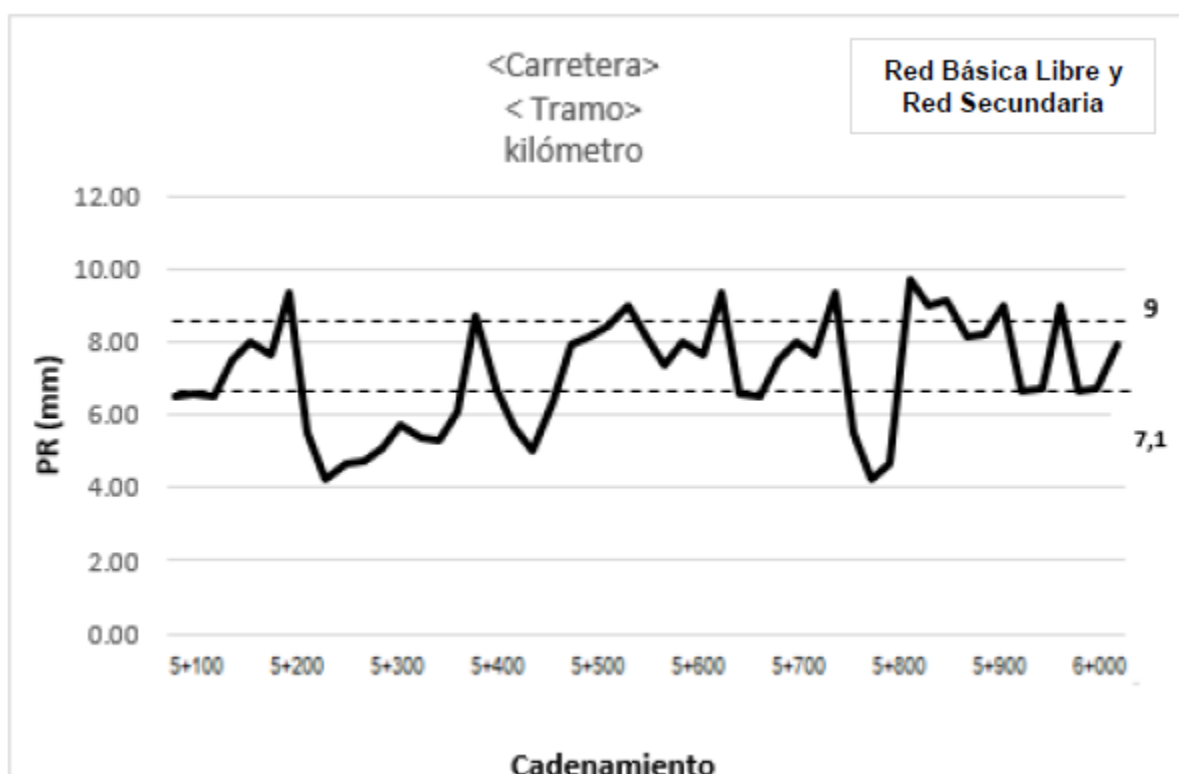


Tabla obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

Para el proyecto las mediciones se realizaron de forma continua y en todos los carriles de circulación con Perfilómetro de Rayo Láser, Clase I; el equipo obtuvo

lecturas integradas a cada 20 metros. Se considerará el promedio por rodada (interna y externa) por kilómetro carril. El equipo es el mismo mostrado para la obtención de IRI y macrotextura, para este caso.

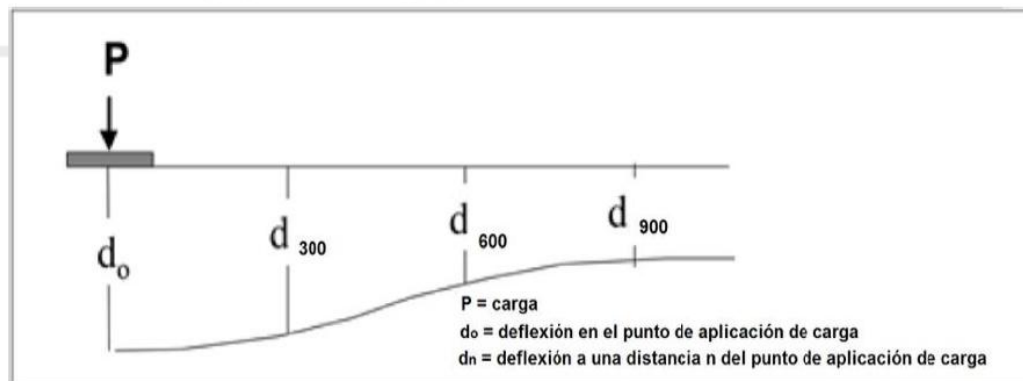
3.6.5 Deflexiones en el Pavimento (d)

Para definir las propiedades estructurales de los pavimentos existen pruebas no destructivas. Una de las pruebas más utilizadas es la determinación de deflexiones superficiales, gracias a estas mediciones podemos obtener: Módulos de elasticidad de la capa, rigidez de todo el sistema de pavimento, eficiencia de la transferencia de carga y detección de oquedades bajo los pavimentos rígidos, módulo de reacción de la capa subrasante, capacidad estructural del pavimento, análisis y diseño de rehabilitación estructural de pavimentos, vida remanente etc.

La deflexión es la capacidad de deformación elástica o recuperación vertical que experimenta un pavimento que es sometido a las cargas inducidas por el tránsito de vehículos, su valor está afectado por el estado y el tipo de pavimento, método de medición y equipo utilizado.

Cuenca de deflexiones

Si obtenemos las deflexiones a diferentes distancias del punto de aplicación de la carga, se formará una curva o cuenca de deflexiones usada para estimar las propiedades del pavimento y su capacidad estructural.



Esquema de deflexiones, obtenido de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

Las deflexiones se determinan con equipos de impacto para pavimentos flexibles, con equipos de medición estática (viga Benkelman) y con equipos de deflexión dinámica.

Capacidad estructural

Es la capacidad que tiene un pavimento para soportar las cargas durante un periodo de diseño establecido.

Algunos de los factores que afectan el valor de deflexión son la temperatura debido a que muchos materiales, sobre todo las carpetas asfálticas, son susceptibles a ésta, por lo tanto, se requiere normalizar las condiciones de carga y temperatura aplicadas para la determinación de las deflexiones, otro factor es la humedad debido a su influencia en las capas inferiores del pavimento y evidentemente el esfuerzo aplicado que está directamente relacionado con los valores de deflexión.

Debido a las variaciones en la deflexión una vez obtenidos los valores de campo se normalizan de acuerdo a la norma N-CSV-CAR-1-03-010 a 20 °C y 700 kPa.

Se pueden diferenciar por la posición de medición, el tipo y número de sensores y la forma de aplicación de la carga. Se clasifican en:

3.6.5.1 Equipos de bajo rendimiento

Son equipos que toman lecturas de manera puntual y requieren de un vehículo lastrado para efectuar la prueba, uno de estos equipos es la viga Benkelman.

3.6.5.2 Equipos de alto rendimiento

Las mediciones serán directas con Deflectómetro de Impacto tipo FWD (Falling Weight Deflectometer) o HWD (Highway Weight Deflectometer), dicha medición se realizará a cada 100 m y en todos los carriles de circulación y sentido. Se considerará el promedio de los puntos medidos por kilómetro carril.

Equipos de medición dinámica o vibratoria

La energía es generada por vibradores que imponen una fuerza sinusoidal dinámica sobre un peso estático, cuando la magnitud dinámica alcanza un valor máximo es el doble de la estática provocando una aplicación de carga variable sobre el pavimento. La deflexión se obtiene por medio de acelerómetros o

geófonos colocados debajo de la carga a diferentes distancias del punto de aplicación. Se usan al menos cinco sensores.

Equipos de impacto

Están basados en una carga que se deja caer sobre el pavimento a diferentes alturas sobre un sistema de absorción, se pueden generar diferentes cargas de impacto variando la altura y la masa. La aplicación se realiza sobre un plato circular y la deflexión se mide por medio de al menos 7 geófonos ubicados por debajo de la carga a diferentes distancias

La condición estructural del camino se determina a partir de la deflexión normalizada.

Rangos de valores representativos de deflexiones mm		
Condición estructural	Autopistas y Corredores Carreteros	Red Básica y Secundaria
Buena	0 a 0,4	0 a 0,50
Regular	---	> 0,50 y \leq 0,80
Mala	> 0,4	> 0,80

Tabla obtenida de la norma N-CSV-CAR-1 de la SCT

Para la evaluación de pavimentos se usó un deflectómetro de impacto: el Heavy Weight Deflectometer (HWD) como el mostrado en seguida, es capaz de transmitir una carga equivalente al pavimento de 320 kN, y va acompañado de 9 geófonos, montados en una barra, que registran las deflexiones a diferentes distancias del punto de impacto.



Se muestra el deflectómetro y los geófonos

El equipo también está acompañado de un vehículo escolta debido a la peligrosidad de los trabajos al momento de realizar el ensayo



Se muestra el vehículo escolta y el deflectómetro

3.7 Deterioros Superficiales del Pavimento Asfáltico (DET)

Como deterioro superficial se entiende la degeneración de las condiciones óptimas de servicio de un pavimento. Los datos para registrar deterioros superficiales son tomados en campo mediante una inspección visual realizada por personal encargado de recorrer los tramos a inspeccionar, mediante la recopilación de datos en formatos impresos. Por otra parte, existen equipos laser y escáner permiten obtener imágenes, el perfil transversal y el perfil longitudinal de la superficie de pavimento, los equipos son capaces de cuantificar, analizar e identificar los tipos de deterioros superficiales en un pavimento.

Los deterioros superficiales se dividen en los siguientes grupos: deterioros en pavimentos asfálticos y para pavimentos de concreto. Para ambos-grupos-se considera que los deterioros están clasificados de manera general en: grietas, deformaciones, desintegraciones y superficies deslizantes.

Dentro de los grupos mencionados se encuentran los siguientes subgrupos:

CATEGORÍA	ASFÁLTICOS	HIDRÁULICOS
Grietas	Longitudinales	En esquinas
	Transversales	Longitudinales
	Reticulares	de construcción
	Por Deslizamiento	perdida de soporte (bombeo, erosión o alabeo)
	Por Reflexión	Reticulares
	Juntas de Constricción	De compresión
		Por deslizamiento de las losas contiguas
		Por Reflexión
		Juntas Frías de Construcción
Deformaciones	Roderas	Escalonamientos
	Corrugaciones	Combaduras o Alabeos
	Deslizamientos	Desplazamientos de las losas
	Desplazamientos	Asentamientos
	Asentamientos	Expansiones
	Expansiones	
Desintegraciones	Perdida de Agregado Fino	Perdida de Agregado Fino
	Perdida de Agregado Grueso	Peladuras
	Peladuras	Oquedades
	Baches	Por reactividad de los agregados con el cemento
	Superficiales	Baches
	Profundos	Superficiales
		Profundos
Superficie Deslizante		Pulimento de Agregados
	Pulimiento de Agregados	Perdida de la Textura superficial
	Exudación de Asfalto	Emersión del Agua
	Emersión de Agua	Invasión de Agua
	Invasión de Suelos Finos en la Superficie	Invasión de Suelos Finos en la Superficie
	Derrame de Solventes	Derrame de Solventes
	Materias Extrañas	Materias Extrañas

A continuación, se describen cada uno de los deterioros para pavimentos asfálticos. Las descripciones para deterioros están sustentadas por la norma ASTM D-6433.

Niveles de Severidad para Deterioros

Para la evaluación de los deterioros se les debe dar un porcentaje de afectación sobre el área estudiada y un nivel de severidad o gravedad del deterioro, estos niveles son función de la calidad de conducción, definidos de manera general como:

Bajo. Las vibraciones del vehículo, por ejemplo, en las corrugaciones son perceptibles, pero no es necesario reducir la velocidad para mayor comodidad

o seguridad. Los baches o asentamientos individuales, o ambos, hacen que el vehículo rebote levemente, pero crean poca incomodidad.

Medio. Las vibraciones del vehículo son importantes y es necesaria cierta reducción de velocidad para mayor seguridad y comodidad. Los baches o asentamientos individuales, o ambos, provocan que el vehículo rebote de manera significativa, creando cierta incomodidad.

Alto. Las vibraciones del vehículo son tan excesivas que la velocidad debe reducirse considerablemente para mayor seguridad y comodidad. Los baches o asentamientos individuales, o ambos, hacen que el vehículo rebote excesivamente, creando una incomodidad considerable, con riesgo de inseguridad o daño potencial al vehículo.

Se recomienda conducir a la velocidad de proyecto en un sedán que sea representativo de los automóviles que se ven típicamente en el tránsito local, para las secciones de pavimento cerca de las señales de alto se clasifican a una velocidad de desaceleración adecuada para la intersección.

3.7.1 Agrietamiento piel de Cocodrilo o Grietas por Fatiga

Son una serie de grietas interconectadas causadas por la fatiga de la estructura del pavimento, provocadas por las cargas repetidas del tránsito, donde el esfuerzo de tensión es mayor bajo la rueda cargada y comienza en el fondo de la estructura asfáltica o las bases estabilizadas. El tamaño de las grietas va hasta 0.3 m en el lado más largo y sólo ocurre donde pasa la rueda, cuando los agrietamientos son más amplios, no se deben al fenómeno de fatiga y se llaman grietas en-bloque. Se mide en unidades de superficie (metros o pies cuadrados).

