



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

**“PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA
DE LA SECCIÓN DEL PASO LATERAL DE AMBATO
COMPRENDIDA ENTRE HUACHI GRANDE Y EL REDONDEL
DEL TERREMOTO”**

GABELA BERRONES DIEGO HERNÁN

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

QUITO, 2013

Agradecimientos

Agradezco a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de forma especial a la Facultad de Ingeniería, y a los ingenieros quienes forman parte del personal docente.

Agradezco de manera especial al Ingeniero Gustavo Yánez director de disertación y a los Ingenieros Pablo Torres y Patricio Castro lectores de disertación por su apoyo que hicieron posible esta obra.

Dedicatoria

A mis padres y mis hermanos, quienes fueron mi apoyo constante y a quienes dedico todos mis triunfos.

A mis compañeros y amigos, de forma especial a Iván Pilicita y Sebastián Segovia.

Resumen.

Esta obra de disertación consiste en la investigación de los diferentes tipos de fallas que se presentan en los pavimentos asfálticos del Ecuador, para lo cual se ha basado en diferentes manuales de deterioros calificados como se podrá observar en el Capítulo No. 2. **“TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS”**.

En el Capítulo No. 3. **“EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DE LAS CARPETAS ASFÁLTICAS”** se muestra tres tipos de evaluaciones las cuales son. El PCI que nos permite realizar una evaluación a través de un inventario visual de fallas, densidad y nivel de severidad que afectan a un pavimento. El IRI que nos permite medir las irregularidades a lo largo de un perfil longitudinal de un pavimento. Y por último el PSI que nos indica la calidad de un pavimento desde el punto de vista subjetivo de los usuarios o sea una medida de la sensación que perciben las personas al transitar por una vía (seguridad, comodidad y confianza).

En el Capítulo No. 4. **“MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS”** se estudia las actividades de mantenimiento a las cuales se puede recurrir para corregir las fallas o deterioros de un pavimento asfáltico, prestándose mayor atención al “Mantenimiento Preventivo”.

Finalmente en el Capítulo No. 5. **“EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL TRAMO DEL PASO LATERAL DE AMBATO COMPRENDIDO ENTRE HUACHI GRANDE Y EL REDONDEL DEL TERREMOTO”** se realiza la evaluación del pavimento de una sección del Paso Lateral de Ambato, además se definen las actividades de mantenimiento y el presupuesto para dicho fin.

Índice.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	1
• JUSTIFICACIÓN.....	2
• ANTECEDENTES.....	3
• ALCANCE.....	4
• OBJETIVOS.....	4
• METODOLOGÍA.....	5
CAPÍTULO 2: TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	6
FALLAS O DETERIOROS EN UN PAVIMENTO:.....	7
2.1. FISURAS O AGRIETAMIENTO.....	8
2.1.1. FISURAS LONGITUDINALES.....	9
2.1.2. FISURAS TRANSVERSALES.....	11
2.1.3. FISURAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS DE LOSAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS. ...	13
2.1.4. FISURAS EN BLOQUE.....	15
2.1.5. PIEL DE COCODRILO.....	18
2.1.6. FISURAS DE BORDE.....	21
2.1.7. FISURAS PARABÓLICAS (AGRIETAMIENTO POR RESBALAMIENTO DE CAPAS).....	23
2.1.8. FISURAS INSIPIENTES.....	25
2.2. DEFORMACIONES.....	27
2.2.1. CORRUGACIÓN.....	27
2.2.2. DESPLAZAMIENTOS.....	29
2.2.3. DESNIVELES LOCALIZADOS.....	31
2.2.4. HINCHAMIENTO.....	33
2.2.5. DEPRESIONES.....	35
2.2.6. AHUELLAMIENTO.....	37
2.3. PÉRDIDA DE LA CAPA DE RODADURA.....	39
2.3.1. BACHES.....	40
2.3.2. PARCHE.....	42
2.4. DAÑOS SUPERFICIALES.....	45

2.4.1.	DESGASTE SUPERFICIAL.....	45
2.4.2.	PÉRDIDA DE AGREGADO.....	48
2.4.3.	AGREGADOS PULIDOS.....	50
2.4.4.	CABEZAS DURAS.....	52
2.4.5.	EXUDACIÓN.....	54
2.5.	OTROS DAÑOS.....	56
2.5.1.	DESNIVEL CARRIL – ESPALDÓN.....	58
2.5.2.	AFLORAMIENTO DE AGUA.....	60
2.5.3.	FISURAS POR MOVIMIENTO DE LA BANCA DEBIDO A INESTABILIDAD DE TALUDES.....	62
2.5.4.	CRUCE DE VÍA FÉRREA.....	64
2.5.5.	REJILLAS, SUMIDEROS, TAPAS DE POZOS DE REVISIÓN.....	66
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DE LAS CARPETAS ASFÁLTICAS. ...		70
3.1.	P.C.I. (PAVEMENT CONDITION INDEX “ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO”).....	71
3.1.1.	Procedimiento para la determinación de las muestras a ser inspeccionadas.....	74
3.1.2.	Recopilación de datos.....	79
3.1.3.	Procedimiento para el cálculo del PCI de una muestra seleccionada.....	81
3.1.4.	Aspectos que deben ser tomados en cuenta para la recopilación de datos.....	83
3.2.	I.R.I. (INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX “ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL”).....	85
3.2.1.	Regularidad de la superficie de un pavimento.....	85
3.2.2.	DESARROLLO DEL I.R.I.....	86
3.2.3.	Cálculo del IRI.....	89
3.2.4.	Aspectos a considerar en el cálculo del IRI.....	93
3.2.5.	Importancia del cálculo del IRI inicial de un pavimento como control de calidad de construcción y como comportamiento de la estructura a largo plazo.....	97
3.3.	PSI (PRESENT SERVICEABILITY INDEX “ÍNDICE DE SERVICIO ACTUAL DEL PAVIMENTO”).....	99
3.3.1.	Relación PSR – IRI.....	101
CAPÍTULO 4: MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....		103
4.1.	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE CARPETAS ASFÁLTICAS.....	105

4.1.1.	TRATAMIENTO DE FISURAS.....	105
4.1.2.	TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.	108
4.1.3.	REPARACIÓN DE BACHES, PARCHES EN MALA CONDICIÓN.	112
4.2.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PAVIMENTOS.	115
4.2.1.	COSTO – EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PAVIMENTOS..	116
4.2.2.	¿CÓMO APLICAR LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO? ..	119
4.3.	MANTENIMIENTO RUTINARIO.	120
4.4.	MANTENIMIENTO PERIÓDICO.	123
4.5.	MEJORAMIENTOS.	123
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL TRAMO DEL PASO LATERAL DE AMBATO COMPRENDIDO ENTRE HUACHI GRANDE Y EL REDONDEL DEL TERREMOTO.		
5.1.	Antecedentes.	125
5.1.1.	Característica de la vía.	126
5.1.2.	Estructura del pavimento.....	126
5.1.3.	Demanda de utilización de la estructura.	127
5.2.	Cálculo del PCI del tramo del Paso Lateral de Ambato comprendido entre el Redondel del Terremoto y Huachi Grande.	129
5.2.1.	CÁLCULO DEL PCI PARA EL TRAMO REDONDEL DEL TERREMOTO – HUACHI GRANDE.....	130
	PCI de las muestras analizadas.	134
5.2.2.	CÁLCULO DEL PCI PARA EL TRAMO HUACHI GRANDE - REDONDEL DEL TERREMOTO.....	138
	PCI de las muestras analizadas.	141
5.3.	Cálculo del valor del IRI del tramo del Paso Lateral de Ambato comprendido entre el Redondel del Terremoto y Huachi Grande.	144
5.3.1.	Cálculo del IRI tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande.....	145
5.3.2.	Cálculo del IRI tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto.	159
5.3.	PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA.	171
	PRESUPUESTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.	174
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		
6.1.	CONCLUSIONES.....	180
6.2.	RECOMENDACIONES.....	188

7.0. BIBLIOGRAFÍA.....	189
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.

1.0. GENERALIDADES.

TEMA: “PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA SECCIÓN DEL PASO LATERAL DE AMBATO COMPRENDIDA ENTRE HUACHI GRANDE Y EL REDONDEL DEL TERREMOTO”.

- **DATOS DE LA INSTITUCIÓN.**

Facultad de Ingeniería.

Área de asfaltos y pavimentos.

- **JUSTIFICACIÓN.**

Las vías de comunicación con una capa de rodadura compuesta por material bituminoso por sus años de servicio, falta de mantenimiento, severidad del clima y fenómenos naturales como: erupciones volcánicas, movimientos sísmicos, deslizamiento de taludes, etc., sufren daños como fisuras, baches, depresiones, pérdida de agregados, etc.

El tema escogido para elaborar la presente tesis, es un aporte a las soluciones de mantenimiento de pavimentos asfálticos, debido esencialmente a que en el Ecuador esta tecnología es la más utilizada para la construcción desde carreteras de gran flujo vehicular hasta vías urbanas con flujo vehicular casi escaso.

En el capítulo 4 “MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS” se observará que se presta mayor atención al tema de mantenimiento preventivo, con el fin de promover la cultura de la prevención, pues está comprobado que es mejor

prevenir que se generen fallas en un pavimento que repararlas, no solo desde el punto de vista económico sino también desde el estratégico.

- **ANTECEDENTES.**

En los últimos años en el Ecuador se ha tenido un crecimiento significativo en lo que se refiere a infraestructura, sobre todo, en infraestructura vial, razón por la cual se hace necesario contar con estrategias para poder conservar las vías de comunicación y mantenerlas operativas en óptimas condiciones de funcionalidad, ya que la inversión que representa la construcción de una carretera es muy alta y se espera que la misma cumpla con su periodo de vida útil para la cual fue diseñada.

El paso lateral se encuentra en la provincia de Tungurahua en el cantón Ambato, esta avenida es una solución para los problemas de tráfico y movilidad en la zona y es muy importante desde el punto de vista estratégico pues es muy útil para la reducción de tiempos de viaje de los usuarios que necesitan cruzar dicha ciudad para trasladarse a otras como son Latacunga, Quito, Riobamba, Guaranda, Baños, entre otras, ya que consiste en una ruta descongestionada y directa. Por estas razones es muy importante y conveniente que esta vía presente las mejores características para ofrecer los niveles óptimos de seguridad comodidad y confianza.

El tramo considerado para realizar el estudio tiene una longitud de 4200 metros, cuyo inicio es Huachi Grande (Este =762959.00; Norte = 9855645.00) y su final es el Redondel Del Terremoto (Este = 766443.00; Norte = 9857337.00).

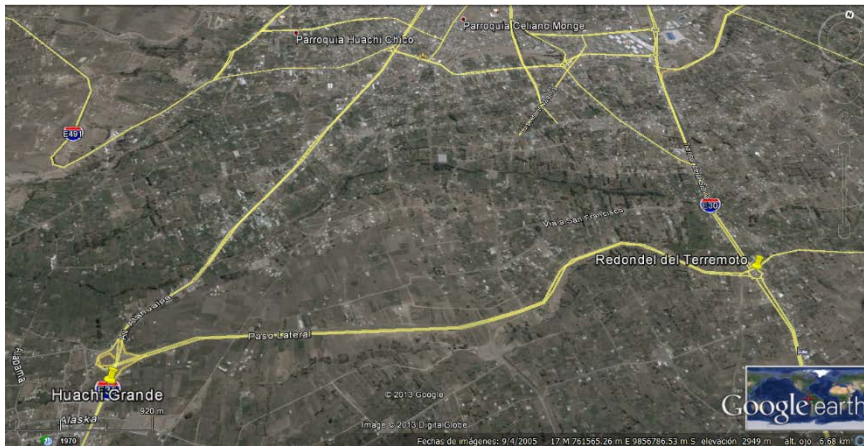


Foto No. 1.1. Ubicación del tramo Huachi Grande – Redondel del Terremoto.

- **ALCANCE.**

Realizar la evaluación funcional mediante el sistema Paver del tramo del paso lateral de Ambato comprendido entre Huachi Grande y el Redondel Del Terremoto.

Determinar el IRI (Índice de Rugosidad Internacional) del tramo del paso lateral de Ambato comprendido entre Huachi Grande y el Redondel Del Terremoto.

Realizar un plan de mantenimiento de la carpeta asfáltica de la sección del paso lateral de Ambato comprendido entre Huachi Grande y el Redondel Del Terremoto.

- **OBJETIVOS.**

OBJETIVO GENERAL.

Definir las actividades de mantenimiento de la carpeta asfáltica del tramo del paso lateral de Ambato, comprendida entre Huachi Grande y el Redondel Del Terremoto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a. Realizar la evaluación funcional del tramo del paso lateral de Ambato comprendida entre Huachi Grande y el Redondel Del Terremoto.
- b. Determinar los tipos de fallas en la carpeta asfáltica presentes en el tramo de vía considerada.
- c. Identificar las causas por las cuales el pavimento de la sección de vía analizada presenta los diferentes tipos de fallas.
- d. Describir las soluciones y las actividades para corregir dichas fallas.