Agrietamiento piel de Cocodrilo o Grietas por Fatiga

Niveles de Severidad



Baja:
grietas finas longitudinales que corren paralelas entre sí, sin o sólo con pocas grietas de interconexión. Las grietas no están separadas.



Media:
Desarrollo posterior de grietas de cocodrilo ligeras en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente espaciadas.



Alta:
La red patrón de grietas ha progresado de modo que las piezas están bien definidas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas pueden oscilar bajo el tránsito

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.2 Exudación de Asfalto

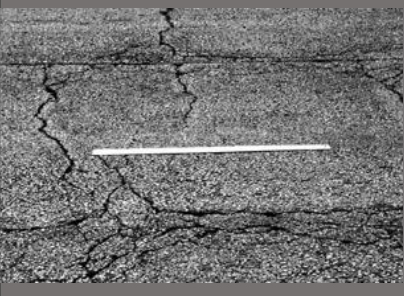


Es cuando se forma una capa de material asfáltico en la superficie del pavimento que provoca un efecto de espejo, un aspecto brillante, reflectante y algo pegajoso. Es causado por el exceso de cemento asfáltico en la mezcla, el exceso de alquitrán y bajo contenido de vacíos. Cuando aumenta la temperatura y los vacíos son llenados por asfalto y ascienden a la superficie. Por el contrario, este efecto no se reduce al bajar la temperatura. Es medido en unidades de superficie y si se toma en cuenta no se debe medir el pulimiento de agregados.

Exudación de Asfalto	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>La exudación sólo ha ocurrido en un grado muy leve y es perceptible únicamente durante algunos días del año. El asfalto no se adhiere a los zapatos o vehículos.</p>
	<p>Media:</p> <p>La exudación ha ocurrido en la medida en que el asfalto se adhiere a los zapatos y vehículos durante solo algunas semanas del año.</p>
	<p>Alta:</p> <p>La exudación se ha producido extensamente y se adhiere gran cantidad de asfalto a los zapatos y vehículos durante al menos varias semanas del año.</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.3 Grietas de Bloque

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Tienen un tamaño aproximadamente 0.3 por 0.3 m, hasta 3 por 3 m. El agrietamiento en bloque se produce principalmente por la contracción del cemento asfáltico y cambios de temperatura lo que da como resultado un ciclo diario de tensiones y deformaciones. No está asociado a la carga. El agrietamiento en bloque generalmente indica que el asfalto se ha endurecido significativamente por bajas temperaturas extremas o falta de mantenimiento. Este tipo de deterioro difiere del agrietamiento de cocodrilo en que las grietas de cocodrilo forman piezas más pequeñas y de muchos lados con ángulos agudos. Además, las grietas de cocodrilo son causadas por cargas de tránsito repetidas y, por lo tanto, se encuentran sólo en las áreas donde circula el tránsito.

Grietas de Bloque	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>La severidad esta basada en la calidad de conducción y cuan grave se observe el nivel de agrietamiento, se muestran grietas de baja severidad</p>
	<p>Media:</p> <p>La severidad esta basada en la calidad de conducción y cuan grave se observe el nivel de agrietamiento, se muestran grietas de media severidad</p>
	<p>Alta:</p> <p>La severidad esta basada en la calidad de conducción y cuan grave se observe el nivel de agrietamiento, se muestran grietas de alta severidad</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.4 Protuberancias y asentamientos

Las protuberancias son pequeñas y se localizan sobre las superficies de pavimento desplazadas. Son diferentes a los asentamientos ya que éstos se producen por un pavimento inestable. Las protuberancias son causadas por:

- Un pavimento de concreto debajo
- Expansiones.
- Infiltración de material en las grietas en combinación con el tránsito.

Los asentamientos son pequeños y aparecen por debajo de la superficie del pavimento. Si ocurren en forma muy seguida o en un área larga se denominará corrugación o hinchamiento.




Son medidas en metros lineales

Protuberancias y asentamientos	
Niveles de Severidad	
	Baja: Provoca una calidad de conducción de baja severidad
	Media: Provoca una calidad de conducción de media severidad
	Alta: Provoca una calidad de conducción de alta severidad

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.5 Corrugaciones

Es una serie de valles y crestas que aparecen en intervalos regulares en el pavimento, menores a 3 m, son perpendiculares a la dirección del tránsito, causadas por el tránsito y una superficie o base inestable. Se mide en unidades de superficie.



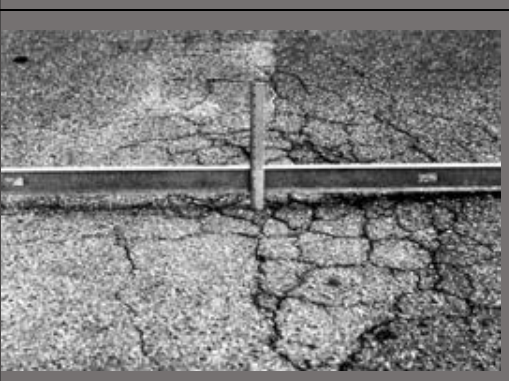
Corrugaciones	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>La corrugación produce una calidad de conducción de baja severidad</p>
	<p>Media:</p> <p>La corrugación produce una calidad de conducción de media severidad</p>
	<p>Alta:</p> <p>La corrugación produce una calidad de conducción de alta severidad</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.6 Depresiones

Son áreas del pavimento localizadas que tienen una elevación ligeramente menor al pavimento a su alrededor. Son provocadas por asentamientos en la cimentación del suelo o una construcción inapropiada. Causan algo de rugosidad y acuaplaneo. Medidas en unidades de superficie.

Niveles de Severidad:

Depresiones	
Niveles de Severidad	
	Baja: Con profundidad de 13 a 25 mm (1/2 a 1 pulgada)
	Media: De profundidad entre 25 y 50 mm (1 a 2 pulgadas)
	Alta: con profundidad Mayor a 50 mm (2 in.)

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.7 Grietas de Borde




Son grietas paralelas al tránsito y de 0.3 a 0.5 m del borde exterior del pavimento. Este deterioro se acelera por la carga del tránsito y puede ser causada por bases o sub-rasantes débiles cerca del borde del pavimento. Medido en metros lineales.

Grietas de Borde	
Niveles de Severidad	
	Baja: Grietas bajas o medianas sin ruptura o exposición de agregado (peladuras).
	Media: Grietas medianas con algunas rupturas y exposición de agregado (peladuras).
	Alta: Considerable ruptura o exposición de agregado (peladuras) a lo largo del borde

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.8 Grietas por Reflexión de Juntas




Este problema solo ocurre en pavimentos asfaltados que han sido colocados sobre losas de concreto. No incluye grietas de reflexión de ningún otro tipo de base, es decir, estabilizadas con cemento o cal; estas grietas son causadas principalmente por el movimiento térmico o inducido por la humedad de la losa de concreto debajo de la superficie de asfalto. Este deterioro no está relacionado con la carga; sin embargo, la carga del tránsito puede causar un deterioro de la superficie de asfalto cerca de la grieta.

Grietas por Reflexión de Juntas	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja: El ancho de grieta sin relleno es menor a 10 mm, o una grieta llena de cualquier ancho (relleno en condiciones satisfactorias).</p>
	<p>Media: El ancho de grieta sin relleno es mayor o igual a 10 mm y menor a 75 mm; son grietas sin rellenar menores o iguales a 75 mm rodeadas de grietas secundarias ligeras; o, una grieta rellena de cualquier ancho rodeado de ligeras grietas secundarias.</p>
	<p>Alta: Cualquier grieta rellena o no rellena rodeada de grietas secundarias de severidad media o alta; grietas sin relleno mayores a 75 mm; o, una grieta de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm del pavimento alrededor de la grieta está muy disgregado o fracturado.</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.9 Caída del Hombro-Carril

Es la diferencia de la elevación entre la orilla del pavimento y el hombro. Es causada por la erosión del hombro, asentamientos del hombro o por construir por arriba del camino existente sin ajustar el nivel del hombro. Se mide en unidades lineales.


Caída del Hombro-Carril	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>La diferencia de elevación entre el borde del pavimento y el hombro es > 25 mm (1 pulg.) Y < 50 mm (2 pulg.).</p>
	<p>Media:</p> <p>La diferencia de elevación es > 50 mm (2 in) y < 100 mm (4 in).</p>
	<p>Alta:</p> <p>La diferencia de elevación es > 100 mm (4 in).</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.10 Agrietamiento Longitudinal y Transversal (sin considerar las grietas de reflexión debidas a las juntas del pavimento hidráulico)

Las grietas longitudinales paralelas a la línea central del pavimento son causadas por una mala construcción de las juntas de carril, contracción de la superficie del pavimento debido a bajas temperaturas, endurecimiento del pavimento y los ciclos de temperatura diarios, debido a grietas de pavimento hidráulico por debajo de la capa asfáltica sin considerar las juntas.




Las grietas transversales se extienden a través del pavimento asfáltico con aproximadamente ángulos perpendiculares al centro de línea del pavimento, no son asociadas a los efectos de carga. Se mide en unidades lineales.

Agrietamiento Longitudinal y Transversal	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja: Existe una de las siguientes condiciones: el ancho de grieta sin relleno es menor a 10 mm (3/8 in), o grieta rellena de cualquier ancho con relleno en condiciones satisfactorias.</p>
	<p>Media: Con ancho de grieta sin relleno mayor o igual a 10 mm y menor a 75 mm (3/8 a 3 in); la grieta sin rellenar es menor o igual a 75 mm (3 in) rodeada de ligeras grietas o bien, el relleno de la grieta es de cualquier ancho rodeado de ligeras grietas aleatorias.</p>
	<p>Alta: Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias de severidad media o alta; grietas sin relleno mayores de 75 mm (3 in); o, grieta de cualquier ancho de aproximadamente 100 mm (4 pulg.) donde el pavimento alrededor de la grieta está severamente fracturado.</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.11 Parches

Se refiere a las áreas que han sido remplazadas con un nuevo material sobre el pavimento existente. Este se considera un defecto en el pavimento sin importar que tan bien hecho esté. Generalmente la rugosidad está asociada a esta falla. Se mide en unidades de superficie. Cualquier falla dentro del parche no debe reportarse, si el área de pavimento remplazada es muy grande el parche se debe considerar como un nuevo pavimento.

Parches	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>Está en buenas condiciones y es satisfactorio. La calidad se clasifica como de baja severidad o mejor.</p>
	<p>Media.</p> <p>Está moderadamente deteriorado, o la calidad de recorrido se clasifica como severidad media, o ambas.</p>
	<p>Alta:</p> <p>Está muy deteriorado, o la calidad de recorrido está clasificada como de alta severidad, o ambas; necesita reemplazo.</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.12 Pulimento de Agregados

Esta falla es causada por el desgaste superficial provocado por la repetición de cargas, se produce cuando la porción de agregados sobre la superficie del pavimento es pequeña o no cuenta con agregados angulosos para proporcionar una buena resistencia al deslizamiento. Se mide en unidades de superficie; si se evaluó la exudación de asfalto, no se mide el pulimento.

Niveles de Severidad:

Para este deterioro no se definen niveles de severidad, sin embargo, el pulimento debe ser claramente visible y liso al tacto.






Se observa el pulimiento de agregados

3.7.13 Baches

Usualmente menores a 750 mm de diámetro con forma de cuenca es una depresión en la superficie del pavimento, generalmente con bordes filosos y lados verticales cerca de la superficie de la depresión, cuando se forman por agrietamiento de cocodrilo, se deben considerar como baches, se miden por el número de baches detectados.

Niveles de Severidad:

Estos niveles dependen del diámetro y de la profundidad del bache, si son mayores a 750 mm de diámetro se dividirán entre 0.5 m² para obtener los baches equivalentes.

Baches	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>Con profundidades de 13 a 25 mm y diámetros de 100 a 450 mm</p> <p>Con profundidades de 25 a 50 mm con diámetros de 100 a 200 mm</p>
	<p>Media:</p> <p>Con profundidades de 13 a 25 mm y diámetros de 450 a 750 mm</p> <p>Con profundidades de 25 a 50 mm con diámetros de 200 a 750 mm</p> <p>Con profundidades mayores 50 mm con diámetros de 450 a 750 mm</p>
	<p>Alta:</p> <p>Está muy deteriorado, o la calidad de manejo está clasificada como de alta severidad, o ambas; necesita reemplazo.</p>




Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.14 Cruces de Trenes

Las fallas en los cruces de Ferrocarril son las depresiones y protuberancias producidas a su alrededor. Se mide en unidades de superficie.

Niveles de Severidad:

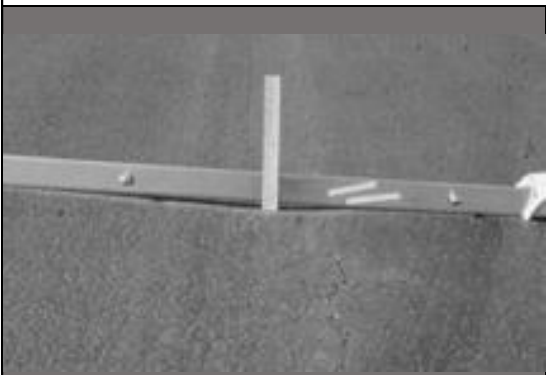


Los niveles de severidad se miden de acuerdo a la calidad del paso por ellos y si el cruce no afecta la calidad del viaje, no debe contarse.