• **METODOLOGÍA.**

Para el desarrollo de la tesis se basará en el manual de especificaciones del Ministerio de Obras Públicas.

Para el desarrollo de las actividades se basará en el manual de mantenimiento vial del Ministerio de Obras Públicas.

Investigación bibliográfica de diferentes manuales de mantenimiento vial tanto nacionales como internacionales.

Estudio de campo del tramo de vía seleccionado para el análisis.

La evaluación funcional se realizará mediante el sistema Paver.

**CAPÍTULO 2: TIPOS DE
FALLAS EN PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS.**

2.0. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS

ASFÁLTICOS.

FALLAS O DETERIOROS EN UN PAVIMENTO:

Los deterioros son aquellas modificaciones del pavimento respecto de su estado original que se han desarrollado por el desgaste normal, deficiencias de los materiales que lo conforman o lo soportan, factores como: aire, agua, luz ultravioleta, casos fortuitos como: fallas de sistemas de alcantarillado y abastecimiento de agua potable, erupciones volcánicas, entre otros, que disminuyen los niveles de seguridad, comodidad y confianza de los pavimentos, obligando de cierta manera a disminuir la velocidad de los vehículos que transitan, ya sea por seguridad, comodidad o ambos. En casos extremos de deterioro la circulación vehicular puede verse interrumpida.

Los pavimentos asfálticos pueden presentar los siguientes tipos de fallas que han sido clasificados y agrupados en cinco categorías de acuerdo a su similitud.

1. Fisuras o agrietamiento.
2. Deformación de la superficie.
3. Pérdida de la capa de rodadura.
4. Daños superficiales.
5. Otros daños.

En cada una de las categorías existen diferentes tipos de deterioros con sus grados de severidad, los cuales se producen por distintas razones. A continuación se describe las fallas más comunes que se presentan en la capa de rodadura de los pavimentos asfálticos en nuestro medio caracterizándola con:

- Descripción de la falla.
- Causas que generan los deterioros.
- Grado de severidad tomando en cuenta que ésta es relativa.
- Evolución probable de la falla.
- Actividades de mantenimiento con las cuales se podría corregir el deterioro.
- Aspecto visual mediante fotografías de fallas que se presenten en los pavimentos asfálticos del Ecuador.

2.1. FISURAS O AGRIETAMIENTO.

Las fisuras o agrietamiento es la falla característica de los pavimentos asfálticos.

Este tipo de falla o deterioro se manifiesta en la capa de rodadura de un pavimento asfáltico a través de grietas en su superficie, a partir de las cuales puede evolucionar en problemas mucho más graves si no es corregida oportunamente como por ejemplo en baches, que constituye la desintegración de una parte de la carpeta asfáltica.

Las actividades de mantenimiento destinadas a la corrección de este tipo de falla deben ser programadas oportunamente tomando en cuenta las estaciones climáticas en el Ecuador y las zonas más vulnerables a ellas. Por ejemplo el invierno con sus

épocas lluviosas en ciertos lugares es muy agresivo y el agua es el factor más destructivo para una vía cuando presenta fisuras llegando a comprometer las capas subyacentes.

2.1.1. FISURAS LONGITUDINALES.

Descripción:

- Las fisuras longitudinales se manifiestan a través de grietas a lo largo de la carpeta asfáltica paralelas al eje de la vía.
- La aparición de este tipo de falla es un indicio de que en algunas de las capas de la estructura del pavimento se han producido esfuerzos de tensión que han superado la resistencia de los materiales.

Causas:

- Rigidización de la mezcla asfáltica ya sea por envejecimiento o por la utilización de asfaltos no adecuados para la zona donde se ha construido la estructura.
- Gradiente térmico alto (supera los 30 °C) que genera ciclos diarios de esfuerzo-deformación.
- Reflexión de grietas de las capas subyacentes incluido grietas en losas de hormigón *pero son descartadas las fisuras provocadas por las juntas de las losas de pavimentos rígidos.*
- Fatiga de la estructura (Se presentan en la huella del tránsito).

- Juntas de construcción longitudinales inadecuadamente trabajadas (aparecen en las ampliaciones del pavimento).

Severidad:

- Baja: fisuras abiertas cuyo ancho es menor que 10 mm.
- Media: fisuras abiertas cuyo ancho es mayor o igual a 10 mm y menor a 75mm, puede presentarse como fisuras con patrones irregulares y desportillamientos leves.
- Alta: fisuras abiertas cuyo ancho es mayor que 75 mm, presenta patrones irregulares, desportillamiento considerable. Los carros pueden moverse bruscamente cuando se pasa por encima de las fisuras.

Evolución probable.

- Piel de cocodrilo.
- Desintegración alrededor de la fisura.
- Baches.
- Asentamiento.
- Fisuras en bloque.

Actividades de mantenimiento.

- Severidad baja: no requiere mantenimiento.
- Severidad media: sellado de fisuras.
- Severidad alta: sellado de fisuras, bacheo menor.



Foto No. 2.1. Calle Azuay, Riobamba.

[24], [3]

2.1.2. FISURAS TRANSVERSALES.

Descripción:

- Las fisuras transversales son grietas que se extienden a lo ancho del pavimento, con un ángulo aproximadamente recto respecto del eje de la vía.
- Este tipo de fisuras usualmente no está ligado a la aplicación de cargas sobre la estructura.

Causas:

- Rigidización de la mezcla asfáltica ya sea por envejecimiento o por la utilización de asfaltos no adecuados para la zona donde se ha construido la estructura.
- Gradiente térmico alto (supera los 30 °C).

- Reflexión de grietas de las capas subyacentes incluido grietas en losas de hormigón *pero son descartadas las grietas provocadas por las juntas.*
- Zonas de transición entre corte y relleno.
- Riego de liga insuficiente.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

Severidad:

- Baja: fisuras abiertas cuyo ancho es menor que 10 mm.
- Media: fisuras abiertas cuyo ancho es mayor o igual a 10 mm y menor a 75mm, puede presentarse como fisuras con patrones irregulares y desportillamientos leves.
- Alta: fisuras abiertas cuyo ancho es mayor que 75 mm, presenta patrones irregulares, desportillamiento considerable. Los carros pueden moverse bruscamente cuando se pasa por encima de las fisuras.

Evolución probable.

- Piel de cocodrilo.
- Desintegración alrededor de la fisura.
- Baches.
- Asentamiento.
- Fisuras en bloque.

Actividades de mantenimiento.

- Severidad baja: no requiere mantenimiento.

- Severidad media: sellado de fisuras.
- Severidad alta: sellado de fisuras, bacheo menor.



Foto No. 2.2. Calle Pedro Freile, Quito.

[24], [3]

2.1.3. FISURAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS DE LOSAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.

Descripción:

- Las fisuras de reflexión de las juntas de losas de pavimentos rígidos se producen cuando existe una carpeta asfáltica construida sobre una losa de hormigón de cemento portland.
- Las fisuras se presentan como la proyección de las juntas de las losas de pavimentos rígidos en la superficie del “nuevo” pavimento asfáltico

presentando un patrón regular. Si el pavimento rígido presenta fisuras en la superficie, éstas se proyectaran en la carpeta asfáltica con formas irregulares.

- Esta falla no está relacionada con la acción de cargas de tráfico, sin embargo pueden agravarlas provocando roturas, fisuras y desprendimientos en la zona aledaña.

Causas:

- Movimiento de la losa de hormigón rígido debido a cambio de temperatura y humedad.
- Juntas entre las losas de hormigón conformadas incorrectamente.
- Cuando no hay un correcto sellado de juntas en los paneles del pavimento rígido.

Severidad: los niveles de severidad corresponden a los de fisuras longitudinales y transversales.

- Baja: fisuras abiertas cuyo ancho es menor que 10 mm.
- Media: fisuras abiertas cuyo ancho es mayor o igual a 10 mm y menor a 75mm, puede presentarse como fisuras con patrones irregulares y desportillamientos leves.
- Alta: fisuras abiertas cuyo ancho es mayor que 75 mm, presenta patrones irregulares, desportillamiento considerable.

Los carros pueden moverse bruscamente cuando se pasa por encima de las fisuras.

Evolución probable:

- Fisuras en bloque
- Desprendimiento.
- Baches.

Actividades de mantenimiento:

- Severidad baja: sellado de fisuras.
- Severidad media: sellado de fisuras, parcheo menor.
- Severidad alta: sellado de fisuras, reconstrucción de juntas.

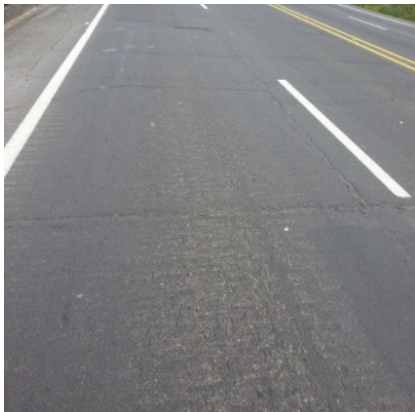


Foto No. 2.3. Panamericana, Aloag.



Foto No. 2.4. Panamericana, Aloag.

[23] [24], [3]

2.1.4. FISURAS EN BLOQUE.

Descripción:

- Serie de grietas conectadas entre sí formando paneles de pavimento de forma más o menos rectangulares, cuyo lado promedio es mayor que 0.30 m.

- Las fisuras en bloque no están asociadas a las cargas, y es usual que se presente en un área extensa del pavimento, sin embargo algunas veces aparecerán solamente en zonas sin tránsito.
- Las fisuras en bloque se diferencian de la piel de cocodrilo en que esta última está formado por fragmentos con más lados y sus ángulos son agudos, además que este tipo de falla se origina con la aplicación de cargas por lo que se localizan en zonas sometidas a cargas de tránsito.

Causas:

- Contracción del hormigón asfáltico producto de la variación de temperatura durante el día provocado por un gradiente térmico alto (supera los 30 °C), lo que provoca ciclos diarios de esfuerzo-deformación sobre la carpeta asfáltica.
- Rigidización de la mezcla asfáltica o uso de ligantes muy duros.
- Reflejo de fisuras en bases estabilizadas.

Severidad:

- Baja: los bloques se comienzan a formar pero no están claramente definidos, los bloques se conforman por fisuras de baja severidad, no presentan desportillamientos.
- Media: bloques formados por fisuras de mediana severidad, o con sello que ha fallado, pueden presentar desportillamientos.
- Alta: bloques conformados por fisuras de alta severidad, presenta alto desportillamiento.

Evolución probable:

- Piel de cocodrilo.
- Desprendimientos.
- Desintegración alrededor de la fisura.
- Baches.

Actividad de mantenimiento:

- Severidad baja: sellado de fisuras, riego de sello.
- Severidad media: Sellado de fisuras, reciclado superficial, escarificado en caliente y sobrecapa.
- Severidad alta: Sellado de fisuras, reciclado superficial, escarificado en caliente y sobrecapa.



Foto No. 2.5. Calle Julio Larrea, Quito.

[24], [3]

2.1.5. PIEL DE COCODRILO.

Descripción:

- Serie de fisuras conectadas entre sí formando piezas de la capa de rodadura en forma de polígonos con ángulos agudos, cuyo lado mayor no supera los 0.50 m.
- Este deterioro se atribuye a la falla por fatiga de la carpeta asfáltica originada por la aplicación repetitiva de cargas.
- Las fisuras se originan en el fondo de la carpeta asfáltica donde los esfuerzos de tensión son mayores bajo la acción de las cargas y estos esfuerzos han superado la resistencia de los materiales.
- A primera instancia se originan una serie de fisuras longitudinales paralelas entre sí, a medida que se aplica cargas repetitivas, la carpeta asfáltica se fatiga y se comienzan a unir las fisuras formando los paneles poligonales.
- La piel de cocodrilo se considera como una falla estructural de importancia y aparecerá únicamente en áreas sujetas a cargas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Sin embargo es común que este tipo de falla se presente en zonas del pavimento que han sufrido deformaciones ajenas a problemas estructurales como: problemas de drenaje que afectan a los materiales granulares, falta de compactación de las capas del pavimento, reparaciones mal ejecutadas, suelos expansivos, etc.

Causas:

- Falla estructural ya sea por espesores insuficientes o sobrecargas.

- Deformación de la subrasante.
- Rigidización de la mezcla asfáltica, ya sea por envejecimiento o por la utilización de asfaltos no adecuados.
- Compactación deficiente de las capas del pavimento (granulares y/o asfáltica).
- Mezcla asfáltica deficiente: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el modulo).
- Problemas de drenaje que afectan a las capas granulares del pavimento.
- Reparaciones mal ejecutadas.
- Suelos expansivos.

Todos estos factores reducen la capacidad estructural de un pavimento, provocando que con el paso del tráfico se produzcan esfuerzos adicionales, lo que a su vez provoca deformaciones no admisibles en la estructura, viéndose reflejado a través de fisuras que con el paso del tiempo y sin ser intervenidas oportunamente aumentaran su densidad deteriorando de forma agresiva a la estructura.

Severidad:

- Baja: aparición de fisuras longitudinales paralelas entre sí que se desarrollan en la huella del tránsito, algunas pueden estar conectadas. Las grietas no presentan desportillamientos.

- Media: las grietas longitudinales paralelas se conectan entre sí formando paneles poligonales con ángulos agudos, las grietas presentan ligeros desportillamientos.
- Alta: las fisuras han evolucionado de tal manera que las piezas están bien definidas, en las zonas que se aplican las cargas presentan una gran densidad de paneles, las fisuras presentan alto nivel de desportillamiento e incluso desprendimientos.

En casos extremos se puede producir movimiento de los paneles al paso de los vehículos.

Evolución probable:

- Deformaciones.
- Desprendimientos.
- Baches.
- Hundimientos.

Actividad de mantenimiento:

- Severidad baja: sello superficial.
- Severidad media: parcheo menor, recapeo, reconstrucción.
- Severidad alta: parcheo menor, recapeo, reconstrucción.



Foto No. 2.6. Eco vía, Av. 6 de Diciembre, Quito.

[24], [3]

2.1.6. FISURAS DE BORDE.

Descripción:

- Fisuras longitudinales y paralelas que aparecen en pavimentos sin espaldones, las fisuras se localizan cerca del borde de la calzada cuando los vehículos circulan muy cerca de éste.
- Las fisuras aparecen a una distancia entre 0.30 m y 0.50 m del borde exterior del pavimento.
- En casos extremos se puede producir desprendimiento de la capa de rodadura en el área entre la grieta y el borde del pavimento, provocando que ante el paso de los vehículos se produzca movimiento de pedazos de carpeta asfáltica y la infiltración de agua dentro de la estructura.

Causas:

- Falta de confinamiento lateral (ausencia de bordillos).
- Carencia de espaldones o ancho insuficiente del espaldón.
- Sobrecapa que llegan al borde del carril y crean desnivel con la berma.

Severidad:

- Baja: se presenta fisuras de baja o mediana severidad, sin fragmentación o desprendimientos.
- Media: se forman fisuras de mediana severidad, puede presentarse como fisuras con patrones irregulares y desportillamientos leves, puede presentarse fragmentación y desprendimientos.
- Alta: definido por fisuras de alta severidad presenta patrones irregulares, desportillamiento considerable, presenta altos niveles de fragmentación y desprendimientos a lo largo del borde del pavimento.

Los carros pueden moverse bruscamente cuando se pasa por encima de las fisuras.

Evolución probable:

- Desprendimiento del borde.
- Desintegración alrededor de la fisura.

Actividades de mantenimiento:

- Severidad baja: sellado de fisuras.

- Severidad media: sellado de fisuras, parcheo menor, construcción de bordillos.
- Severidad alta: parcheo menor, reconstrucción, construcción de bordillos.

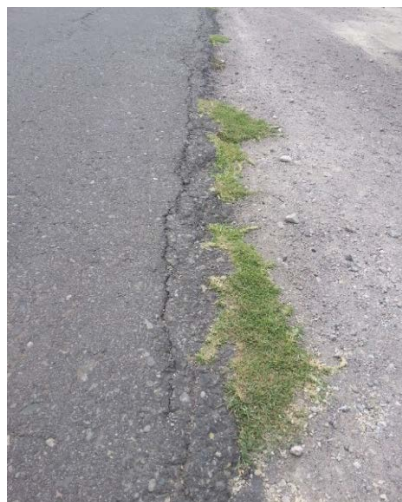


Foto No. 2.7. Cajabamba, Chimborazo.

[24], [3]

2.1.7. FISURAS PARABÓLICAS (AGRIETAMIENTO POR RESBALAMIENTO DE CAPAS).

Descripción:

- Fisuras en forma de media luna, producto del deslizamiento longitudinal de una porción de la capa de rodadura debido a la tracción de los vehículos cuando aceleran o frena.
- Las fisuras parabólicas se presenta generalmente en zonas montañosas, en curvas, en intersecciones de vías y en vías con pendientes elevadas.

Causas.

- Mezcla asfáltica de baja resistencia.
- Liga pobre que produce una mala adherencia entre la capa de rodadura y la capa subyacente.
- Exceso de liga.
- Presencia de polvo al momento de realizar el riego de liga.
- Paso de tránsito muy pesado y lento.
- Espesor insuficiente de la carpeta asfáltica.
- Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica.
- Mala penetración de la imprimación en las bases granulares.

Severidad:

- Baja: formado por fisuras con ancho promedio menor a 10 mm.
- Media: fisuras con aberturas mayor o igual a 10 mm y menor a 40 mm, el área alrededor de la fisura puede estar moderadamente fracturada o presentar fisuras con patrones irregulares y desportillamientos leves.
- Alta: fisura con un ancho mayor de 40 mm, el área alrededor de la fisura está tan fracturada que existe pedazos de pavimento que son fácilmente removibles. Presenta fisuras con patrones irregulares, desportillamiento considerable.

Evolución probable:

- Desprendimientos.
- Baches.

- Hundimientos.
- Abultamientos.
- Piel de cocodrilo.

Actividades de mantenimiento:

- Severidad baja: sellado de fisuras.
- Severidad media: parcheo menor, reconstrucción.
- Severidad alta: parcheo menor, reconstrucción.



Foto No. 8. Alausí, Chimborazo



Foto No. 9. Guápulo.

[23] [24], [3]

2.1.8. FISURAS INSIPIENTES.

Descripción:

- Serie de fisuras contiguas, que generalmente no llegan a interceptarse, afecta a la carpeta asfáltica de manera superficial.

Causas:

- Lluvia durante la colocación de la mezcla asfáltica.

Severidad:

- No se le atribuye niveles de severidad.

Evolución probable:

- Piel de cocodrilo.
- Fisuras en bloque.
- Pérdida de agregados.
- Baches.

Actividades de mantenimiento:

- Sellado de fisuras, tratamiento superficial.



Foto No.10, Carretera Ambato-Guaranda.

[23]

2.2. DEFORMACIONES.

Las deformaciones de un pavimento son los cambios que éstos sufren en la superficie respecto de su forma original en donde difieren las cotas del proyecto de las de diseño lo que se manifiestan en forma de ondulaciones, asentamientos, pliegues, etc. Estos deterioros se deben generalmente a la falta de compactación de las capas del pavimento ya sean granulares o asfálticas, mezcla asfáltica deficiente (mezcla con demasiada arena, asfalto con un módulo muy bajo), inestabilidad de las capas inferiores de la estructura del pavimento, fallas estructurales ya sea por espesores insuficientes o sobrecargas, deformaciones locales provocadas por problemas con tuberías enterradas bajo la estructura del pavimento.

Las deformaciones representan fallas estructurales importantes del pavimento que disminuyen de manera significativa su calidad, estas fallas deben ser oportunamente corregidas para evitar que evolucionen y se conviertan en un verdadero peligro para quienes utilizan la estructura.

2.2.1. CORRUGACIÓN.

Descripción:

- Daño causado por deformación plástica de la carpeta asfáltica, se manifiesta a través de ondas en la superficie del pavimento próximas entre sí y perpendiculares a la dirección del tráfico, la separación entre crestas son menores a 3.0 m y ocurren a intervalos bastante regulares.

Causas:

- Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
- Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.
- Exceso de asfalto.
- Uso de asfaltos blandos.
- Insuficiencia de agregados triturados.
- Mezcla asfáltica con exceso de finos.
- Falta de curado de la mezcla asfáltica.
- Tracción del tráfico ya sea por aceleración o frenado.
- Exceso de riego de liga que puede provocar el deslizamiento de la capa de rodadura respecto de la capa inferior.
- Contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica.

Severidad:

- Baja: la corrugación del pavimento provoca una calidad de rodadura de baja severidad.
- Media: la corrugación del pavimento provoca una calidad de rodadura de mediana severidad.
- Alta: la corrugación del pavimento provoca una calidad de rodadura de alta severidad.

Evolución probable:

- Exudación.
- Agrietamiento.

- Ahuellamiento.

Actividad de mantenimiento:

- Severidad baja: no se hace nada.
- Severidad media: reconstrucción.
- Severidad alta: reconstrucción.



Foto No. 2.11.

[24], [3]

2.2.2. DESPLAZAMIENTOS.

Descripción:

- Desplazamiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie de un pavimento asfáltico. Cuando los vehículos empujan contra el pavimento producen una onda abrupta en la superficie del pavimento.

Causas:

- Mezclas asfálticas líquidas e inestables (cutback o emulsiones).
- Cuando pavimentos asfálticos confinan pavimentos de hormigón rígido. Los pavimentos rígidos se expanden debido al aumento de la temperatura causando el desplazamiento de los pavimentos asfálticos.

Severidad:

- Baja: los desplazamientos producen una calidad de rodadura de baja severidad.
- Media: los desplazamientos producen una calidad de rodadura de mediana severidad.
- Alta: los desplazamientos producen una calidad de rodadura de alta severidad.

Evolución probable:

- Agrietamiento.

Actividad de mantenimiento:

- Severidad baja: no se hace nada.
- Severidad media: fresado, bacheo superficial o profundo.
- Severidad alta: fresado, bacheo superficial o profundo.



Foto No. 2.12. Calle M. Varela, Quito



Foto No. 2.13. Calle M. Varela, Quito.

[3]

2.2.3. DESNIVELES LOCALIZADOS.

Descripción:

- Deformación de la superficie del pavimento asfáltico generado por abultamientos (desplazamientos pequeños y abruptos hacia arriba) y por hundimientos (desplazamientos pequeños y abruptos hacia abajo).

Nota: No confundir con desplazamientos ni con corrugación.

Causas:

- Cuando existe una carpeta asfáltica encima de un pavimento rígido cuyas losas sufren levantamientos o combaduras)
- Expansión por congelamiento.

- Introducción y elevación de material en grietas en combinación con cargas de tránsito.
- Cuando se produce lavado de finos.
- Cuando las raíces invasivas de árboles (generalmente en zonas del parterre) logran infiltrarse dentro de la estructura y crecer a través de las diferentes capas levantándolas.
- Mal acabado de la superficie del pavimento.

Severidad:

- Baja: los desniveles provocan una calidad de rodadura de baja severidad.
- Media: los desniveles provocan una calidad de rodadura de mediana severidad.
- Alta: los desniveles provocan una calidad de rodadura de alta severidad.

Evolución probable:

- Agrietamiento.
- Desprendimiento.

Actividad de mantenimiento:

- Severidad baja: no se hace nada.
- Severidad media: bacheo superficial o profundo.
- Severidad alta: fresado, bacheo superficial o profundo.

Si los desniveles localizados son provocados por las raíces de árboles se deben cortar y retirarlas totalmente de la estructura y posteriormente realizar actividades de bacheo.



Foto No. 2.14. Vía a los Elenes, Chimborazo.

[24], [3]

2.2.4. HINCHAMIENTO.

Descripción:

- Deformación del pavimento que se presenta como el pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento formando una onda que puede superar los 3 metros de longitud, el área afectada puede estar acompañada de fisuras.

Causas:

- Suelos potencialmente expansivos.
- Congelamiento de la subrasante.

Severidad:

- Baja: los desniveles provocan una calidad de rodadura de baja severidad.
- Media: los desniveles provocan una calidad de rodadura de mediana severidad.
- Alta: los desniveles provocan una calidad de rodadura de alta severidad.

Evolución probable:

- Agrietamiento.
- Desprendimiento.
- Baches.
- Piel de cocodrilo.

Actividades de mantenimiento.

- Severidad baja: no necesita intervención.
- Severidad media: reconstrucción.
- Severidad alta: reconstrucción.



Foto No. 2.15.

[3]

2.2.5. DEPRESIONES.

Descripción:

- Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles más bajos con respecto de la superficie de la calzada de su alrededor, las depresiones pueden ser longitudinales o transversales al eje de la vía aunque también pueden presentarse en forma parabólica (media luna). Los hundimientos pueden estar o no acompañada de fisuras.
- Las depresiones suelen acumular agua en la superficie deteriorada lo que representa un serio problema de seguridad vial porque puede producir hidroneo de los vehículos cuando se acumula agua en el área hundida.