Cruces de Trenes	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>La calidad de conducción casi no se ve afectada</p>
	<p>Media:</p> <p>Las vibraciones en el vehículo son notorias</p>
	<p>Alta:</p> <p>Es necesario reducir la velocidad para mejorar la calidad de conducción</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.15 Roderas

Es una depresión superficial que aparece en el camino de los neumáticos, son una deformación permanente de tipo plástico en alguna de las capas del pavimento, usualmente provocada por la consolidación del material o por el movimiento de los materiales a su alrededor debido a las cargas del tránsito. Se miden en unidades de superficie.


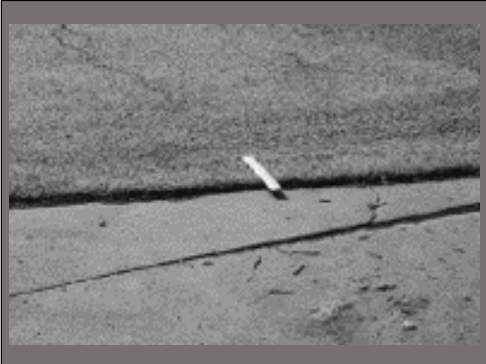

Roderas	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja: Baja: 6 a 13 mm (1/4 a 1/2 in.)</p>
	<p>Media: Media:> 13 a 25 mm (> 1/2 a 1 pulgada)</p>
	<p>Alta: Alta:> 25 mm (> 1 pulg.)</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.16 Desplazamientos

Es un corrimiento longitudinal del pavimento en un área localizada del pavimento debida a las cargas del transito




Es un desplazamiento longitudinal que se produce cuando el tránsito presiona contra el pavimento formando una pequeña ola, también ocurre cuando se construyen pavimentos asfálticos sobre pavimentos hidráulicos. Se miden en unidades de superficie.

Desplazamientos	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>Los niveles de severidad se miden de acuerdo a la calidad del paso por la anomalía.</p>
	<p>Media:</p> <p>Los niveles de severidad se miden de acuerdo a la calidad del del paso por la anomalía.</p>
	<p>Alta:</p> <p>Los niveles de severidad se miden de acuerdo a la calidad del del paso por la anomalía.</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.17 Grietas por Deslizamiento

Son grietas transversales con forma parabólica que se producen cuando se frenan o giran las llantas provocando deslizamientos y deformaciones, esto ocurre cuando no hay una liga adecuada entre superposiciones de pavimento o cuando la carpeta o sobre-carpeta es muy delgada. Medida en unidades de superficie.

Grietas por Deslizamiento	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>Promedio de grietas ancho <10 mm (3/8 in.)</p>
	<p>Media:</p> <p>el ancho promedio de fisura es de ≥ 10 y < 40 mm o el área alrededor de la grieta está moderadamente espaciada o rodeada de grietas secundarias.</p>
	<p>Alta:</p> <p>el ancho promedio de la grieta es > 40 mm o el área alrededor de la grieta se rompe en pedazos que se quitan fácilmente.</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

3.7.18 Expansiones

se caracteriza por un abultamiento hacia arriba en la superficie del pavimento, una onda larga y gradual de más de 3 m (10 pies) de largo. La hinchazón puede ir acompañada de agrietamiento superficial. Este deterioro generalmente es causado por la acción de las heladas en el sub-rasante o por las propiedades expansivas del suelo de sustentación.

Niveles de Severidad:

Estas dependerán de la calidad de conducción.



Se muestran las expansiones en el pavimento

3.7.19 Peladuras y Desprendimientos

Son el desgaste de la superficie del pavimento debido a una pérdida de asfalto o las propiedades aglutinantes del mismo, asociados con y partículas de agregado desalojadas. Indican que el aglutinante de asfalto se ha endurecido apreciablemente o que está presente una mezcla de baja calidad.

Peladuras y Desprendimientos	
Niveles de Severidad	
	<p>Baja:</p> <p>Ha comenzado a desgastarse.</p>
	<p>Media:</p> <p>La textura de la superficie es moderadamente rugosa y picada.</p>
	<p>Alta:</p> <p>Se ha desgastado considerablemente. La textura de la superficie es muy áspera y severamente marcada. Las áreas marcadas tienen menos de 10 mm (4 pulgadas) de diámetro y menos de 13 mm (1/2 pulgadas) de profundidad, las áreas con hoyos más grandes se cuentan como baches.</p>

Imágenes obtenidas de la norma ASTM 6433

N°	Indice de Servicio	Abreviacion	Tipo de Pavimento	Valores de Aceptacion
1	E1 DS Deterioros Superficiales	DS	Asfalticos	No se admiten: -baches -asentamientos -corrimientos de carpeta -calaveras -escalonamientos Grietas Maximas de 3 mm Agritamiento menor a 5% del area/km/carril Desprendimiento del agregado petreo menor a 5 % del area/km/carril
			Hidraulicos	No se admiten: -fracturamientos -asentamientos -despostillamientos en esquinas y bordes -escalonamientos la suma de las grietas y juntas deterioradas menor a 50 m/km/carril desconchamientos mas desprendimientos de agregados menor a 5% del area/km/carril
2	E2 IRI Índice de Rugosidad Internacional	IRI	asfalticos/hidráulicos	IRI ≤ 2.5 m /km/carril
3	E3 PR Profundidad de Roderas	RD	asfalticos/hidráulicos	PR ≤ 12 mm/km/carril
4	E4 Def Deflexiones	d	asfalticos/hidráulicos	DEF ≤ 500 micrometros /km/carril
5	E5 μ Coeficiente de Fricción	m	asfalticos/hidráulicos	$0.4 < m < 0.9$ km/carril
6	E6 Mxt Macrotextura	MXT	asfalticos/hidráulicos	MXT > 0.75 mm /km/carril

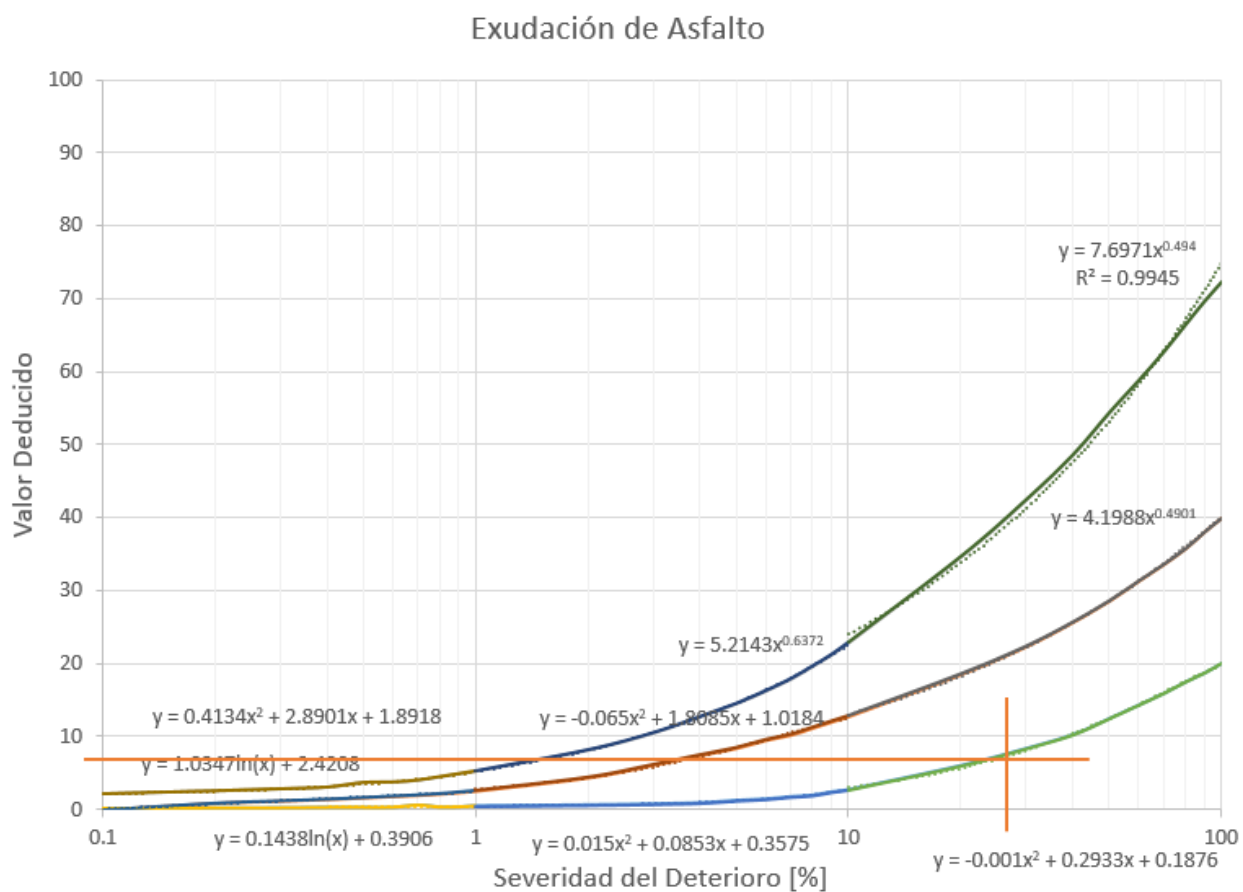
3.8 Índice de condición de Pavimento (PCI)

El índice de condición de pavimento es un valor numérico en porcentaje del 0 al 100 que es usado para calificar el estado actual superficial de un pavimento desarrollado en estados unidos por el cuerpo armado de ingenieros de los estados unidos, consiste en la inspección visual del tramo evaluado y su ponderación basada en datos estadísticos.

Para tramos carreteros relativamente cortos se puede evaluar todo el tramo, para tramos demasiado largos es recomendable usar segmentos de muestra (aquí se tomará la totalidad del tramo), además de lo anterior mencionado se requiere que el personal este calificado y con experiencia para completar el proceso de evaluación. En caso de tener segmentos de muestra el PCI total del tramo es el promedio ponderado de los PCIs de los segmentos de muestra

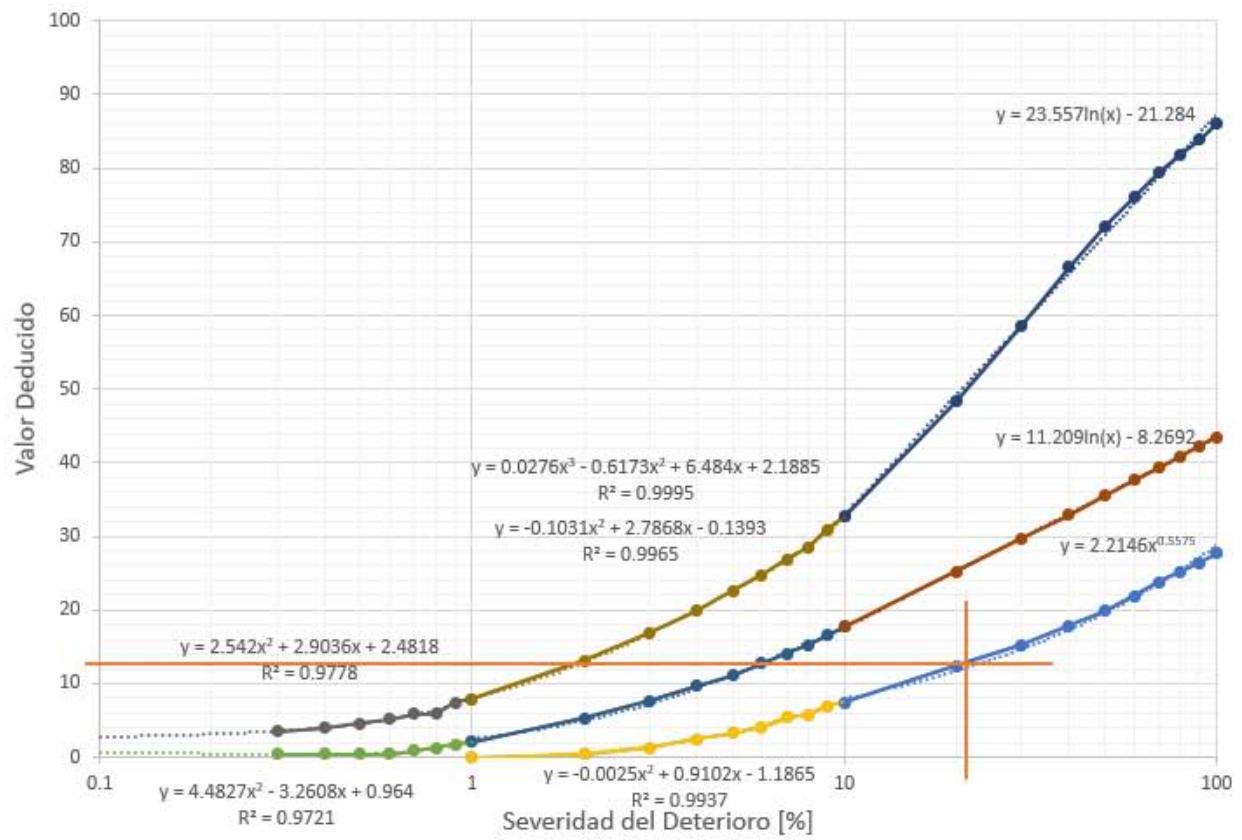
Ejemplo, Determinación del PCI del tramo km 26+000 al km 26+500:

Con ayuda de la norma ASTM D 6433 y un deterioro de Exudación de Asfalto que afecta a un área de 27.43 de severidad baja se tiene valor deducido de 7.48 de la siguiente gráfica:

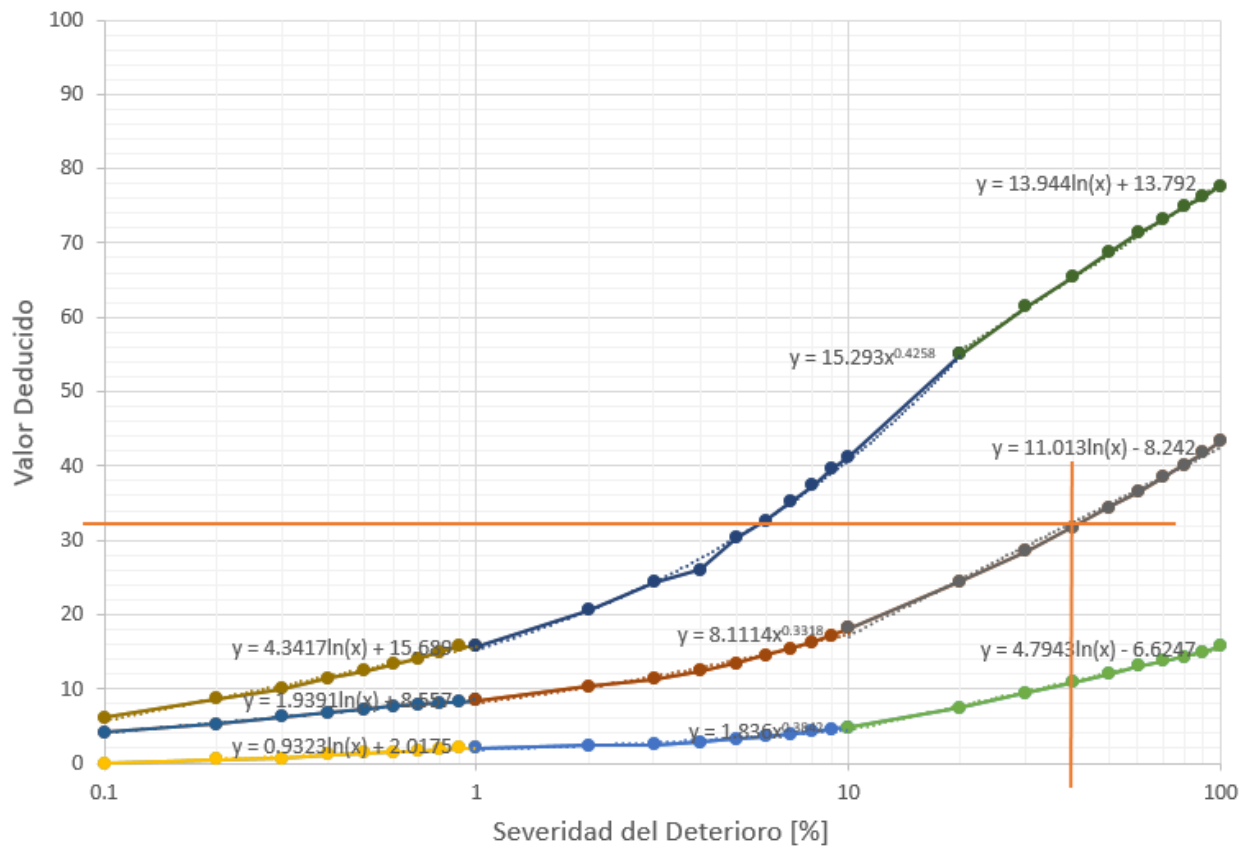


El proceso es el mismo para otros tipos de deterioros, solo que ahora se usa la gráfica correspondiente a cada uno de ellos, como se muestra a continuación.

Agrietamiento Longitudinal y transversal



Peladuras y Desmoronamientos



La siguientes la tabla resumen con los datos obtenidos:

Deterioro	severidad	% de deterioro	Valor deducido DV
Exudación de Asfalto[m2]	L	27.43	7.48
Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	L	21	12.09
Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	40	32.38

Estos valores deducidos (DV) se ordenan de mayor a menor y se calcula el máximo datos a usar con la siguiente formula:

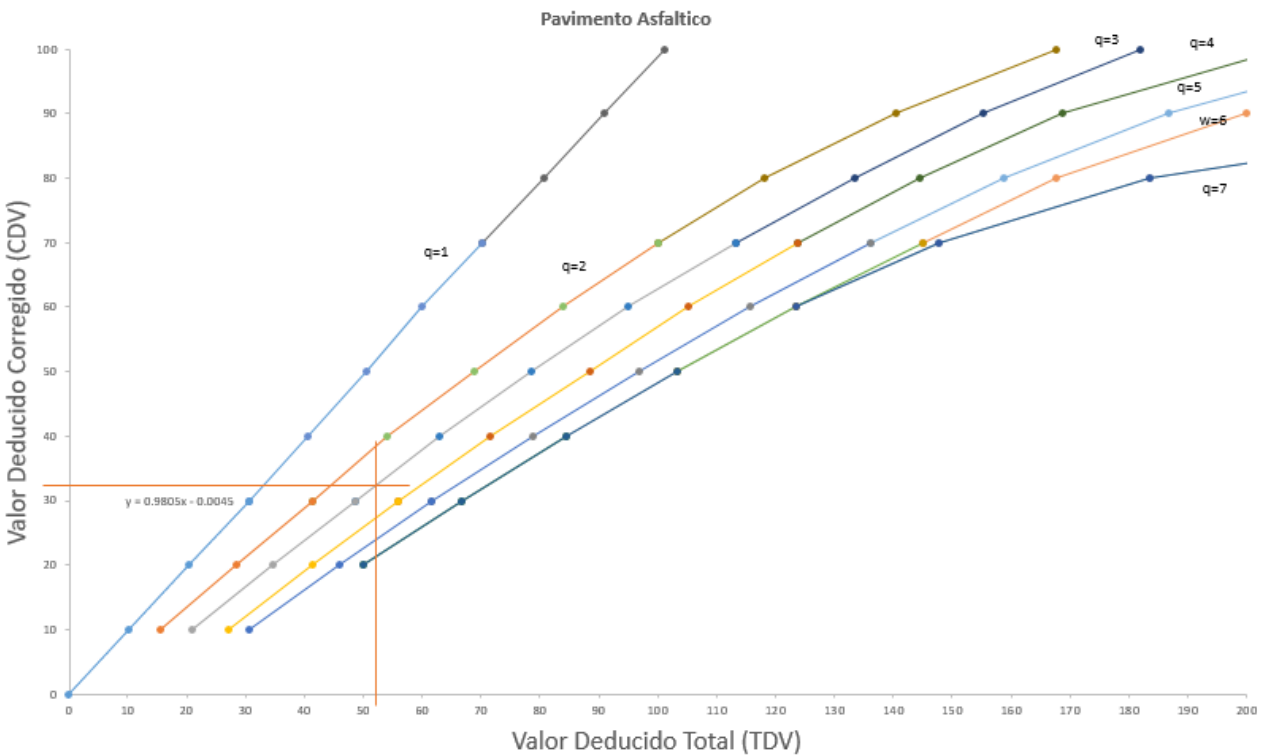
$$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$$

HDV= Valor deducido más alto.

Considerando que los datos a usar se toman de mayor a menor. Si se sobrepasa el número de datos permitido se toma el valor entero de \underline{m} como los datos a usar más un dato adicional que es la parte fraccionada de \underline{m} multiplicada por el valor siguiente de los datos ordenados. En este caso se llega a 7.2 por lo tanto no se sobrepasa el límite de valores permitidos.

Ahora se procede a iterar con dichos valores para obtener el Valor Deducido Corregido (CDV) del conjunto de los deterioros, se inicia un primer cálculo tomando en cuenta todos los valores permitidos y de ahí en adelante se irán reduciendo y sustituyendo por dos los valores mínimos hasta tener un solo valor.

La obtención del Valor Deducido Corregido, es calculado de las gráficas de la norma ASTM para pavimento asfáltico. Entrando con la suma de los valores deducidos, para la primera iteración es 51.95 por lo tanto el Valor Corregido Deducido (CDV) es 32.5 y q=3, donde q el número de valores deducidos considerados en el cálculo.



26+000-26+500				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV				7.209666685	Calificación		Estado	
				Valor Máximo Deducido (HDV)		32.38	Máx. CDV	34.1	PCI	65.9	REGULAR	
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Exudación de Asfalto[m2]						Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)	
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00				
1.00	32.38362943	12.09017403	7.4804141						51.95	3	32.5	
2.00	32.38362943	12.09017403	2						46.47	2.00	34.1	
3.00	32.38362943	2							34.38	1.00	33.7	

Excelente

Satisfactorio

Regular

Pobre

Muy Pobre

Gravemente Dañado

Colapsado

100

85

70

55

40

25

10

0

Para calcular el PCI se toma el valor deducido corregido máximo y se resta de 100 (PCI= 100-34.1 = 65.9), 65.9 nos da un estado general superficial del pavimento REGULAR.

3.9 Datos Obtenidos por el Vehículo Inspector

A continuación, se muestran los datos obtenidos directamente del vehículo (láseres y escáneres) tomados a intervalos de medición de 20 m, esto quiere decir que el vehículo calcula automáticamente los valores de IRI, Macro textura (MAC) y Roderas (PR) a partir de la toma de lecturas de las dos rodadas del vehículo (derecha e izquierda) a intervalos de 20 m. Los datos obtenidos son para el carril de baja, este carril, es el más afectado debido al tránsito pesado. Datos del km 26+000 al km 42+000, carril de baja, kilometraje ascendente (cuerpo A), tramo San Luis Potosí-Matehuala. Los valores para el carril evaluado son tomados como el promedio de las dos rodadas.

Datos obtenidos para índice de regularidad superficial (IRI)

Cadenamiento inicial	Cadenamiento final	IRI izquierdo (mm/m)	IRI Derecho (mm/m)	IRI promedio
26+000	26+020	7.3	5.1	6.2
26+020	26+040	5.2	8.0	6.6
26+040	26+060	5.1	3.4	4.3
26+060	26+080	11.6	3.8	7.7
26+080	26+100	5.0	2.2	3.6
26+100	26+120	3.6	2.9	3.3
26+120	26+140	1.7	2.1	1.9
26+140	26+160	1.2	4.4	2.8
26+160	26+180	3.0	2.2	2.6
26+180	26+200	2.6	1.7	2.2
26+200	26+220	2.7	2.1	2.4
26+220	26+240	2.6	2.4	2.5
26+240	26+260	4.9	1.6	3.3
26+260	26+280	2.1	1.2	1.7
26+280	26+300	1.2	1.7	1.5
26+300	26+320	2.0	2.1	2.0
26+320	26+340	2.0	1.7	1.8
26+340	26+360	1.7	2.5	2.1
26+360	26+380	1.4	2.4	1.9
26+380	26+400	2.2	2.0	2.1
26+400	26+420	2.8	2.9	2.8
26+420	26+440	2.8	3.1	2.9
26+440	26+460	4.2	2.4	3.3
26+460	26+480	2.8	2.0	2.4
26+480	26+500	2.5	1.4	2.0
26+500	26+520	2.0	2.8	2.4
26+520	26+540	3.0	3.3	3.1
26+540	26+560	3.7	2.1	2.9
26+560	26+580	2.8	4.8	3.8
26+580	26+600	2.6	13.4	8.0
26+600	26+620	5.5	13.6	9.6
26+620	26+640	6.7	10.7	8.7
26+640	26+660	2.5	4.2	3.3
26+660	26+680	2.9	3.9	3.4
26+680	26+700	2.8	3.5	3.1
26+700	26+720	2.8	3.0	2.9
26+720	26+740	2.5	2.6	2.6
26+740	26+760	4.4	7.1	5.8

Ahora se muestran los datos de índice de regularidad superficial (IRI) para los últimos kilometrajes del tramo evaluado y se omiten los datos intermedios ya que el proceso de recolección es análogo a los mostrados:

Cadenamiento inicial	Cadenamiento final	IRI izquierdo (mm/m)	IRI Derecho (mm/m)	IRI promedio
41+200	41+220	2.2	3.0	2.6
41+220	41+240	1.7	3.1	2.4
41+240	41+260	1.4	2.5	2.0
41+260	41+280	2.5	3.3	2.9
41+280	41+300	1.9	2.1	2.0
41+300	41+320	1.6	2.0	1.8
41+320	41+340	1.3	1.6	1.5
41+340	41+360	2.1	2.3	2.2
41+360	41+380	3.2	2.4	2.8
41+380	41+400	2.1	1.9	2.0
41+400	41+420	2.3	1.9	2.1
41+420	41+440	5.0	2.2	3.6
41+440	41+460	4.6	3.3	3.9
41+460	41+480	2.6	2.2	2.4
41+480	41+500	3.9	2.9	3.4
41+500	41+520	3.5	2.0	2.8
41+520	41+540	4.5	2.4	3.4
41+540	41+560	7.5	2.1	4.8
41+560	41+580	3.5	2.7	3.1
41+580	41+600	3.1	2.0	2.6
41+600	41+620	11.5	1.9	6.7
41+620	41+640	14.4	3.8	9.1
41+640	41+660	7.9	6.3	7.1
41+660	41+680	7.4	8.9	8.2
41+680	41+700	7.8	8.8	8.3
41+700	41+720	3.8	5.1	4.5
41+720	41+740	3.8	3.5	3.7
41+740	41+760	3.0	2.7	2.9
41+760	41+780	4.7	3.4	4.1
41+780	41+800	2.4	2.3	2.4
41+800	41+820	4.8	2.8	3.8
41+820	41+840	2.7	1.9	2.3
41+840	41+860	3.9	6.0	5.0
41+860	41+880	4.1	3.9	4.0
41+880	41+900	3.9	4.5	4.2
41+900	41+920	2.4	3.0	2.7
41+920	41+940	2.7	2.5	2.6
41+940	41+960	5.2	2.9	4.1
41+960	41+980	1.9	1.6	1.8
41+980	42+000	2.6	1.8	2.2