Causas:

- Asentamiento de la subrasante.
- Deficiencia en la compactación de las capas inferiores del pavimento o en zonas de acceso a puentes.
- Drenaje deficiente provocando que el agua afecte a las capas granulares de la estructura disminuyendo su capacidad y provocando su asentamiento.
- Diferencia de rigidez de los materiales en las zonas de transición entre corte y relleno.
- Inestabilidad de la banca.
- Falla estructural por sobre carga.
- Falla estructural por espesores insuficientes.
- Compactación deficiente en el relleno de zanjas que atraviesan la estructura.

- Deficiencia constructiva en la conformación de líneas de ferrocarril que atraviesan la calzada.
- Desprendimiento, asentamiento o rotura de tuberías de alcantarillado o agua potable.

Severidad:

- Baja: profundidad máxima del área afectada es mayor o igual a 13 mm y menor a 25 mm. No genera incomodidad al conductor.
- Media: profundidad máxima del área afectada es mayor o igual a 25 mm y menor a 50 mm. Se acumula agua lo cual representa un serio peligro para los usuarios.
- Alta: profundidad máxima del área afectada es mayor a 50 mm. Está acompañada de fisuras en la superficie afectada. Presenta acumulación de agua en la sección deteriorada produciendo un nivel de inseguridad muy alto para los usuarios.

Evolución probable:

- Agrietamiento.
- Desprendimientos.
- Piel de cocodrilo.
- Baches.

Actividades de mantenimiento:

- Severidad baja: no necesita intervención.

- Severidad media: nivelación, parcheo superficial, parcial, reconstrucción.
- Severidad alta: parcheo superficial, parcial, reconstrucción.



Foto No. 2.16. Alausí, Chimborazo.

[24], [3]

2.2.6. AHUELLAMIENTO.

Descripción:

- Depresión longitudinal en la superficie del pavimento localizada sobre la huella de las ruedas de los vehículos, puede estar asociado a desplazamientos de los materiales lo que provoca una elevación del pavimento a lo largo de los lados de los surcos, generalmente está acompañado de fisuras en el área deteriorada.

- El ahuellamiento además de ser un problema estructural de consideración en el pavimento, resulta en un serio problema de seguridad al favorecer al hidroplaneo cuando existe acumulación de agua.

Causas:

- Deformación permanente de cualquiera de las capas de la estructura de un pavimento asfáltico o de la subrasante, provocado por deformación, asentamiento o por el movimiento lateral de los materiales que lo constituyen debido a la fatiga por repetición de cargas de tránsito.
- Deformación plástica de las capas de hormigón asfáltico esta deformación puede magnificarse en climas cálidos y se debe principalmente a la compactación ineficiente de las capas durante la etapa de construcción, por el uso de asfaltos blandos, agregados redondeados o una mezcla asfáltica con demasiada cantidad de finos.
- Espesores insuficientes de las capas de la estructura (errores de diseño).
- Sobrecarga (cargas para las cuales la estructura no estaba lógicamente previstas).

Severidad:

- Baja: Profundidad de la deformación entre 6 mm y 13 mm.
- Media: Profundidad de la deformación mayor a 13mm hasta 25 mm, existe alta posibilidad de almacenamiento de agua lo que facilita al hidroplaneo.
- Alta: Profundidad de la deformación mayor a 25mm, puede presentarse corrimiento lateral de los materiales, en esta etapa del ahuellamiento es muy

común que se presente acumulación de agua facilitando el hidropneumático y la filtración de agua a las capas subyacentes de la estructura.

Evolución probable:

- Piel de cocodrilo.
- Desprendimientos.
- Exudación.
- Baches.

Actividades de mantenimiento:

- Severidad baja: no necesita intervención.
- Severidad media: nivelación, parcheo superficial parcial o profundo, reconstrucción.
- Severidad alta: nivelación, parcheo superficial, parcial o profundo, reconstrucción.



Foto No. 2.17. Vía metrobus, Quito.



Foto No. 2.18. Vía metrobus, Quito.

3. [24], [3]

3.1. PÉRDIDA DE LA CAPA DE RODADURA.

La categoría “PÉRDIDA DE LA CAPA DE RODADURA” son aquellos deterioros en los que se presenta fragmentación, desintegración y desprendimientos de la superficie del pavimento generando “huecos” que con la acción del tránsito y la lluvia empeoran la condición de la estructura, por esta razón la oportuna intervención es indispensable para evitar el deterioro generalizado y prematuro de la estructura.

La pérdida de la capa de rodadura es la consecuencia de la evolución de otros daños, especialmente de las fisuras.

Dentro de esta categoría también se incluyen a los parches.

3.1.1. BACHES.

Descripción:

- Desintegración y desprendimiento de la carpeta asfáltica provocado cuando los neumáticos de los vehículos “arrancan” porciones de la superficie del pavimento formando “huecos” de bordes agudos, que pueden llegar a exponer al material granular de las capas inferiores lo que junto a la acumulación y filtración de agua y la acción de tránsito lleva a la amplificación del área afectada y al aumento de la profundidad del bache.

Causas:

- Mezcla asfáltica muy permeable.
- Espesores insuficientes de las capas de la estructura incluyendo la carpeta asfáltica.

- Zonas de la subrasante en donde los esfuerzos que producen las cargas de tránsito son mayores que los esfuerzos resistentes.
- Riego de imprimación insuficiente que no logre penetrar en la base granular.
- Evolución de otros deterioros en especial piel de cocodrilo.
- Retención de agua en las fisuras.

Severidad:

Cuando el diámetro de los baches es menor que 75 cm los niveles de severidad están en función del diámetro y la profundidad como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla No. 2.1. Nivel de severidad de baches en función del diámetro y profundidad.

Profundidad máxima del bache.	Diámetro promedio del Bache (cm)		
	10-20	20-45	45-75
1.3 a 2.5 cm	Bajo	Bajo	Medio
2.5 a 5.0 cm	Bajo	Medio	Alto
> 5.00 cm	Medio	Medio	Alto

Fuente: Adaptación de ASTM, *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*, Designation: D 6433-07.

Si el diámetro es mayor que 75 cm se debe determinar su área en metros cuadrados y dividida por 0.5 m² para hallar el número equivalente de baches.

Si la profundidad es menor o igual que 2.5 cm los baches se consideran de mediana severidad.

Si la profundidad es mayor de 2.5 cm los baches se consideran de alta severidad.

Evolución probable:

- Deterioro generalizado de la estructura.
- Aumento del área y de la profundidad del bache.
- Hundimientos.
- Desprendimientos de la capa de rodadura.

Actividades de mantenimiento:

- Para todos los niveles de severidad se debe realizar bacheo que puede ser parcial o profundo dependiendo de la condición.



Foto No. 2.19. Av. 12 de Octubre, Quito.

[24], [3]

3.1.2. PARCHE.**Descripción:**

- Parche es la sección del pavimento que ha sido removida y reemplazada por otra nueva ya sea para reparaciones de la capa de rodadura, incluso de las

capas subyacentes o intervenciones de las redes de servicios como alcantarillado, agua potable, cableado eléctrico, etc.

- Un parche es considerado como un defecto sin importar que tan bien sea su desempeño, ya que nos indica que allí hubo un deterioro anterior que debió ser intervenido. En el reporte se debe indicar las razones por las que el parche está presente.

Causas: Las causas para que un parche presente deterioros son los siguientes.

- Procesos constructivos deficientes.
- Reparación del daño original.
- Diferencia de rigidez entre el parche y la carpeta asfáltica original.
- Falta de confinamiento del parche.
- Mala calidad de los materiales que conforman el parche.

Severidad:

- Baja: el parche está en buenas condiciones y su desempeño es satisfactorio, la calidad de rodadura es de baja severidad.
- Media: el parche se encuentra moderadamente deteriorado, puede presentar fisuras y deficiencias en los bordes, la calidad de rodadura es de mediana severidad.
- Alta: el parche se encuentra gravemente deteriorado, la calidad de rodadura es de severidad alta.

Evolución probable:

- Aceleración del deterioro general de la estructura.
- Reparación del deterioro original.
- Desprendimiento de secciones del parche.
- Fisuras alrededor del parche.

Actividad de mantenimiento:

- Severidad baja: no necesita intervención.
- Severidad media: no necesita intervención, reconstrucción del parche.
- Severidad alta: reconstrucción del parche.



Foto No. 2.20. Calle Diego Zorrilla, Quito.

[24], [3]

3.2. DAÑOS SUPERFICIALES.

Los daños superficiales que sufre la carpeta asfáltica son atribuidos generalmente a los materiales que conforman la capa de rodadura, que con la acción del tránsito y del clima que es un factor de gran influencia en esta categoría se verá acelerado y magnificado.

Los deterioros que pertenecen a esta categoría se los puede considerar como los que menos afectan la integridad del pavimento, no así si se habla de la seguridad vial ya que estos niveles bajan drásticamente al verse afectada la superficie por la que se desplazan los vehículos, siendo la resistencia al deslizamiento la característica que más se modifica.

3.2.1. DESGASTE SUPERFICIAL.

Descripción:

- Desgaste normal y natural del pavimento que se manifiesta con la pérdida del ligante y del mortero, además de algunas fisuras debido a la rigidización de la mezcla asfáltica, estos indicios son causados por la acción del tránsito, la acción de agentes erosivos y la intemperie a la que está expuesto el pavimento.
- El desgaste superficial puede ser observado en pavimentos “viejos” con signos de oxidación de la mezcla asfáltica.

Causas:

- Deterioro normal del pavimento.
- Envejecimiento del pavimento (Oxidación y Rigidización de la mezcla asfáltica)
- Falta de adherencia del asfalto con los agregados.
- Dosificación deficiente del asfalto.
- Acción del tránsito.
- Acción de agentes erosivos como agua, viento, arena, etc.

Severidad:

- Baja: la superficie ha perdido su textura uniforme, haciéndose ligeramente áspera, tiene irregularidades de 3 mm de profundidad.
- Media: el agregado grueso comienza a aflorar, al transitar los vehículos se siente vibración y cambio de sonido, la profundidad de las irregularidades están comprendidas entre 3 mm y 10 mm.
- Alta: La capa de rodadura ha comenzado a desintegrarse, se puede observar partículas sueltas en la calzada, se siente vibración y cambio de sonido al transitar los vehículos por las secciones afectadas, la profundidad de las irregularidades es mayor a 10 mm.

Evolución probable:

- Pérdida de agregado.
- Permeabilidad del pavimento.
- Agrietamiento.

- Agregados pulidos.
- Baches.

Actividad de mantenimiento:

- Severidad baja: no necesita intervención.
- Severidad media: rejuvenecimiento del pavimento con sello superficial, tratamiento superficial.
- Severidad alta: rejuvenecimiento del pavimento con sello superficial, tratamiento superficial.

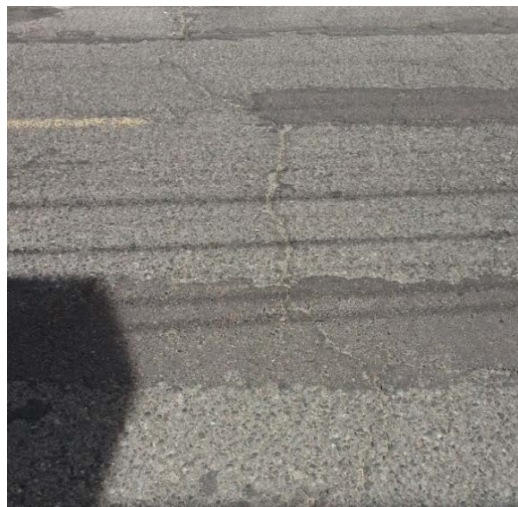


Foto No. 2.21. Calle. José Figueroa, Quito.

[24], [3]

3.2.2. PÉRDIDA DE AGREGADO.

Descripción:

- Desintegración de la capa de rodadura de los pavimentos asfálticos por acción del tránsito, agentes erosivos, acción del clima.
- Esta falla se manifiesta con la pérdida del ligante asfáltico y el gradual desprendimiento de los agregados dejando la superficie del pavimento más rugosa y ahuecada, exponiendo de forma progresiva los materiales a la intemperie.
- Este problema se presenta de forma más común en tratamientos superficiales.

Causas:

- Mala adherencia entre asfalto y agregados.
- Agregados hidrofóbicos (que atraen la humedad) utilizados en la mezcla asfáltica.
- Agregados contaminados con finos o material orgánico.
- Falta de compactación de la carpeta asfáltica.
- Tendido de la carpeta asfáltica en condiciones de humedad.
- Escasez de asfalto en la mezcla.
- Calentamiento excesivo de la mezcla asfáltica.
- Rigidización de la mezcla asfáltica.
- Aplicación irregular de ligante en tratamientos superficiales.
- Derrame de aceite, gasolina u otros disolventes sobre la capa de rodadura.