Datos de macrotextura (MAC) primer y último tramo:

Cadenamiento inicial	Cadenamiento final	MAC Izquierda (mm)	MAC Derecha (mm)	MAC promedio
26+000	26+020	0.67	0.70	0.69
26+020	26+040	0.78	0.82	0.80
26+040	26+060	0.88	0.94	0.91
26+060	26+080	0.79	0.80	0.80
26+080	26+100	0.60	0.63	0.61
26+100	26+120	0.48	0.74	0.61
26+120	26+140	0.52	0.74	0.63
26+140	26+160	0.62	0.65	0.63
26+160	26+180	0.74	0.57	0.66
26+180	26+200	0.82	0.67	0.75
26+200	26+220	0.67	0.88	0.77
26+220	26+240	0.73	0.63	0.68
26+240	26+260	0.87	0.62	0.74
26+260	26+280	0.82	0.75	0.78
26+280	26+300	0.78	0.76	0.77
26+300	26+320	0.80	0.69	0.74
26+320	26+340	0.78	0.73	0.75
26+340	26+360	0.67	0.82	0.74
26+360	26+380	0.54	0.90	0.72
26+380	26+400	0.56	0.91	0.74
26+400	26+420	0.60	0.91	0.75
26+420	26+440	0.69	0.74	0.72
26+440	26+460	0.73	0.80	0.77
26+460	26+480	0.85	0.86	0.85
26+480	26+500	0.61	0.52	0.57
26+500	26+520	0.56	0.69	0.62
26+520	26+540	0.52	0.72	0.62
26+540	26+560	0.52	0.69	0.61
26+560	26+580	0.47	0.75	0.61
26+580	26+600	0.49	1.00	0.74
26+600	26+620	0.53	0.95	0.74
26+620	26+640	0.57	0.66	0.62
26+640	26+660	0.61	0.68	0.64
26+660	26+680	0.53	0.62	0.57
26+680	26+700	0.58	0.62	0.60
26+700	26+720	0.53	0.75	0.64
26+720	26+740	0.48	0.62	0.55
26+740	26+760	0.67	0.74	0.70

Cadenamiento inicial	Cadenamiento final	MAC Izquierda (mm)	MAC Derecha (mm)	MAC promedio
41+200	41+220	0.75	0.92	0.84
41+220	41+240	0.82	0.85	0.84
41+240	41+260	0.64	0.82	0.73
41+260	41+280	0.73	1.16	0.94
41+280	41+300	0.77	0.78	0.78
41+300	41+320	0.68	0.73	0.70
41+320	41+340	0.79	0.99	0.89
41+340	41+360	0.98	1.20	1.09
41+360	41+380	0.78	0.86	0.82
41+380	41+400	0.69	0.83	0.76
41+400	41+420	0.87	0.82	0.85
41+420	41+440	1.00	0.84	0.92
41+440	41+460	1.25	1.16	1.20
41+460	41+480	1.15	0.88	1.02
41+480	41+500	1.03	1.12	1.07
41+500	41+520	0.91	0.90	0.91
41+520	41+540	1.16	0.88	1.02
41+540	41+560	1.39	1.12	1.25
41+560	41+580	1.04	1.25	1.15
41+580	41+600	1.10	0.92	1.01
41+600	41+620	1.08	1.19	1.14
41+620	41+640	0.94	1.02	0.98
41+640	41+660	1.03	1.21	1.12
41+660	41+680	0.98	1.30	1.14
41+680	41+700	0.91	1.19	1.05
41+700	41+720	0.92	1.14	1.03
41+720	41+740	0.85	0.99	0.92
41+740	41+760	0.73	0.61	0.67
41+760	41+780	0.51	0.56	0.54
41+780	41+800	0.54	0.57	0.56
41+800	41+820	0.46	0.51	0.48
41+820	41+840	0.45	0.48	0.46
41+840	41+860	0.53	0.56	0.54
41+860	41+880	0.44	0.48	0.46
41+880	41+900	0.50	0.52	0.51
41+900	41+920	0.80	0.54	0.67
41+920	41+940	0.69	0.61	0.65
41+940	41+960	0.60	0.63	0.62
41+960	41+980	0.62	0.66	0.64
41+980	42+000	0.63	0.65	0.64

Datos de profundidad de roderas (PR) primer y último tramo:

Cadenamiento inicial	Cadenamiento final	PR izquierda (mm)	PR Derecha (mm)	PR promedio
26+000	26+020	3.3	8.0	5.7
26+020	26+040	5.7	8.8	7.3
26+040	26+060	3.7	6.6	5.2
26+060	26+080	3.9	1.8	2.9
26+080	26+100	6.0	1.6	3.8
26+100	26+120	4.3	3.6	4.0
26+120	26+140	3.6	4.4	4.0
26+140	26+160	4.0	4.8	4.4
26+160	26+180	4.0	2.8	3.4
26+180	26+200	6.5	0.6	3.6
26+200	26+220	4.6	2.4	3.5
26+220	26+240	3.0	6.8	4.9
26+240	26+260	3.2	4.5	3.9
26+260	26+280	3.0	3.3	3.2
26+280	26+300	2.6	3.8	3.2
26+300	26+320	4.0	5.8	4.9
26+320	26+340	4.5	7.3	5.9
26+340	26+360	4.2	4.5	4.4
26+360	26+380	3.4	5.2	4.3
26+380	26+400	1.9	6.1	4.0
26+400	26+420	2.8	4.6	3.7
26+420	26+440	3.8	5.5	4.7
26+440	26+460	6.3	3.6	5.0
26+460	26+480	4.4	3.1	3.8
26+480	26+500	5.8	5.3	5.6
26+500	26+520	7.8	5.1	6.5
26+520	26+540	5.2	4.3	4.8
26+540	26+560	2.8	3.1	3.0
26+560	26+580	6.5	8.5	7.5
26+580	26+600	1.7	13.5	7.6
26+600	26+620	0.4	31.3	15.9
26+620	26+640	1.6	10.6	6.1
26+640	26+660	1.7	11.8	6.8
26+660	26+680	1.4	8.8	5.1
26+680	26+700	1.9	6.8	4.4
26+700	26+720	9.9	4.5	7.2
26+720	26+740	3.1	2.1	2.6
26+740	26+760	3.4	4.2	3.8

Cadenamiento inicial	Cadenamiento final	PR izquierda (mm)	PR Derecha (mm)	PR promedio
41+200	41+220	2.7	3.7	3.2
41+220	41+240	4.7	3.7	4.2
41+240	41+260	2.7	4.6	3.7
41+260	41+280	3.6	4.7	4.2
41+280	41+300	3.6	3.9	3.8
41+300	41+320	3.3	3.9	3.6
41+320	41+340	4.5	5.3	4.9
41+340	41+360	4.6	4.9	4.8
41+360	41+380	5.6	4.1	4.9
41+380	41+400	2.3	3.5	2.9
41+400	41+420	3.0	3.8	3.4
41+420	41+440	3.4	3.9	3.7
41+440	41+460	4.4	5.4	4.9
41+460	41+480	3.1	4.9	4.0
41+480	41+500	3.3	5.8	4.6
41+500	41+520	3.2	3.9	3.6
41+520	41+540	4.2	5.0	4.6
41+540	41+560	4.3	6.1	5.2
41+560	41+580	3.0	6.0	4.5
41+580	41+600	2.8	6.7	4.8
41+600	41+620	3.4	6.4	4.9
41+620	41+640	2.9	6.2	4.6
41+640	41+660	3.7	6.7	5.2
41+660	41+680	4.1	5.3	4.7
41+680	41+700	2.1	5.0	3.6
41+700	41+720	2.0	6.6	4.3
41+720	41+740	2.0	6.1	4.1
41+740	41+760	2.2	5.3	3.8
41+760	41+780	1.9	4.7	3.3
41+780	41+800	1.5	4.4	3.0
41+800	41+820	2.0	4.2	3.1
41+820	41+840	2.0	4.4	3.2
41+840	41+860	2.6	5.1	3.9
41+860	41+880	3.5	4.1	3.8
41+880	41+900	3.0	4.8	3.9
41+900	41+920	3.3	4.3	3.8
41+920	41+940	2.9	4.3	3.6
41+940	41+960	3.1	6.9	5.0
41+960	41+980	3.0	4.3	3.7
41+980	42+000	3.5	5.1	4.3

Los resultados obtenidos por el deflectómetro ósea los valores de las deflexiones (DEF) fueron:

N°	Cadenamiento	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Tipo de superficie
		0	300	450	600	900	1200	1500	
1	26+100	13.531	9.852	8.166	6.733	4.682	3.340	2.390	Flexible
2	26+300	46.091	25.828	13.435	8.763	4.277	3.757	2.403	Flexible
3	26+500	17.243	11.352	8.216	5.923	3.402	2.319	1.679	Flexible
4	26+700	17.012	11.906	9.017	6.903	4.163	2.831	2.139	Flexible
5	26+900	9.049	8.315	7.784	7.278	6.203	5.173	4.066	Flexible
6	27+100	5.628	5.022	4.633	4.282	3.522	2.865	2.259	Flexible
7	27+300	10.333	9.567	9.095	8.663	7.753	6.797	5.559	Flexible
8	27+500	9.485	8.873	8.545	8.131	7.381	6.645	5.896	Flexible
9	27+700	11.121	10.533	9.986	9.498	8.403	7.073	5.871	Flexible
10	27+900	8.795	8.809	8.339	7.897	6.896	5.826	4.660	Flexible
11	28+100	12.059	12.387	12.434	12.200	11.142	9.871	8.352	Flexible
12	28+300	6.168	5.954	5.785	5.824	2.717	2.307	2.008	Flexible
13	28+500	8.653	8.443	8.325	8.240	7.892	6.790	5.688	Flexible
14	28+700	8.181	7.538	7.221	6.903	6.299	5.599	4.911	Flexible
15	28+900	7.058	6.672	6.493	6.261	5.857	5.472	4.874	Flexible
16	29+100	13.085	13.065	12.885	12.677	11.956	10.794	9.057	Flexible
17	29+300	10.049	9.867	9.605	9.357	8.691	7.816	6.674	Flexible
18	29+500	9.511	8.990	8.583	8.289	7.434	6.753	5.758	Flexible
19	29+700	8.006	7.733	7.433	7.147	6.447	5.661	4.696	Flexible
20	29+900	8.989	8.157	7.624	7.136	6.110	5.135	4.121	Flexible
21	30+100	7.000	6.672	6.495	6.371	5.761	5.198	4.378	Flexible
22	30+300	8.303	7.245	6.729	6.319	5.531	4.836	4.069	Flexible
23	30+500	8.322	7.925	7.690	7.488	7.020	6.401	5.750	Flexible
24	30+700	5.677	4.780	4.283	3.968	3.326	2.829	2.331	Flexible
25	30+900	9.560	8.339	7.462	6.551	4.724	3.253	2.303	Flexible
26	31+100	6.843	6.154	5.517	4.868	3.648	2.585	1.876	Flexible
27	31+300	7.848	7.713	7.135	6.724	5.876	5.062	4.267	Flexible
28	31+500	9.051	8.913	8.591	8.216	7.302	6.152	4.719	Flexible
29	31+700	10.810	10.915	10.718	10.441	9.702	8.714	7.580	Flexible
30	31+900	8.675	7.850	7.131	6.581	5.358	4.691	3.670	Flexible
31	32+100	4.505	4.195	4.091	3.994	3.561	3.264	2.747	Flexible
32	32+300	6.910	6.634	6.357	6.331	5.804	2.642	2.353	Flexible
33	32+500	10.919	9.237	8.286	7.482	5.808	4.280	2.713	Flexible
34	32+700	13.659	12.969	12.347	11.780	10.053	8.304	6.433	Flexible
35	32+900	11.063	11.002	10.402	10.423	9.648	8.651	7.397	Flexible
36	33+100	9.956	9.881	9.631	9.367	8.562	7.643	6.581	Flexible
37	33+300	9.453	8.807	8.133	7.720	6.347	5.133	3.907	Flexible
38	33+500	7.399	6.850	6.405	6.072	5.320	4.216	3.098	Flexible
39	33+700	8.338	7.119	6.490	5.960	4.868	3.901	3.066	Flexible
40	33+900	6.967	6.347	5.912	5.444	4.436	3.480	2.630	Flexible

N°	Cadenamiento	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Tipo de superficie
		0	300	450	600	900	1200	1500	
41	34+100	6.974	6.474	6.104	5.708	4.916	4.026	3.078	Flexible
42	34+300	11.100	10.490	9.919	9.296	7.776	6.184	4.737	Flexible
43	34+500	9.526	9.013	8.506	7.987	6.662	5.208	3.552	Flexible
44	34+700	6.349	5.898	5.530	5.221	4.235	3.410	2.707	Flexible
45	34+900	6.325	5.858	5.547	5.274	4.502	3.886	3.283	Flexible
46	35+100	6.882	6.457	6.090	5.690	4.833	3.994	3.084	Flexible
47	35+300	6.284	5.826	5.452	5.019	4.219	3.342	2.439	Flexible
48	35+500	8.847	8.201	7.666	7.244	6.103	5.192	4.123	Flexible
49	35+700	9.990	10.151	9.675	8.857	7.375	6.115	4.895	Flexible
50	35+900	8.627	7.768	7.164	6.574	5.334	4.166	3.018	Flexible
51	36+100	7.446	6.341	5.575	4.829	3.490	2.791	2.158	Flexible
52	36+300	7.947	6.444	5.623	4.947	4.119	3.550	3.060	Flexible
53	36+500	11.662	10.533	9.763	9.012	7.359	5.818	4.383	Flexible
54	36+700	7.425	7.064	6.794	6.588	6.196	5.868	5.765	Flexible
55	36+900	6.139	5.513	5.049	4.560	3.614	2.760	1.983	Flexible
56	37+100	9.985	9.402	8.947	8.626	7.388	6.123	4.959	Flexible
57	37+300	9.093	8.483	8.099	7.675	6.364	5.238	4.172	Flexible
58	37+500	9.290	8.583	8.034	7.576	6.516	5.521	4.507	Flexible
59	37+700	10.325	9.235	8.568	7.929	6.616	5.391	4.153	Flexible
60	37+900	9.791	9.111	8.587	8.278	7.229	6.267	5.218	Flexible
61	38+100	9.067	8.308	7.661	7.079	6.058	5.070	4.128	Flexible
62	38+300	7.495	7.156	6.935	6.674	5.996	5.364	4.667	Flexible
63	38+500	10.882	10.105	9.171	8.322	6.770	5.434	4.257	Flexible
64	38+700	12.107	11.130	10.402	9.675	8.172	6.670	5.228	Flexible
65	38+900	8.224	7.372	6.986	6.500	5.526	4.653	3.875	Flexible
66	39+100	7.118	6.516	6.051	5.633	4.697	3.801	2.911	Flexible
67	39+300	6.974	6.642	6.305	5.868	5.053	4.199	3.278	Flexible
68	39+500	6.330	5.752	5.431	5.096	4.492	3.933	3.356	Flexible
69	39+700	7.092	6.351	5.768	5.237	4.228	3.395	2.563	Flexible
70	39+900	6.623	6.444	6.034	5.511	4.526	3.692	2.825	Flexible
71	40+100	5.950	5.309	4.976	4.637	4.028	3.561	3.042	Flexible
72	40+300	7.666	7.000	6.573	6.185	5.240	4.438	3.526	Flexible
73	40+500	12.339	11.826	11.273	10.787	9.282	7.662	5.771	Flexible
74	40+700	10.520	9.754	9.183	8.552	7.188	5.750	4.219	Flexible
75	40+900	7.451	6.800	6.401	6.034	5.474	3.960	3.239	Flexible
76	41+100	8.267	7.808	7.447	7.118	6.219	5.450	4.472	Flexible
77	41+300	6.661	6.308	5.833	5.365	4.470	3.765	3.113	Flexible
78	41+500	9.324	8.958	8.667	8.301	7.495	6.546	5.536	Flexible
79	41+700	7.745	7.386	7.054	6.749	5.970	5.062	3.944	Flexible
80	42+000	3.882	3.317	2.958	2.652	2.034	1.575	1.183	Flexible

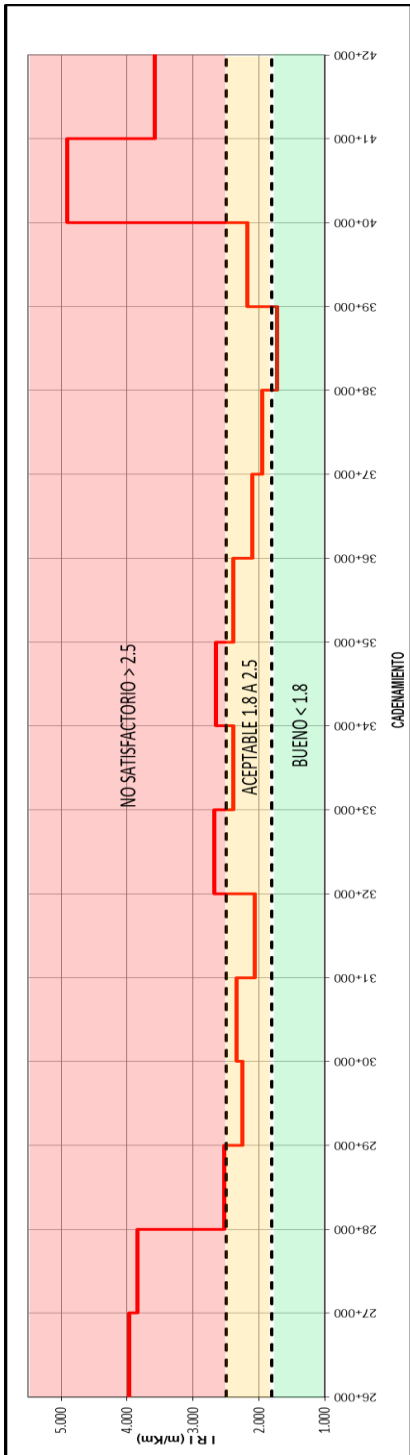
El análisis de los datos anteriores continúa obteniendo el promedio de los promedios de las rodadas derecha e izquierda del vehículo, así se tienen los índices promedio por kilómetro por carril del km 26+000 al km 42+00 del carril de baja cuerpo A carril ascendente. Datos mostrados en la tabla:

CADENAMIENTO		IRI	PR	MAC	DEF
del km al km	26+000	3.964	5.053	0.705	0.206
	27+000	3.964	5.053	0.705	0.206
del km al km	27+000	3.849	4.062	0.840	0.091
	28+000	3.849	4.062	0.840	0.091
del km al km	28+000	2.531	3.289	0.780	0.084
	29+000	2.531	3.289	0.780	0.084
del km al km	29+000	2.252	3.218	0.738	0.099
	30+000	2.252	3.218	0.738	0.099
del km al km	30+000	2.340	3.169	0.747	0.078
	31+000	2.340	3.169	0.747	0.078
del km al km	31+000	2.065	3.013	0.781	0.086
	32+000	2.065	3.013	0.781	0.086
del km al km	32+000	2.678	2.797	0.787	0.094
	33+000	2.678	2.797	0.787	0.094
del km al km	33+000	2.382	3.375	0.863	0.084
	34+000	2.382	3.375	0.863	0.084
del km al km	34+000	2.653	2.788	0.859	0.081
	35+000	2.653	2.788	0.859	0.081
del km al km	35+000	2.383	2.905	0.902	0.081
	36+000	2.383	2.905	0.902	0.081
del km al km	36+000	2.100	2.628	0.864	0.081
	37+000	2.100	2.628	0.864	0.081
del km al km	37+000	1.943	2.608	0.881	0.097
	38+000	1.943	2.608	0.881	0.097
del km al km	38+000	1.724	2.755	0.805	0.096
	39+000	1.724	2.755	0.805	0.096
del km al km	39+000	2.173	2.837	0.823	0.068
	40+000	2.173	2.837	0.823	0.068
del km al km	40+000	4.915	4.314	0.911	0.088
	41+000	4.915	4.314	0.911	0.088
del km al km	41+000	3.576	4.241	0.860	0.072
	42+000	3.576	4.241	0.860	0.072

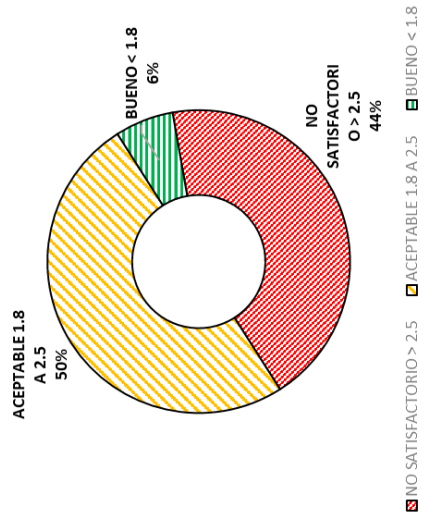
3.10 Análisis de los Estándares de Desempeño y Determinación de las Condiciones Actuales del Pavimento

Estos datos se grafican por kilómetro comparándolos con los estándares que exige la SCT. Los siguientes gráficos muestran los tramos buenos en color verde, los aceptables o regulares en amarillo y en rojo los rechazados. También se muestran en las mismas graficas los límites para cada una de las condiciones.

3.10.1 Índice de Regularidad Superficial



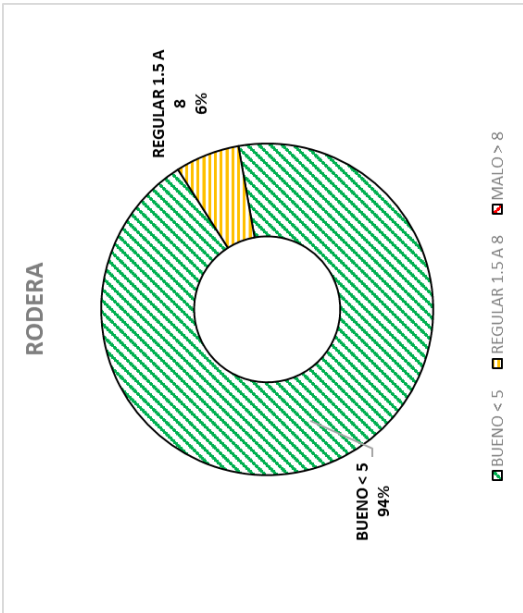
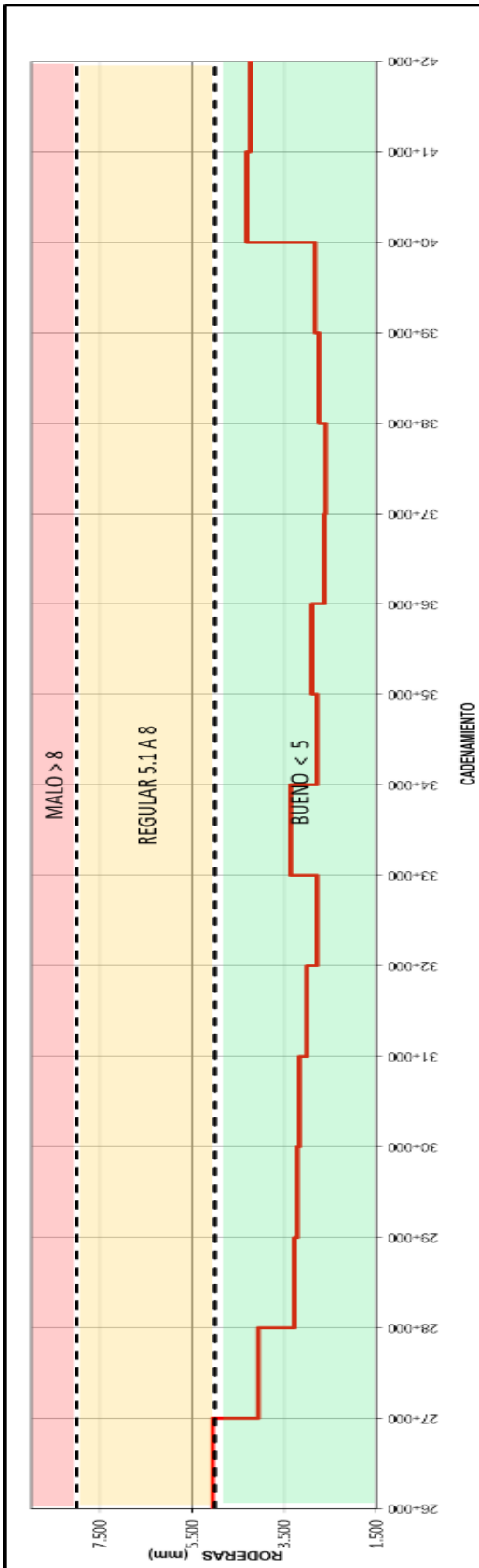
ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL



Índice de Regularidad Superficial

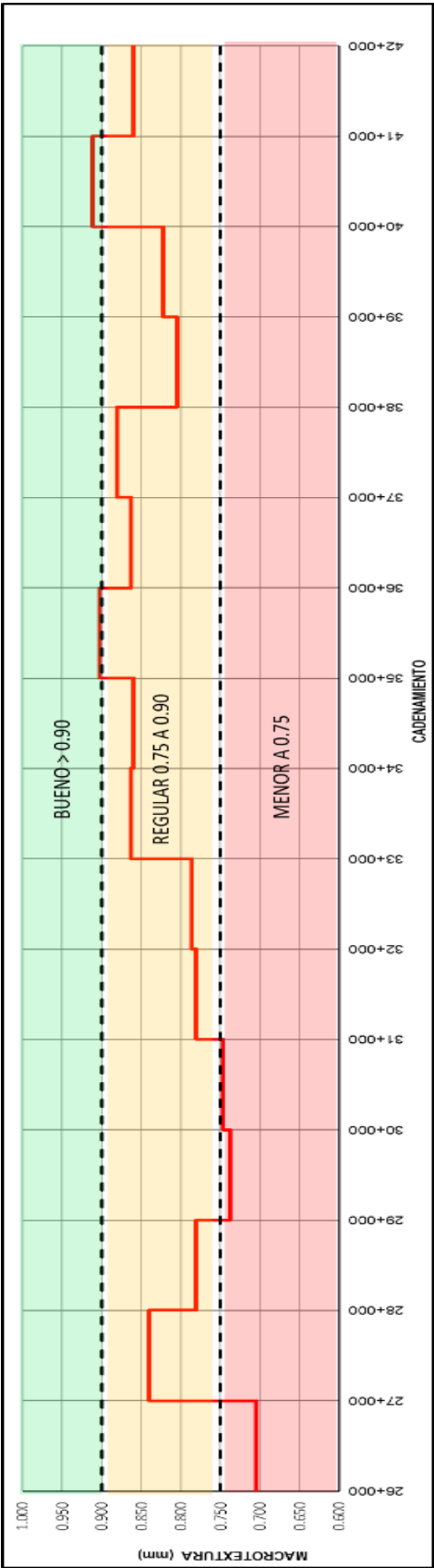
Para los 16 km analizados el 56% es bueno a aceptable y el 44 % es no satisfactorio. IRI promedio 2.7