Severidad:

- Baja: se ha comenzado a perder el ligante y los agregados. En caso de derrame de algún disolvente puede verse la mancha pero no se la puede penetrar con un punzón.
- Media: se presenta pérdida de liga y de agregados, aumentando la rugosidad de la superficie del pavimento la misma que se muestra ahuecada. En caso de derrame de disolventes, el área afectada se puede penetrar con un punzón.
- Alta: pérdida considerable de liga y agregados, la superficie de la capa de rodadura es muy rugosa y está severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores a 10 mm y profundidades menores a 13mm. En el caso de derrame de algún disolvente en el arrea afectada el ligante ha perdido su efecto y los agregados están sueltos.

Los agregados suelen acumularse en los bordes de la calzada aumentando la posibilidad de derrape de los vehículos cuando transitan sobre el material suelto por lo que es importante la limpieza de dicho material.

Evolución probable:

- Desprendimientos.
- Exudación.
- Aumento de la permeabilidad del pavimento.
- Baches.

Actividad de mantenimiento:

- Severidad baja: sello, tratamiento superficial.
- Severidad media: sello, tratamiento superficial, recapeo.
- Severidad alta: sello, tratamiento superficial, recapeo, reciclado, reconstrucción.

En el caso de derrame de disolventes la actividad de mantenimiento es al bacheo parcial.



Foto No. 2.22. Alausí, Chimborazo.

[24], [3]

3.2.3. AGREGADOS PULIDOS.

Descripción:

- Los agregados pulidos es un falla del pavimento que se la identifica a través de una minuciosa examinación, la cual revelará que la porción de agregados

en la mezcla asfáltica es muy pobre o no hay agregados lo suficiente ásperos o angulosos para proveer una adecuada resistencia al deslizamiento.

- Cuando los agregados en la superficie del pavimento son suaves al tacto y la cantidad de agregados es pequeña, la adhesión entre los neumáticos de los vehículos y el pavimento se reduce considerablemente, y no contribuye de forma significativa a la reducción de la velocidad de los vehículos.

Causas:

- Acción repetitiva de las cargas de tránsito.
- Baja resistencia de los agregados al pulimiento.
- Derrame de sustancias que reduzcan la resistencia al deslizamiento como en el caso de construcciones informales cuando la mezcla de hormigón o mortero es realizado sobre la calzada.

Severidad:

- No se le atribuye niveles de severidad.

Evolución probable:

- Aumento del deterioro.

Actividad de mantenimiento:

- Tratamiento superficial.



Foto No. 2.23. Cale Rafael Quijano, Quito.



Foto No. 2.24. Cale Rafael Quijano, Quito.

[24], [3]

3.2.4. CABEZAS DURAS.

Descripción:

- Agregados gruesos que sobresalen de la mezcla asfáltica, lo que aumenta la rugosidad del pavimento y los niveles de sonido lo cual puede llegar a ser incómodo tanto para los usuarios de la estructura como para las personas que se encuentren cerca del área afectada.

Causas:

- Distribución granulométrica deficiente dentro del rango del agregado fino.
- Segregación de los agregados durante su manejo en obra.
- Uso de agregado grueso de tamaño inadecuado.

- Baja temperatura de la mezcla asfáltica provocando que el asfalto no aglutine bien con los agregados.

Severidades:

No se le atribuyen niveles de severidad.

Evolución probable:

- Pérdida de agregado.

Actividad de mantenimiento:

- Tratamiento superficial.



Foto No. 2.25. Calle. De Villar, Quito.



Foto No. 2.26. Calle. De Villar, Quito.

[23]

3.2.5. EXUDACIÓN.

Descripción:

- Afloramiento del asfalto sobre la superficie de un pavimento asfáltico, generalmente la película de bitumen es brillante, cristalina y pegajosa.
- El proceso de exudación ocurre cuando la superficie de un pavimento está expuesto a altas temperaturas y como este proceso no es reversible, la película de asfalto se acumula en la superficie del pavimento afectando la resistencia al deslizamiento y aumentando la posibilidad de hidroplaneo cuando además de exudación se presente problemas de drenaje que facilite a la acumulación de agua en la superficie.

Causas:

- Alta temperatura a la que está expuesta la superficie del pavimento.
- Cuando el contenido de vacíos de la mezcla asfáltica es bajo debido al alto contenido de asfalto en una o más capas del pavimento como consecuencia de:
 - Una capa muy rica en asfalto.
 - Un sello mal ejecutado.
 - Riego de adherencia con asfaltos muy densos.
- Utilización de asfaltos muy blandos.
- Derrame de disolventes como: gasolina, aceites, diésel, etc.
- El tránsito pesado puede producir una compresión adicional al asfalto provocando su afloramiento.

Severidad:

- Baja: la exudación se hace visible como una pequeña película de bitumen en la superficie del pavimento en puntos localizados lo cual ocurre con muy poca frecuencia, no llega a cubrir los agregados. El asfalto no se adhiere a los neumáticos de los vehículos.
- Media: se forma una película de asfalto con poca frecuencia que cubre parcialmente a los agregados, se localiza generalmente en las huellas del tránsito. El asfalto se adhiere a los neumáticos de los vehículos.
- Alta: presencia de una película de asfalto de espesor significativo en la superficie del pavimento que le da un aspecto húmedo, de coloración negra que puede llegar a cubrir la totalidad de los agregados, este fenómeno ocurre con mucha frecuencia. El asfalto se pega en los neumáticos de los vehículos.

Evolución probable:

- Aumento del deterioro.
- Ahuellamiento.

Actividad de mantenimiento:

- Severidad baja: No se hace nada.
- Para los niveles de severidad medio y alto se puede colocar repetidamente una capa de arena caliente para provocar que el asfalto excedente exude y sea absorbido en ese mismo instante por la arena y se puede optar por la colocación de un sello con agregado absorbente. Si la cantidad de asfalto que

exuda es muy alto puede ser conveniente la remoción y sustitución de la sección afectada.



Foto No. 2.27. Panamericana, Latacunga.

[24], [3]

3.3. OTROS DAÑOS.

En las cuatro categorías anteriores se ha estudiado aquellos deterioros que un pavimento sufre con más frecuencia, ahora analizaremos aquellos que suelen surgir como consecuencia de algunos de ellos que ocurren principalmente por la presencia o la infiltración de agua en la estructura y de la implementación de dispositivos adicionales en la capa de rodadura. En todo caso, los deterioros presentes en la

categoría “OTROS DAÑOS” son fallas puntuales, o sea, fallas que ocurren en una zona localizada de la estructura del pavimento, que suelen ser de pequeña extensión.

Dada la importante función que ejerce los espaldones – berma en las estructuras de pavimentos, en esta categoría se estudiara aquellos deterioros que comprometen su correcta interacción.

Se debe tener en cuenta que los espaldones son vulnerables a los mismos daños a los que está expuesta la capa de rodadura, daños que deben ser reportados con el nombre de la falla indicando que éstos ocurren en los espaldones para darles su adecuado mantenimiento.

En las vías de nuestro país sobre todo aquellas que se localizan en el sector urbano se suele encontrar dispositivos adicionales, que aunque su fin no es el aporte estructural, su presencia y función es indispensable a la hora de la preservación de la estructura y a la conservación de los niveles óptimos de funcionalidad y seguridad requeridos como es el caso de los sumideros y rejillas, que desalojan el agua de la superficie del pavimento.

En otras ocasiones, el trazado de la vía puede facilitar la presencia de otros mecanismos como es el caso de las líneas férreas.

3.3.1. DESNIVEL CARRIL – ESPALDÓN.

Descripción:

- Diferencia de nivel entre la calzada y el espaldón o berma facilitando la infiltración de agua al interior de la estructura acelerando su deterioro. Además representa un serio peligro para los usuarios, peligro que aumenta a medida que el desnivel es mayor.
- Una de las razones que generan el desnivel carril-berma es el recapeo de la sección de la capa de rodadura, y el error que se suele cometer es el no nivelar los espaldones o berma, que además de permitir la infiltración de agua como ya se mencionó a medida que se coloca una capa encima de otra la sección de vía va disminuyendo con cada intervención.

Causas:

- Erosión de la berma.
- Asentamiento de la berma.
- Separación del espaldón y el pavimento producida usualmente por falta de liga de adherencia cuando son construidos por separado o por diferencia de rigidez entre ambos.
- Recapeo sin ajustar el nivel del espaldón o la berma.
- Puede estar relacionado con problemas de inestabilidad de taludes aledaños.

Severidad:

- Bajo: desnivel entre 25 y 50 mm.

- Medio: desnivel entre 50 y 100 mm.
- Alto: desnivel mayor a 100 mm.

Evolución probable:

- Separación de la berma
- Fisura de borde.
- Hundimiento.

Actividad de mantenimiento:

- Nivelar el espaldón.



Foto No. 2.28. Panamericana, Urbina.



Foto No. 2.29. Panamericana, Urbina.

[24], [3]

3.3.2. AFLORAMIENTO DE AGUA.

Descripción:

- Presencia de agua en la superficie del pavimento que no se debe a la acumulación del agua de las precipitaciones sobre la estructura, de hecho, el afloramiento de agua debe a la expulsión a través de las fisuras del agua que se halla dentro de la estructura.
- Una forma de identificar que existe afloramiento de agua es por la acumulación de material fino en la superficie del pavimento debido a la erosión que el agua produce en el paso por las capas del pavimento.
- Este deterioro representa un problema de seguridad puntual (solo el área comprometida que generalmente es pequeña) al facilitar el hidroneo de los vehículos y acelerar el deterioro de la estructura, por lo que debe ser intervenido oportunamente.

Causas:

- Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje en la estructura.
- Filtración y acumulación del agua dentro de la estructura, ya sea a través de la capa de rodadura (fisuras) o por las zonas aledañas al pavimento, cuando éste carece de espaldones, por la ausencia de cunetas o cuando las cunetas no desalojan el agua la misma que se almacena e infiltra por las grietas que puedan presentar.
- Nivel freático que comprometa las capas de la estructura.
- Fallas puntuales de los sistemas de alcantarillado o de la red de agua potable.

Severidad:

- No se le atribuye niveles de severidad.

Evolución probable:

- Piel de cocodrilo.
- Baches.
- Hundimientos.
- Asentamiento de las capas de la estructura y la subrasante.

Actividad de mantenimiento:

- Abatimiento del nivel freático; si ésta es la causa de la presencia de agua en la superficie del pavimento.
- Construcción de un adecuado sistema de drenes y subdrenes en la estructura.
- Si el afloramiento de agua es provocado por la rotura y/o separación de las tuberías de transporte de agua (alcantarillado y abastecimiento de agua), deberán ser intervenidas inmediatamente.
- Si la acumulación de agua dentro de la estructura es provocada por la infiltración de agua a través de las fisuras en la capa de rodadura, éstas deben ser selladas. Por otro lado, si la infiltración ocurre por zonas aledañas a la estructura, esas zonas deben ser impermeabilizadas como por ejemplo construyendo espaldones o construir un sistema de drenaje adecuado.



Foto No. 2.30. Calle Atabascos, Riobamba.

[24]

3.3.3. FISURAS POR MOVIMIENTO DE LA BANCA DEBIDO A INESTABILIDAD DE TALUDES.

Descripción:

- Son fisuras en la capa de rodadura de forma parabólica, cuya parte cóncava está direccionada hacia el talud inferior, estas fisuras están acompañadas de hundimientos. Estos deterioros se encuentran en zonas aledañas a taludes inestables, con problemas de carácter geotécnico, que se manifiestan por movimientos de la banca.

Causas: En general este tipo de fisuras se debe a la inestabilidad de la banca. Sin embargo, la inestabilidad de un talud puede verse provocado o incrementado por las siguientes causas.

- Falla lateral del talud en zonas de terraplén.

- Falla lateral de corte a media ladera.
- Ausencia de obras de contención del talud inferior.
- Consolidación del material de relleno de las obras de contención.
- Saturación del talud lo que aumenta su peso y disminuye su capacidad.
- Ausencia de obras de protección de taludes cuando bajo éste existe un río.

Severidad:

- No se le atribuye niveles de severidad. Aunque en sí, este tipo de problemas debe ser considerado como fallas graves (alta severidad).

Evolución probable:

- Aumento del área afectada.
- Pérdida de la banca.
- Hundimientos.
- Agrietamiento.

Actividades de mantenimiento:

- Sellado de fisuras.
- Construcción de obras de contención del talud con un adecuado sistema de drenaje.
- Obras de protección de taludes cuando bajo ellos circule un río.

- Cuando la pérdida de la banca sea inevitable, se deberá suspender todo tráfico y dependiendo de la sección afectada y las condiciones del talud se deberá considerar la modificación del trazado de la vía.



Foto No. 2.31. Guápulo.



Foto No. 2.32. Guápulo.

[24]

3.3.4. CRUCE DE VÍA FÉRREA.

Descripción:

- Son defectos relacionados con la presencia de líneas de ferrocarril que atraviesan la calzada formando desniveles alrededor y entre las líneas férreas muchas veces acompañado de agrietamiento y pérdidas de la capa de rodadura. Adicionalmente la sección donde se encuentran las líneas de ferrocarril puede presentar defectos constructivos como depresiones y abultamientos.