3.10.2 Profundidad de Roderas (RD).

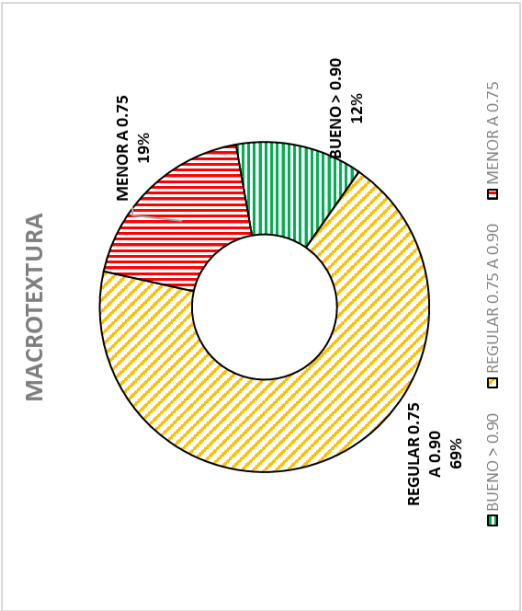


Profundidad de Roderas:
Para los 16 km analizados solo el primer kilómetro no cumple las especificaciones (6%)

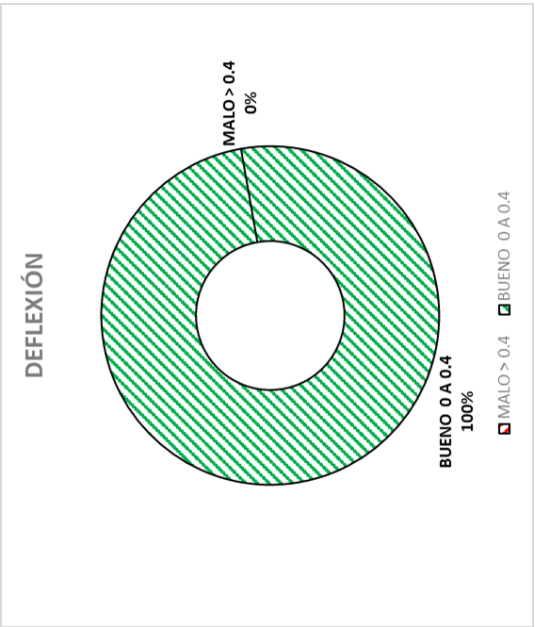
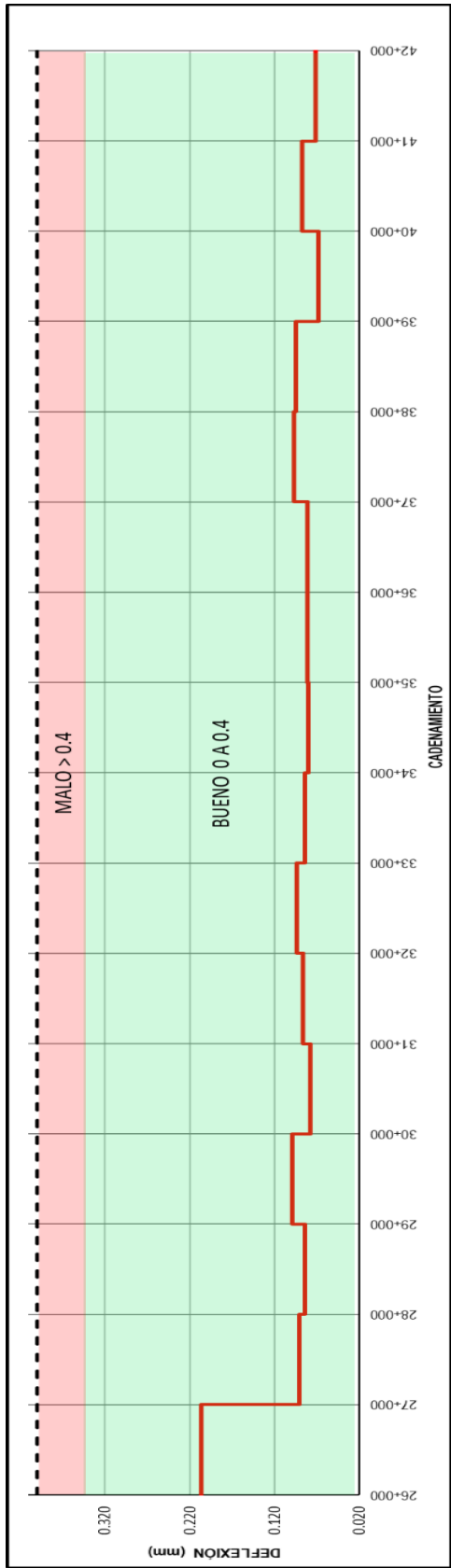
3.10.3 Macro-textura (MXT).



Macrotextura:
En la mayoría del tramo se presenta un estado de macrotextura regular



3.10.4 Deflexiones (d).



Deflexión:
El 100% (16 km) cumple con la normatividad de la SCT lo que indica que el pavimento no tiene fallas estructurales y su capacidad de soporte es adecuada.

3.10.5 Deterioros Superficiales (DS).

Estos deterioros fueron tomados por el vehículo inspector basados en el proceso de toma de deterioros superficiales de ASTM 6433 y se establecieron segmentos homogéneos según el estado superficial encontrado. De acuerdo a cada segmento homogéneo se obtuvo la extensión del daño superficial en porcentaje.

Cadenamiento		Tipo de deterioro		Intensidad	Longitud (m)	Ancho (m)	Total m ó m2.	Zona de revisión		Porcentaje %, Observación
								Ancho de Carril (m)	Longitud (m)	
26+000	26+500	Grietas longitudinales	[m]	Baja	105	-	105	3.5	500	21.00%
		Exudación en el pavimento	[m2]	Baja	240	2	480	3.5	500	27.43%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Media	350	2	700	3.5	500	40.00%
26+500	27+000	Agrietamiento de piel de cocodrilo	[m2]	Media	180	2	360	3.5	500	20.57%
		Grietas longitudinales	[m]	Media	310	-	310	3.5	500	62.00%
		Deterioros de baches o cortes reparados en el pavimento	[m2]	Baja	14	2.5	35	3.5	500	2.00%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Media	220	2	440	3.5	500	25.14%
27+000	27+500	Agrietamiento de piel de cocodrilo	[m2]	Baja	180	2	360	3.5	500	20.57%
		Grietas longitudinales	[m]	Baja	120	-	120	3.5	500	24.00%
		Grietas transversales	[m]	Baja	50	-	50	3.5	500	10.00%
		Deterioros de baches o cortes reparados en el pavimento	[m2]	Baja	75	2.5	187.5	3.5	500	10.71%
		Baches abiertos	[m2]	Baja	6	2	12	3.5	500	0.69%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Media	120	1.8	216	3.5	500	12.34%
27+500	28+500	Grietas longitudinales	[m]	Baja	540	-	540	3.5	1000	54.00%
		Grietas transversales	[m]	Baja	40	-	40	3.5	1000	4.00%
		Deterioros de baches o cortes reparados en el pavimento	[m2]	Baja	5	4	20	3.5	1000	0.57%
		Baches abiertos	[m2]	Baja	4	1.5	6	3.5	1000	0.17%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Media	90	2	180	3.5	1000	5.14%
28+500	30+000	Grietas longitudinales	[m]	Baja	480	-	480	3.5	1500	32.00%
		Grietas transversales	[m]	Baja	135	-	135	3.5	1500	9.00%
		reparados en el pavimento	[m2]	Baja	185	1.5	277.5	3.5	1500	5.29%
		Baches abiertos	[m2]	Baja	5	1.2	6	3.5	1500	0.11%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Media	1500	1	1500	3.5	1500	28.57%
30+000	32+500	Grietas longitudinales	[m]	Baja	1100	-	1100	3.5	2500	44.00%
		Baches abiertos	[m2]	Baja	6	1.5	9	3.5	2500	0.36%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Media	2300	0.8	1840	3.5	2500	21.03%
32+500	34+500	Grietas longitudinales	[m]	Baja	600	-	600	3.5	2000	30.00%
		Deterioros de baches o cortes reparados en el pavimento	[m2]	Media	75	1.8	135	3.5	2000	1.93%
		Baches abiertos	[m2]	Baja	12	1.3	15.6	3.5	2000	0.22%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Media	1500	1.2	1800	3.5	2000	25.71%
		Grietas longitudinales	[m]	Media	1800	-	1800	3.5	2000	90.00%
34+500	36+500	Deterioros de baches o cortes reparados en el pavimento	[m2]	Baja	25	1.2	30	3.5	2000	0.43%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Media	1450	2	2900	3.5	2000	41.43%
36+500	39+300	Grietas longitudinales	[m]	Baja	2500	-	2500	3.5	2800	89.29%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Baja	2800	0.8	2240	3.5	2800	22.86%
39+300	40+550	Deterioros de baches o cortes reparados en el pavimento	[m2]	Baja	20	1.2	24	3.5	1250	0.55%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Baja	1000	0.8	800	3.5	1250	18.29%
40+550	42+000	Grietas longitudinales	[m]	Media	1450	-	1450	3.5	1450	100.00%
		Deterioros de baches o cortes reparados en el pavimento	[m2]	Media	1100	2.6	2860	3.5	1450	56.35%
		Desgaste de la superficie	[m2]	Media	950	2.5	2375	3.5	1450	46.80%

Para ver que tan bien o mal se encuentra el estado superficial actual del pavimento se procede a calcular el Índice de Condición del Pavimento PCI por sus siglas en inglés *Pavement Condition Index*.

Con los porcentajes de deterioro por segmentos homogéneos ya podemos obtener los valores deducidos de las gráficas de porcentaje de deterioro vs valores deducidos de la norma D 6433 por cada tipo de deterioro y nivel de severidad. Donde L es bajo, M medio y H alto nivel de severidad.

Segmento	Deterioro	severidad	% de deterioro	Valor deducido DV
26+000 al 26+500	Exudación de Asfalto[m2]	L	27.43	7.48
	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	L	21	12.09
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	40	32.38
26+500 al 27+000	Grietas de Piel de Cocodrilo [m2]	M	20.57	55.76
	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	M	62	37.99
	Parches [m2]	L	2	4.18
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	25.14	27.27
27+000 al 27+500	Grietas de Piel de Cocodrilo [m2]	L	20.57	41.19
	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	L	34	15.82
	Parches [m2]	L	10.71	16.48
	Baches [bache -m2]	L	0.69	14.92
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	12.34	19.43
27+500 al 28+500	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	L	58	21.30
	Parches [m2]	L	0.57	0.74
	Baches [bache -m2]	L	0.17	4.10
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	5.14	13.96
28+500 al 30+000	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	L	41	17.56
	Parches [m2]	L	5.29	10.27
	Baches [bache -m2]	L	0.11	2.59
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	28.57	28.68
30+000 al 32+500	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	L	41	17.56
	Parches [m2]	L	5.29	10.27
	Baches [bache -m2]	L	0.11	2.59
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	28.57	28.68
32+500 al 34+500	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	L	30	14.75
	Parches [m2]	M	1.93	13.25
	Baches [bache -m2]	L	0.22	5.31
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	25.71	27.52
34+500 al 36+500	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	M	90	42.17
	Parches [m2]	L	0.43	0.35
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	42.43	33.03
36+500 al 39+300	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	L	89.29	27.09
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	L	22.86	8.38
39+300 al 40+550	Parches [m2]	L	0.55	0.68
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	L	18.29	7.31
40+550 al 42+000	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	M	100	43.35
	Parches [m2]	M	56.35	56.90
	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	M	46.8	34.11

3.11 Cálculo del PCI

Con los valores deducidos DV se calcula el PCI de los segmentos homogéneos anteriores.