Causas:

- Defectos en la etapa de construcción (depresiones y abultamientos).
- Desportillamiento de la carpeta asfáltica en las zonas que cruzan las líneas férreas provocadas por el paso de los vehículos a través de ellas y del paso de los ferrocarriles a lo largo de ellas.

Severidad:

- Bajo: provoca una calidad de rodadura de baja severidad, en los bordes de la capa de rodadura cercana a las líneas férreas se observa un leve desportillamiento.
- Medio: provoca una calidad de rodadura de mediana severidad, se presentan desniveles leves alrededor entre las líneas férreas.
- Alto: provoca una calidad de rodadura de alta severidad, hay huecos alrededor y entre las líneas férreas, se puede producir hundimientos en la sección de contiene a las líneas del ferrocarril.

Evolución probable:

- Aumento del deterioro.
- Baches.
- Agrietamiento.

Actividades de mantenimiento:

- Severidad baja: No se hace nada.
- Severidad media: Parcheo superficial o parcial.

- Severidad alta: Parcheo superficial o parcial, reconstrucción.



Foto No. 2.33.

[30.]

3.3.5. REJILLAS, SUMIDEROS, TAPAS DE POZOS DE REVISIÓN.

Descripción:

- Las rejillas, sumideros, tapas de pozos de revisión, etc. son dispositivos adicionales que a pesar de no aportar estructuralmente al pavimento su presencia es imprescindible y vital para la conservación del mismo o simplemente están ahí por razones logísticas como es el caso de las tapas de los pozos de revisión del sistema de alcantarillado, red de electricidad, etc. Sin embargo la presencia de estos dispositivos suele formar deterioros puntuales cuando no se da un acabado o mantenimiento adecuado entre la calzada y el dispositivo lo que disminuye los niveles de seguridad de forma abrupta en una sección de pavimento pequeña.

- Es una práctica común que en las labores de repavimentación, recapeo y fresado de la capa de rodadura descuidar el nivel entre la calzada y los artefactos (rejillas, sumideros, etc.) provocando que en cada intervención se genere un desniveles muchas veces exagerado semejantes a “gradas” que llegan a ser un verdadero peligro y molestia para los usuarios sobre todo cuando el material del dispositivo ha fallado, se ha desprendido de la calzada o está ausente por estas razones es necesario una inspección estricta de estos artefactos.

Causas:

- Recapeo del pavimento, sin nivelar el dispositivo.
- Reciclado del pavimento (fresado) sin nivelar al dispositivo.
- Falla del material del dispositivo.
- Desintegración del acople para asentar las rejillas o tapas de los pozos de revisión.
- Ausencia de los dispositivos.

Severidad:

- No se atribuye niveles de severidad, aunque la ausencia de las rejillas, sumideros o tapas de pozos de revisión deben ser consideradas fallas graves por lo que su inmediata restitución es importante.

Evolución probable:

- Desportillamiento de los bordes de la calzada donde se acopla el dispositivo.

- Desintegración de la carpeta asfáltica de las zonas aledañas donde se halla este deterioro.

Actividad de mantenimiento:

- Si la causa del deterioro es la repavimentación, recapeo o reciclado de la carpeta asfáltica, se debe nivelar y reconformar las secciones donde se halla un dispositivo como rejillas o tapas de pozos de revisión, ya sea aumentando el nivel como es el caso en el recapeo o disminuyendo el nivel cuando se ha realizado fresado de la carpeta asfáltica.
- Si el material del dispositivo ha fallado se deberá cambiar el dispositivo por uno que esté en óptimas condiciones.
- Si hay ausencia del dispositivo, se debe restituir inmediatamente.



Foto No. 2.34. Av. La Florida, Quito.



Foto No. 2.35. Universidad Central, Quito.



Foto No. 2.36. Universidad Central, Quito.

**CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN
Y DIAGNÓSTICO
FUNCIONAL DE LAS
CARPETAS ASFÁLTICAS.**

3.0. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DE LAS CARPETAS ASFÁLTICAS.

3.1.P.C.I. (PAVEMENT CONDITION INDEX “ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO”).

Según ASTM [3] el sistema PAVER es un instrumento de evaluación y administración de pavimentos que fue desarrollado por el cuerpo de ingenieros de las fuerzas armadas de Estados Unidos, que constituye una metodología completa, de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas.

El objetivo del sistema PAVER es la determinación de la condición del pavimento a través de una investigación visual usando el método del índice de condición del pavimento (P.C.I.).

El PCI es un indicador numérico que provee una medida consistente y actual de la integridad estructural y la condición funcional del pavimento con una escala del 0 al 100 cuyos juicios de valor se detallan a continuación.

Tabla No. 3.1. Rangos del PCI.

85-100	EXCELENTE
70-85	MUY BUENO
55-70	BUENO
40-55	REGULAR
25-40	MALO
10-25	MUY MALO
0-10	PAVIMENTO FALLADO

Fuente: Adaptación de ASTM, *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*, Designation: D 6433-07.

Se debe tener claro que el PCI no mide la capacidad estructural, la rugosidad ni la resistencia al deslizamiento del pavimento, lo que sí, nos provee una base objetiva y racional para determinar las prioridades y las necesidades de mantenimiento y reparación que un pavimento puede requerir. [3]

El valor del PCI de un pavimento está en función de tres factores.

- Tipo de falla: Los pavimentos asfálticos, tratamientos superficiales bituminosos o carpeta asfáltica sobre un pavimento rígido son susceptibles a ciertos tipos de deterioros, por lo cual el sistema Paver utiliza para el análisis 19 tipos de fallas, las que son representativas de las cinco categorías que se mencionan en el capítulo 2.
- Densidad de la falla: Es la cantidad de la falla que afecta respecto del área de la muestra.
- Nivel de Severidad: Es la rigurosidad con la que el deterioro afecta al pavimento.

El valor del PCI está en función de los tres factores anteriores por esta razón se los ha relacionado utilizando las curvas de deducción que son un modelo de factor de ponderación con el fin de cuantificar el verdadero daño que un pavimento sufre debido a la combinación simultánea de ellos. Por esta razón la fase más importante de este sistema es la correcta recopilación de datos y su continua actualización ya que además de calcular el PCI posteriormente se desarrollaran los cronogramas, presupuestos y estrategias de mantenimiento.[3]

El continuo monitoreo de un pavimento y la actualización de PCI puede ser usado para establecer la tasa de deterioro de la estructura, lo que permite la temprana identificación de las mayores necesidades de rehabilitación y mantenimiento. El seguimiento y administración de la vida útil de la estructura además de otorgarnos información del comportamiento del pavimento es útil para validar o modificar el diseño del pavimento y los procedimientos de mantenimiento actuales.

Otro aspecto muy particular de esta metodología es que nos permite determinar de una forma lógica y cuantitativa las cantidades de obras para las actividades de mantenimiento así como los presupuestos para dicho fin.

3.1.1. Procedimiento para la determinación de las muestras a ser inspeccionadas.

Para la determinación de las muestras nos basaremos en la siguiente bibliografía ASTM, *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*, Designation: D 6433-07.

3.1.1.1. Identificar la red vial a la que pertenece el pavimento a ser evaluado, dividirla en tramos y posteriormente en secciones.

Debido a que los tramos de vía son generalmente muy extensos superando fácilmente los 20 Km es poco probable que las características del pavimento se mantenga similares en toda su extensión y para los efectos del sistema Paver se requiere analizar tramos que se comporten de manera similar de lo contrario se estará cometiendo un grave error al dar una misma calificación a tramos de vías que se comportan de maneras totalmente diferentes lo cual influenciara negativamente en la confianza de los resultados, del sistema utilizado y del evaluador, así como de las actividades de mantenimiento desarrolladas a partir de datos no reales lo que lleva a la subestimación o sobrestimación de las cantidades de obras. Por esta razón es importante dividir los tramos de acuerdo a los siguientes criterios tomando en cuenta que no existe un número límite de secciones en un tramo.

- Estructura del pavimento: la composición estructural de los pavimentos es uno de los aspectos más importantes al momento de dividir un tramo en secciones.
- Tráfico: el volumen y la intensidad del tráfico deben ser consistentes en la sección.
- Construcción: las secciones a ser analizadas deben haber sido construidas en el mismo tiempo.
- Clasificación cualitativa: las secciones deben presentar el mismo nivel de servicio.
- Drenaje y espaldones: es importante que las secciones presenten la misma calidad de drenaje y el mismo tipo y ancho de espaldones.

3.1.1.2. Determinar el número de muestras de la sección.

Se debe considerar que en un pavimento asfáltico el área de una muestra varía de 140 m² a 320 m². El número de muestras de una sección se calcula con la siguiente expresión.

$$N = \frac{As}{Am} \quad (\text{Ec. 3.1.})$$

Donde:

As = Área total de la sección.

Am = Área de la muestra.

El número de muestras a ser inspeccionadas varía de acuerdo a lo siguiente:

- Todas las muestras de la sección pueden ser inspeccionadas para calcular el PCI promedio de la sección.

Lo cual muchas veces no es viable porque este procedimiento requiere un esfuerzo considerable más aun cuando la sección es muy larga y por razones logísticas de administración de recursos ya que la evaluación de todas las secciones supone el uso inadecuado de mano de obra, recursos económicos y tiempo.

- Un numero de muestras que provean un nivel de confianza del 95 %, lo que significa que el PCI estimado de la sección se encuentra en un margen de error de no más de +- 5 puntos. Para lo cual se utiliza la siguiente expresión estadística.

$$n = \frac{N(S)^2}{\frac{e^2}{4}(N - 1) + S^2} \quad (Ec. 3.2.)$$

Donde:

N = Número total de muestras en la sección.

e = Error permisible al calcular el PCI de la sección ($e= 5$)

S = Desviación estándar del PCI de una muestra a otra entre la sección. Cuando se realiza la primera inspección la desviación estándar se asume 10 para pavimentos asfálticos.

Cuando la desviación estándar es asumida ésta debe ser confirmada de acuerdo a la siguiente expresión.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2}{n - 1}} \quad (Ec. 3.3.)$$

Donde:

n = número de muestras de la sección inspeccionada.

PCI_i = PCI de la muestra i .

PCI_s = PCI promedio de la sección calculada de acuerdo a:

$$PCI_s = \frac{\sum_{i=1}^n PCI_i}{n} \quad (Ec. 3.4.)$$

Las curvas del anexo Figura No. Anexo 3.1. también pueden ser empleadas utilizando un rango del PCI de la sección. Cuando la Figura No. Anexo 3.1. es utilizada para estimar el número de muestras a inspeccionar, se puede suponer una desviación estándar de 10 y un rango del PCI de 25 para un pavimento flexible.

Como se puede observar en la Figura No. Anexo 3.1. si el número total de muestras es mayor que 5 al menos 5 muestras deben ser inspeccionadas.

3.1.1.3. Una vez determinado el número mínimo de muestras a ser analizadas, se determina las muestras específicas a ser inspeccionadas para lo cual nos valemos de una técnica conocida como muestreo sistemático que consiste en lo siguiente.

3.1.1.3.1. Se determina el intervalo de muestreo (i) redondeado al número entero inferior con la siguiente expresión.

$$i = \frac{N}{n} \quad (\text{Ec. 3.5.})$$

Donde:

N = número total de muestras de la sección.

n = número de muestras a ser inspeccionadas.

3.1.1.3.2. La muestra inicial (s) se determina al azar entre 1 y el intervalo de muestreo (i).

3.1.1.3.3. Las siguientes muestras a ser inspeccionadas se definen como: ($s + i$), ($s + 2i$), ($s + 3i$), etc.

3.1.1.4. Selección de muestras adicionales.

Las muestras adicionales solo deben ser seleccionadas cuando se observa deterioros que no son representativos de la sección y/o cuando no han sido seleccionadas al azar. Estas muestras deben ser catalogadas como tales para que de esta manera su influencia no altere la precisión en el cómputo del PCI en la sección analizada.

3.1.1.5. Una vez que se han definido cuales son las muestras que van a ser inspeccionadas éstas deben ser marcadas para permitir a los inspectores y al personal de control de calidad su fácil localización en la superficie del pavimento ya sea para verificación de los datos recopilados, examinar variaciones en la calidad de una muestra específica o para permitir la futura inspección de la misma sección si se desea.

3.1.2. Recopilación de datos.

La recopilación de datos como ya se mencionó con anterioridad constituye la parte más importante del sistema Paver, razón por la cual un ingeniero civil debe ser el responsable de efectuarlo siguiendo estrictamente los conceptos que se han desarrollado para cada deterioro los cuales se muestran en los anexos en forma de catálogos que facilitarán su entendimiento y su manejo en campo.