26+000-26+500				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV					Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		32.38	Máx. CDV	34.1	PCI	65.9	REGULAR
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Exudación de Asfalto[m2]						Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	32.38362943	12.09017403	7.4804141						51.95	3	32.5
2.00	32.38362943	12.09017403	2						46.47	2.00	34.1
3.00	32.38362943	2							34.38	1.00	33.7
4.00											
5.00											

26+000-26+500				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV					Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		55.76	Máx. CDV	75.1	PCI	24.9	GRAVEMENTE DAÑADO
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Grietas de Piel de Cocodrilo [m2]	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Parches [m2]					Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	55.76065865	37.99184932	27.26898022	4.1752					125.20	4	70.3
2.00	55.76065865	37.99184932	27.26898022	2					123.02	3.00	75.1
3.00	55.76065865	37.99184932	2						95.75	2.00	67.8
4.00	55.76065865	2							57.76	1.00	56.6
5.00											

27+000-27+500				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV					Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		41.19	Máx. CDV	55.8	PCI	44.1909282	POBRE
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Grietas de Piel de Cocodrilo [m2]	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Parches [m2]	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Baches [bache -m2]				Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	41.19452079	19.4319732	16.47739961	15.8159321	14.92496475				107.84	5	55.8
2.00	41.19452079	19.4319732	16.47739961	15.8159321	2				94.92	4.00	54.0
3.00	41.19452079	19.4319732	16.47739961	2					79.10	3.00	50.6
4.00	41.19452079	19.4319732	2						62.63	2.00	46.0
5.00	41.19452079	2							43.19	1.00	42.3

27+500-28+500				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV				8.227430312	Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		21.30131438	Máx. CDV	26.9	PCI	73.1387912	SATISFACTORIO
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Baches [bache -m2]		Parches [m2]				Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	21.30131438	13.9634708	4.09812275	0.73508301					40.10	4	19.1
2.00	21.30131438	13.9634708	4.09812275	2					41.36	3.00	24.7
3.00	21.30131438	13.9634708	2						37.26	2.00	26.9
4.00	21.30131438	2							23.30	1.00	22.8
5.00											

28+500 -30+000				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV				7.55002459	Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		28.67751002	Máx. CDV	37.1	PCI	62.9	REGULAR
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Parches [m2]	Baches [bache -m2]					Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	28.67751002	17.55586755	10.26820762	2.58952475					59.09	4	32.0
2.00	28.67751002	17.55586755	10.26820762	2					58.50	3.00	37.1
3.00	28.67751002	17.55586755	2						48.23	2.00	35.5
4.00	28.67751002	2							30.68	1.00	30.1
5.00											

30+000-32+500				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV				7.55002459	Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		28.67751002	Máx. CDV	37.1	PCI	62.9	REGULAR
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Parches [m2]	Baches [bache -m2]					Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	28.67751002	17.55586755	10.26820762	2.58952475					59.09	4	32.0
2.00	28.67751002	17.55586755	10.26820762	2					58.50	3.00	37.1
3.00	28.67751002	17.55586755	2						48.23	2.00	35.5
4.00	28.67751002	2							30.68	1.00	30.1
5.00											

32+500-34+500				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV				7.65670401	Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		27.51588967	Máx. CDV	35.0	PCI	65.0	REGULAR
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Parches [m2]	Baches [bache -m2]					Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	27.51588967	14.7499448	13.24626392	5.314299					60.83	4	33.2
2.00	27.51588967	14.7499448	13.24626392						55.51	3.00	35.0
3.00	27.51588967	14.7499448							42.27	2.00	30.9
4.00	27.51588967								27.52	1.00	27.0
5.00											

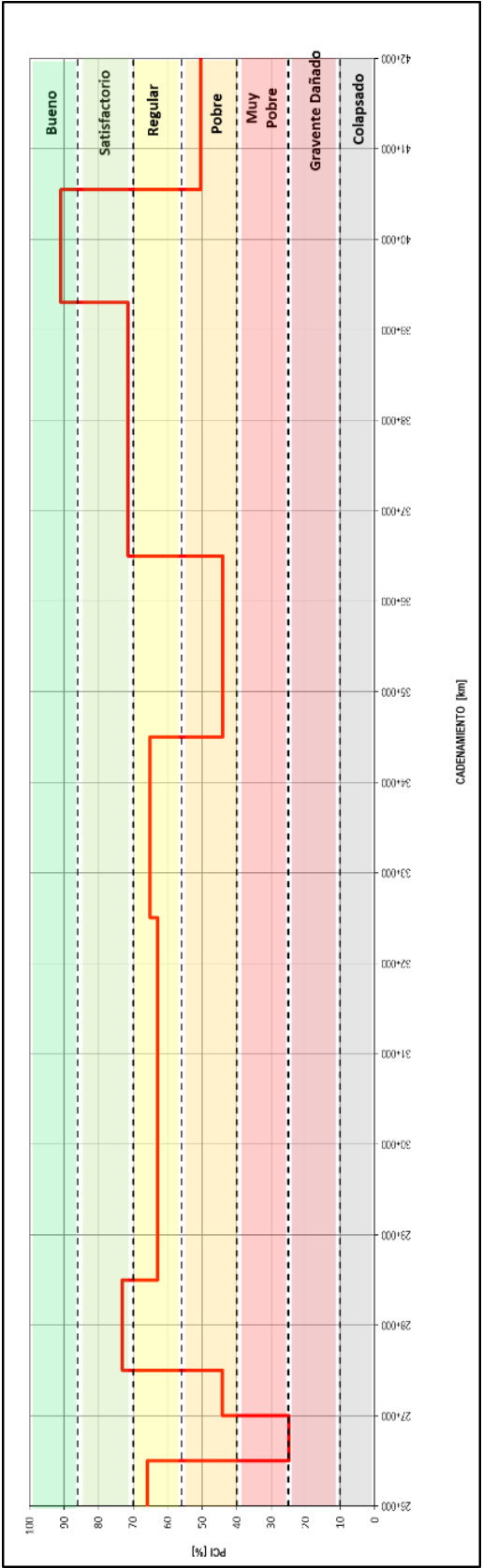
34+500-36+500				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV				6.310994905	Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		42.16916659	Máx. CDV	56.0	PCI	44.0232908	POBRE
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Parches [m2]						Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	42.16916659	33.03313437	0.35284101						75.56	3	48.4
2.00	42.16916659	33.03313437	2						77.20	2.00	56.0
3.00	42.16916659	2							44.17	1.00	43.3
4.00											
5.00											

36+500-39+300				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV				7.695479099	Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		27.09367203	Máx. CDV	28.5	PCI	71.4781546	SATISFACTORIO
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Peladuras y Desmoronamientos [m2]							Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	27.09367203	8.378528045							35.47	2	25.5
2.00	27.09367203	2							29.09	1.00	28.5
3.00											
4.00											
5.00											

39+300-40+550				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV				9.512417176	Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		7.309235199	Máx. CDV	9.1	PCI	90.9	EXCELENTE
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Peladuras y Desmoronamientos [m2]	Parches [m2]							Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	7.309235199	0.67957725							7.99	2	4.0
2.00	7.309235199	2							9.31	1.00	9.1
3.00											
4.00											
5.00											

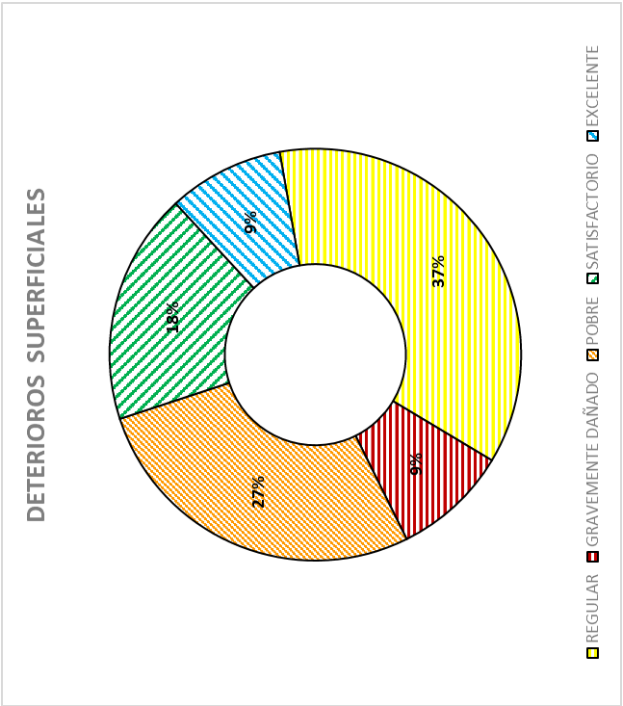
40+550-42+000				Máxima cantidad de valores deducidos<=10 es la parte entera y la parte fraccionaria se multiplica por el siguiente DV				4.958163265	Calificación		Estado
				Valor Máximo Deducido (HDV)		56.9	Máx. CDV	49.6	PCI	50.3997654	POBRE
Cantidades de Valor Deducido (DV)	Parches [m2]	Agrietamiento Longitudinal y Transversal [m]	Peladuras y Desmoronamientos [m2]						Total	q	Valor deducido Corregido (CDV)
Iteración / DV	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00			
1.00	56.9	43.35015261	34.11271171						77.46	3	49.6
2.00	56.9	43.35015261	2						45.35	2.00	33.3
3.00	56.9	2							2.00	1.00	2.0
4.00											
5.00											

3.11.1 Resumen de Deterioros Superficiales



Deterioros Superficiales:

La grafica muestra el PCI por tramos homogéneo, sin embargo, el cálculo del PCI de todo el tramo, que es el PCI ponderado con respecto a las áreas afectadas es de 62.31, el tramo de 16 km es REGULAR



4 Conclusiones

Para la evaluación del tramo carretero San Luis Potosí Matehuala, realizada con equipos modernos denominados como equipos de alto rendimiento, se encontraron los siguientes, daños mayormente grietas longitudinales provocadas por los asentamientos inducidos del tránsito y contracción de los materiales. Peladuras y desmoronamientos debidas al envejecimiento del pavimento y falta de espesor en la carpeta. Agrietamiento de cocodrilo debido a las cargas repetidas de tránsito, fatiga y envejecimiento. Se encontraron en menor medida baches y parches reparados provocados por el paso repetido de tránsito, tomando en cuenta los daños mencionados se obtuvo en PCI que clasifico al tramo como regular

El análisis del IRI indica, una superficie mayoritariamente regular donde solo 4 kilómetros de los 7 kilómetros no aceptables están muy lejos de ser regulares, por lo tanto, a estos tramos se les recomienda un refuerzo, en cuanto a las roderas se obtuvieron muy buenos resultados ya que en la totalidad del tramo se encuentran con profundidades muy bajas que, no son consideradas ni como deterioros de baja severidad. La macro textura se encuentra en un estado de bueno a regular con solo 3 kilómetros de mala calidad de los cuales solo 1 está muy lejos de los estándares establecidos.

En cuanto a las deflexiones obtenidas donde se obtuvieron buenos resultados al estar relacionadas con la capacidad estructural del pavimento se puede asumir que las reparaciones que requiere el camino actual son meramente superficiales. Con un IRI promedio de 2.7 se obtuvo un ISA de 3.07 lo cual indica que se tiene un estado de pavimento bueno, se requerirá de un mantenimiento rutinario y una conservación periódica. Estos trabajos involucran sellado de grietas, bacheo superficial y profundo, para la conservación periódica se requiere de micro-carpetas, riegos de sello, fresados recorte de carpetas asfálticas los cuales son tratamientos superficiales.

5 Bibliografía

1. Diagnóstico de las características superficiales de los pavimentos, Publicación técnica N° 111, IMT, SCT, 1998.
2. Modelo De Contrato Plurianual De Prestación De Servicios Para La Conservación Del Tramo Carretero San Luis Potosí - Matehuala En Términos De La Ley De Asociaciones Público Privadas/Anexo 3. /**Alcance de los trabajos.**
3. Modelo De Contrato Plurianual De Prestación De Servicios para La **Conservación Del Tramo Carretero San Luis Potosí - Matehuala** En Términos De La ley De Asociaciones Público Privadas.
4. Secretaria de Comunicaciones y transportes e instituto mexicano del transporte ISSN 0188-7114, **Primera Fase Sistema Mexicano Para La administración De Los pavimentos**; Alfonso Rico Rodríguez, Juan Manuel Orozco y Orozco, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Alfredo Pérez García.
5. Modelo De Contrato Plurianual De Prestación De Servicios para La Conservación Del Tramo carretero San Luis Potosí - Matehuala En Términos De La ley De Asociaciones Público Privadas-Anexo 4- **Estándares de Desempeño.**
6. MMP-4-07-002/06, Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales, Materiales para Pavimentos, Superficie de Rodadura, **Índice de Perfil.**
7. MMP-4-07-003, Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales, Materiales para Pavimentos, Superficie de Rodadura, Determinación del Perfil Longitudinal con Equipo de **Escáner Transversal.**
8. MMP-4-07-004, Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales, Materiales para Pavimentos, Superficie de Rodadura, Determinación del Perfil Longitudinal con **Perfilómetro Inercial.**
9. MMP-4-07-005, Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales, Materiales para Pavimentos, Superficie de Rodadura, Determinación del Perfil Longitudinal con **Equipo de Tipo Respuesta.**
10. MMP-4-07-007, Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales, Materiales para Pavimentos, Superficie de Rodadura, **Determinación de la Macrotextura con Equipo Escáner.**
11. MMP-4-07-008, Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales, Materiales para Pavimentos, Superficie de Rodadura, **Determinación de la profundidad media de Macrotextura con Perfilógrafo Laser.**

12. N-CSV-CAR-1-03-001/16 **Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI).**
13. N-CSV-CAR-1-03-006/16 **Determinación de la Macrotextura (MAC).**
14. N-CSV-CAR-1-03-007/16 **Determinación del coeficiente de fricción.**
15. N-CSV-CAR-1-03-010/16 **Determinación de las deflexiones en un pavimento.**
16. ASTM D 6433 **Cálculo del Índice de Condición del Pavimento**

Fuentes de Consulta web

1. <https://www.gob.mx/shcp/acciones-y-programas/rehabilitacion-y-conservacion-del-tramo-carretero-san-luis-potosi-matehuala-en-san-luis-potosi>
2. http://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/451-mantenimiento-y-conservacion-del-tramo-carretero-san-luis-potosi-matehuala/
3. <http://www.proyectosmexico.gob.mx/como-invertir-en-mexico/ciclo-inversion/ciclos-carreteras/#tab-id-1>