- Equipo requerido.

Una de las cualidades de este sistema es que no necesita equipo especial o “costoso”. Los instrumentos más útiles son:

- Odómetro.
- Regla y calibrador.
- Catálogo de fallas.
- Cámara fotográfica.

- Seguridad.

La seguridad es uno de los aspectos más importantes a ser tomado en cuenta, ya que los datos a ser tomados se encontraran casi en su totalidad en la calzada dentro del área el flujo continuo de los vehículos dejando totalmente expuestos a los inspectores y ante una gran posibilidad de sufrir accidentes si no se rigen a medidas de seguridad mínimas como son:

- Realizar las inspecciones en días despejados, claros, sin presencia de lluvia o con signos de haber llovido.
- Las inspecciones deben ser realizadas en horas del día o tarde, nunca en la noche o en días oscuros, para que los inspectores puedan

observar a los vehículos que transitan, así como también puedan ser vistos por los conductores.

- Se debe tomar en cuenta las horas pico o las de máxima circulación vehicular para no causar problemas de circulación y embotellamientos.
- Los inspectores deben usar implementos de seguridad como: cascos, y chalecos retrorreflectivos, con colores llamativos que resalten en el medio para que puedan ser observados oportunamente por los conductores.
- La utilización de dispositivos controladores de tráfico son una buena opción al momento de ofrecer seguridad a los trabajadores, estos dispositivos pueden ser: conos canalizadores, barreras, señales móviles de obras.
- Se debe destinar a una persona para que con señales móviles con una bandera roja alerte y anticipe a los conductores la presencia de los inspectores.
- Finalmente se debe contar con un plan de emergencias ante cualquier eventualidad como: rutas a hospitales, números directos de emergencia, botiquines de primeros auxilios, coordinación con los equipos de emergencia como bomberos, hospitales, policía, etc.

- Procedimiento.

Utilizando el catálogo de fallas y hojas de campo se procede a definir las fallas con su nivel de severidad y su dimensión ya sea área, longitud o unidades.

Por último se toma una foto de la falla en toda su extensión para que el reporte sea completo.

3.1.3. Procedimiento para el cálculo del PCI de una muestra seleccionada.

El siguiente procedimiento y las expresiones fueron desarrolladas por: ASTM, *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*, Designation: D 6433 - 07.

3.1.3.1. Registre cada tipo de falla que se observe en la muestra analizada, con su nivel de severidad y con su cantidad que puede ser medida en área y longitud dependiendo de su naturaleza.

3.1.3.2. Determine la densidad de la falla en términos de porcentaje respecto del área de la muestra dividiendo la cantidad total de cada falla con su respectivo nivel de severidad para el área total de la muestra.

3.1.3.3. Determine el valor de deducción (DV) para cada tipo de falla con su respectivo nivel de severidad mediante las curvas del valor de deducción de cada tipo de falla que se adjuntan en los apéndices.

3.1.3.4. Determinar el máximo valor de deducción corregido (CDV) de acuerdo a:

3.1.3.4.1. Si ninguno o solo uno de los valores deducidos es mayor que 2 se usa el valor de deducción total en vez del valor de deducción corregido. Caso contrario se procede de la siguiente manera.

3.1.3.4.2. Se realiza una lista con los valores de deducción individuales en orden descendente.

- Se determina el número máximo admisible de valores deducidos (m) utilizando la siguiente expresión.

$$m = 1 + \frac{9}{98}(100 - HDV) \leq 10 \quad (Ec. 3.6.)$$

Donde:

HDV = mayor valor de deducción individual.

- El número de valores de deducción individuales se reduce a *m*, inclusive su parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que *m* se utilizan los que se tienen.
- Se determina el máximo valor de deducción corregido (CDV).
 - Se determina el valor de deducción total sumando los valores de deducción individuales.
 - Determine *q* como el número de deducciones con los valores mayores a dos.
 - Determine el CDV con el valor total de deducción y *q* de acuerdo a la curva de deducción corregida.
 - Siga un proceso interactivo reduciendo el valor de deducción individual mayor que 2 hasta que *q*= 1.
 - El CDV es el mayor CDV obtenido con el proceso interactivo que se indicó en el paso anterior.

3.1.3.5. Finalmente se calcula el PCI con la siguiente expresión.

$$PCI = 100 - \max CDV \quad (Ec. 3.7.)$$

3.1.4. Aspectos que deben ser tomados en cuenta para la recopilación de datos. [3]

3.1.4.1. Problemas comunes durante la inspección en campo.

- Si las fallas Piel de cocodrilo y Ahuellamiento se presentan en la misma área, éstas deben ser registradas por separado con su correspondiente nivel de severidad.
- Si se considera Exudación no se considera Agregados pulidos en la misma área.
- Si una fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con un nivel de severidad diferente debe ser registrado por separado. Sin embargo si los niveles de severidad de una porción de la fisura no puede dividirse fácilmente esa porción debe ser registrada con el nivel de severidad mayor que presente.
- Si cualquier falla incluido fisuras o baches aparecen en el área de un Parche, ésta no se la registra por separado, sin embargo se la considera al determinar el nivel de severidad del Parche.
- Para considerar la falla Agregado pulido se debe presentar una cantidad considerable de Agregados pulidos.
- Si se producen Desniveles localizados en las fisuras de reflexión, se registran por separado.

3.1.4.2. Calidad de rodadura.

La calidad de rodadura debe ser evaluada para establecer la severidad de los siguientes deterioros.

- Desniveles localizados.

- Corrugación.
- Cruce de ferrocarril.
- Desplazamientos.
- Hinchamientos.

Para determinar los efectos que estos deterioros provocan en la calidad de rodadura, el inspector debe manejar un vehículo tipo sedán ya que es el más representativo a una velocidad normal de operación y usar los siguientes criterios de calidad de rodadura.

- Baja severidad: se producen vibraciones en el vehículo pero no se requiere disminuir la velocidad ya sea por comodidad o por seguridad, los abultamientos y hundimientos provocan rebote de los vehículos pero producen poca incomodidad al conductor.
- Mediana severidad: las vibraciones en el vehículo son significativas, se hace necesario la reducción de la velocidad por comodidad y seguridad. Los abultamientos y hundimientos provocan movimientos un tanto bruscos del vehículo que causan incomodidad.
- Alta severidad: las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que se debe reducir la velocidad por comodidad y seguridad. Los abultamientos y hundimientos provocan movimientos tan bruscos del vehículo que se pone en riesgo la seguridad del conductor, que crea gran incomodidad y alto potencial de daño en el vehículo.

3.2. I.R.I. (INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX “ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL”).

3.2.1. Regularidad de la superficie de un pavimento.

Según ASTM [4] la “rugosidad” es la desviación de la superficie de un pavimento con respecto a una superficie plana ideal con dimensiones tales que afecten la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje.

Cuando los usuarios de las vías transitan sobre ellas, podrán notar que la superficie de la estructura no es perfectamente regular, de hecho presenta ciertas irregularidades “altibajos” que se manifiestan en movimientos del vehículo que puede variar desde apenas perceptibles hasta bruscos que afectan directamente a la comodidad y la seguridad de los usuarios.

Por lo tanto, se puede definir a la irregularidad de la superficie del pavimento como una característica propia de este tipo de estructuras, mediante la cual podemos determinar la condición de un pavimento en términos de funcionalidad, o sea, a través de una cuantificación de la irregularidad que presenta la superficie de un pavimento podemos calificar su estado y posteriormente definir las acciones pertinentes que se realizarán.

La evaluación de la regularidad de la superficie de un pavimento se ha convertido en una herramienta muy útil para la administración de los pavimentos proporcionando valiosa información para priorizar las actividades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de las vías, así como, permitimos realizar inventarios de la condición

de las redes viales y así poder pronosticar y definir las acciones relevantes en el futuro y poder realizar un plan estratégico anticipado que contemple las actividades a realizarse, el financiamiento, la metodología de trabajo, entre otros; como sería en el caso de reconstrucciones de secciones de vías, que involucran un sin número de actividades de construcción, una cantidad considerable de recursos económicos, el cierre de esa sección, proponer rutas alternas, impactos ambientales, etc. Dicho de otra manera definir: Cuando, donde y como se realizaran actividades a gran escala.

3.2.2. DESARROLLO DEL I.R.I.

El Banco Mundial auspicio algunos programas de investigación a gran escala en la época de 1970 donde se investigó algunas alternativas básicas frente al desarrollo de los países. ¿Deben los gobiernos solicitar préstamos para construir vías de excelente calidad pero costosas? o ¿Deben ahorrar dinero construyendo vías de mala calidad pero baratas? Dichas investigaciones dieron como resultado que las vías de mala calidad también resultan costosas para los países, debido principalmente a los costos de operación, tales como daños en los vehículos, y consumo de combustible.[14]

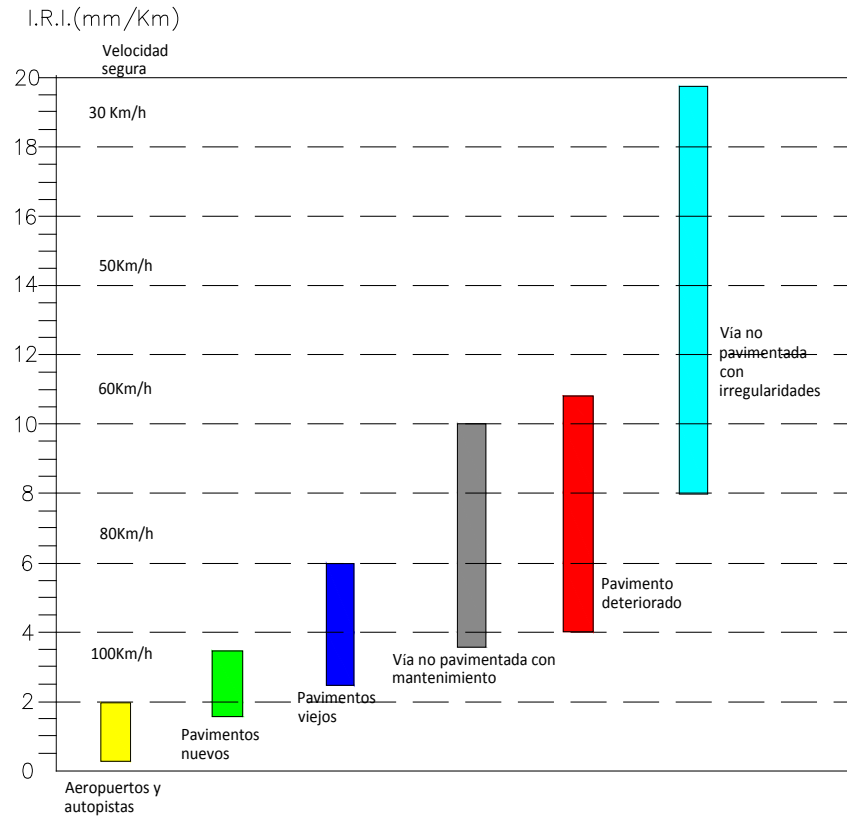
El estudio del proyecto que relacionaba la relación de la calidad de las vías y los costos para los usuarios identificó a la “rugosidad” como el factor principal en el análisis, pero surgió un problema, los datos (medida de la rugosidad o irregularidad de las vías) de diferentes países no pudieron ser comparados, incluso datos del mismo país fueron sospechosos ya que las medidas se basaron en métodos que no eran estables en el tiempo.

En 1982 el Banco Mundial (World Bank) gracias a un equipo de investigadores internacionales realizaron en Brasil un experimento denominado INTERNATIONAL ROAD ROUGHNESS EXPERIMENT, que consistía en medir la rugosidad de algunas carreteras bajo diferentes condiciones utilizando diferentes instrumentos y metodologías para establecer una correlación. Es así como se seleccionó un parámetro de medición de la rugosidad superficial de las carreteras definiéndolo como: I.R.I (International Roughness Index “Índice de Rugosidad Internacional o Índice de Regularidad Internacional”).

El I.R.I. según *SAYERS, GILLESPIE, y PATERSON*,[15] es un indicador estadístico de la irregularidad o “rugosidad” de la superficie de un perfil longitudinal de una sección del pavimento, medido en la huella del tránsito (área de interacción estructura-neumáticos) que se define como la pendiente promedio rectificadas, que es la razón entre el movimiento acumulado de la suspensión de un vehículo dividido para la distancia total recorrida, basándose en la simulación de la respuesta a la irregularidad de la superficie de un vehículo viajando a una velocidad de 80 Km/h.

A continuación se indica una escala con valores típicos del I.R.I. para diferentes clases de pavimentos propuesto por el estudio realizado por el Banco Mundial y la velocidad con la que es seguro transitar para los diferentes rangos del I.R.I.

Figura No. 3.1. Rangos del IRI.



Fuente: Adaptado de Michael W. Sayers, Steven M. Karamihas, *The Little Book of Profiling, Basic information about measuring and interpreting road profiles*. Michigan, 1998.

De acuerdo con la definición del IRI se puede realizar una escala, cuyo valor inicial es $IRI = 0$ pero se debe tener claro que este valor inicial es teórico, ya que representaría una superficie totalmente lisa, cosa que en la práctica es inconcebible debido a que para la materialización de un pavimento muchas veces los constructores se ven obligados a recurrir a prácticas constructivas que de una u otra manera aumentan la medida del IRI. Por otro lado, el IRI no tiene un límite superior pero estructuras pavimentadas con un valor del IRI alrededor de 8 m/Km Michael W.

Sayers y Steven M. Karamihas [14] lo definen como intransitables excepto si la velocidad de circulación es reducida notablemente.

La siguiente tabla es una recomendación de Transportation Research Board para la calificación de un pavimento de acuerdo al IRI y al TPDA (tráfico promedio diario anual).

Tabla No. 3.2. Calificación del IRI en función de TPDA.

Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)	Índice Internacional de Rugosidad, IRI (m/km)						
	0 – 2	2 – 4	4 – 6	6 – 8	8 - 10	10 – 12	> 12
0 – 4 999	<i>Muy bueno</i>		<i>Bueno</i>				
5 000 – 9 999			<i>Regular</i>		<i>Malo</i>		
10 000 – 19 999					<i>Muy malo</i>		
> 20 000							

Fuente: Orozco Juan Manuel, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Ricardo Solorio Murillo, Alfonso Pérez Salazar, María Ariadna Sánchez Loo, Sandra Torras Ortiz, *Sistema de Evaluación de Pavimentos versión 2.0*, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Instituto Mexicano del Transporte, Publicación técnica No 245, Sanfandila 2004.

3.2.3. Cálculo del IRI.

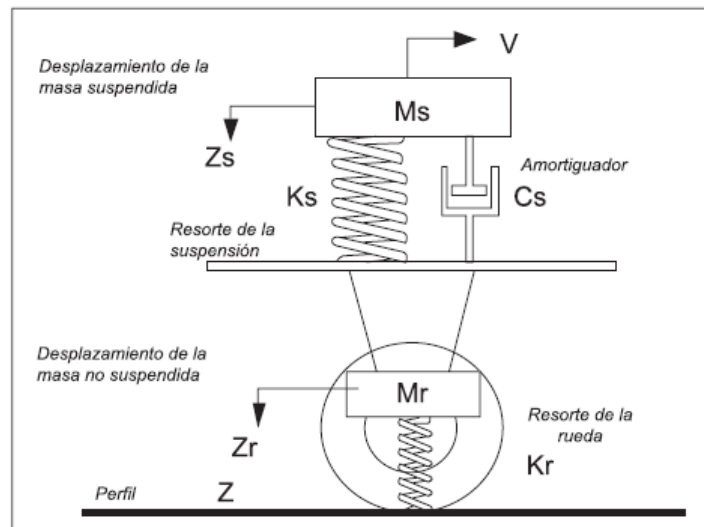
El cálculo del IRI involucra la utilización de herramientas informáticas, estadísticas y matemáticas que nos permiten calcular la medida de irregularidades asociada a la superficie de un pavimento cuyos procesos se detallan a continuación. [9]

- Medir las cotas del perfil longitudinal analizado.
- Los datos obtenidos son sometidos a un primer filtro para simular el comportamiento entre los neumáticos y la superficie del pavimento y para reducir la sensibilidad del algoritmo del I.R.I. al intervalo de muestreo.
- Al perfil resultante se le somete a un segundo filtro, que es la aplicación del modelo matemático del cuarto de carro a una velocidad de 80 Km/h mediante el cual se registran los desplazamientos verticales no deseados inducidos a un vehículo estándar.

El modelo de cuarto de carro consiste en lo siguiente:

Es una representación simplificada de una sola rueda de un vehículo estándar, por esta razón el modelo se lo conoce como “cuarto de carro”, esta representación consiste en una masa amortiguada (masa de un cuarto de carro ideal) conectada a una masa no amortiguada (eje y el neumático) a través de un resorte y un amortiguador, finalmente el neumático es representado como un resorte.

Figura No. 3.2. Modelo matemático del cuarto de carro.



Fuente: Ing. Gustavo Badilla Vargas, Determinación de la Regularidad Superficial del Pavimento, Mediante el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI).

Donde:

M_s = Masa suspendida (cuarto de carro).

M_r = Masa no suspendida (eje y neumático).

k_s = Constante de resorte de la suspensión.

k_r = Constante de resorte de la rueda.

C_s = Amortiguador.

Los parámetros del cuarto de carro han sido definidos en NCHRP REPORT 228 (National Cooperative Highway Research Program) denominándolos The Golden Car los cuales se dan a conocer a continuación.

$$\frac{k_s}{M_s} = 63.3 \quad \frac{k_r}{M_s} = 653 \quad \frac{C_s}{M_s} = 6 \quad \frac{M_r}{M_s} = 0.15 \quad (\text{Ec. 3.8.})$$

- Final mente se calcula el IRI como el movimiento acumulado de la suspensión del vehículo ideal dividido para la longitud analizada, expresado en m/Km .

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^{\frac{x}{v}} |\dot{Z}_s - \dot{Z}_r| dt \quad (\text{Ec. 3.9.})$$

Donde:

L = longitud analizada.

$\frac{x}{v}$ = tiempo que tarda el modelo en recorrer una distancia x .

\dot{Z}_s = velocidad vertical de la masa del vehículo (cuarto de carro).

\dot{Z}_r = velocidad vertical de la masa del eje y el neumático.

Fuente: Ing. Fernando Caro e Ing. Germán Peña, *Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica*, Intekhnia | Vol. 7 | No. 1 | enero - junio de 2012 | ISSN: 1900-7612 | pp. 57 - 72

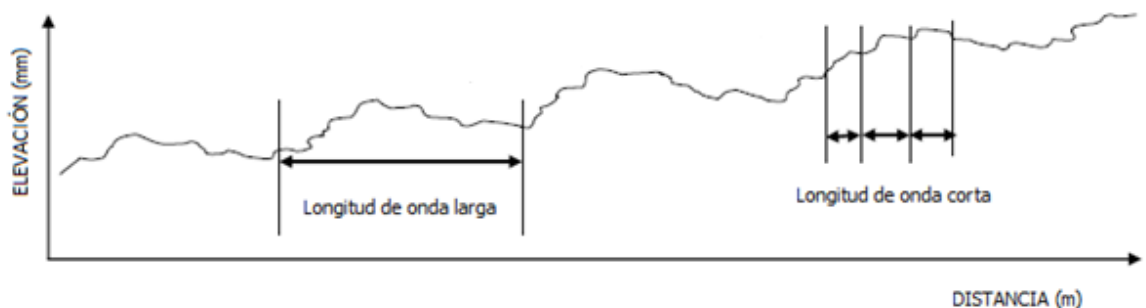
3.2.4. Aspectos a considerar en el cálculo del IRI.

3.2.4.1. LONGITUD DE ONDA Y LA RELACIÓN CON LA “RUGOSIDAD”.

Un perfil longitudinal puede ser dividido en un determinado número de sinusoides, cada uno con diferente longitud de onda, que varía desde muy corta hasta muy larga.

En la siguiente figura se puede observar un perfil longitudinal con sinusoides de diferentes longitudes de onda.

Figura No. 3.3. Longitudes de onda en un perfil-



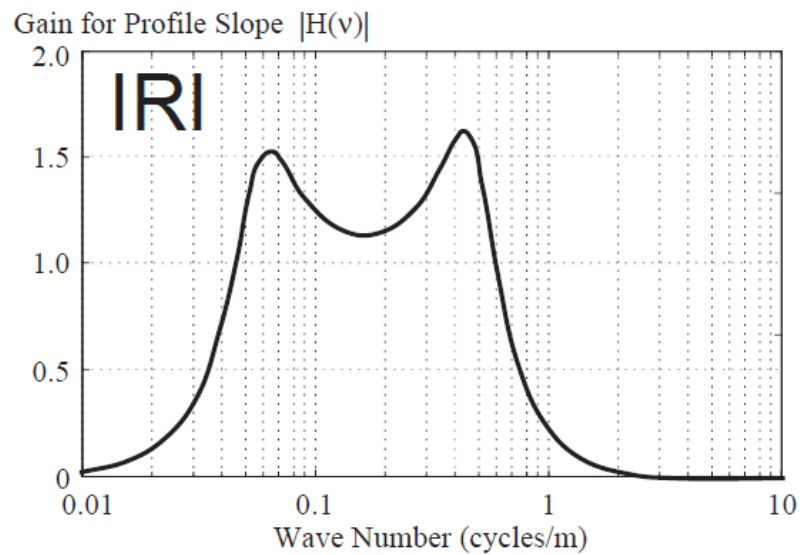
Fuente: Adaptada de Committee of Transport Officials. *Guidelines for Network Level Measurement of Road Roughness*. South Africa, 2007.

Es muy importante tener en cuenta que para el cálculo del IRI se considera aquellas irregularidades no deseables (que reducen la calidad de rodadura), una vez aclarado lo anterior se puede asegurar que no todos los sinusoides que componen un perfil longitudinal son importantes para el cálculo del IRI, según Michael W. Sayers y

Steve M. Karamihas [14] el IRI está influenciado por longitudes de onda entre 1.2 m - 30 m.

En la siguiente figura se muestra la incidencia del perfil en el IRI a partir del filtro del modelo del cuarto de carro para diferentes longitudes de onda.

Figura No. 3.4. Longitud de onda y relación con la rugosidad.



Fuente: Michael W. Sayers y Steven M. Karamihas, The Little Book of Profiling, University of Michigan, 1998.

En la figura se observa que el senoide tiene valores máximos en números de onda cercanos a 0.065 ciclos/m (longitud de onda alrededor de 15 m) y 0.42 ciclos/m (longitud de onda alrededor de 2.4 m). Mientras que la incidencia cae para números

de onda alrededor de 0.033 ciclos/m (longitud de onda alrededor de 30m) y 0.8 ciclos/m (longitud de onda alrededor de 1.25 m).

Concluyendo Sayers y Karamihas [14] que para longitudes de onda muy corta (menores a 1.25m) que usualmente corresponden a la textura de la superficie el aporte para el cálculo del IRI es despreciable, y para las longitudes de onda muy larga (mayores a 30m) que pueden ser propias de la geometría de la vía como curvas verticales tampoco reflejan gran incidencia en el cálculo del IRI.

Por otro lado, el rango de longitud de onda que si provoca gran incidencia para el cálculo del IRI son de 1.25 m a 30 m y éstas corresponden a los diferentes deterioros que presenta un pavimento como: baches, juntas, hundimientos, abultamientos, corrugaciones, fisuras, etc.

Si se desea ampliar información acerca de la discusión de sinusoides y filtros para medir el IRI puede ser encontrado en la siguiente bibliografía: Michael W. Sayers, Steven M. Karamihas, The Little Book of Profiling, University of Michigan, 1998.

3.2.4.2. VARIACIÓN DEL IRI SEGÚN LA LONGITUD DE EVALUACIÓN.

Conceptualmente la medida del IRI depende estrictamente de la longitud analizada. Por esta razón su medida puede variar significativamente dependiendo de cuan larga o cuan corta sea la longitud del perfil, de tal manera que para un mismo perfil, medido con los mismos instrumentos y bajo las mismas condiciones se puede tener diferentes valores del IRI. Esto se debe a que la medida del IRI es un índice estadístico que mide el valor medio de los IRIs unitarios a lo largo del perfil

analizado (media móvil) por lo tanto hay dos cualidades que se debe tener muy presente a la hora de determinar la longitud de la sección que va a evaluarse, las cuales son: [5]

- Longitudes muy extensas tienden a encubrir niveles de irregularidad superficial elevados.
- Longitudes muy cortas tienden a magnificar los niveles de irregularidad superficial.

Una vez aclarado que para el cálculo del IRI es perjudicial tanto el análisis de una longitud muy extensa como una muy corta para los cuales los resultados no son confiables, mucho menos aptos para ser recibidos, algunos autores de importantes obras e ingenieros con vasta experiencia sugieren que para que los datos sean representativos a lo largo del perfil analizado, éste tenga una longitud de 100 m.

En la siguiente tabla, el Ing. Gustavo Badilla Vargas [5] nos demuestra como las variaciones en la longitud del intervalo de medición del IRI tiene incidencia directa en los resultados, de tal forma que los resultados se “suavizan a medida que la longitud de análisis aumenta.

Tabla No. 3.3. Variación del IRI según la longitud de evaluación.

Estación inicial (m)	Estación final (m)	Valores de IRI promediando resultados del RSP a diferentes intervalos			
		Cada 5 m	Cada 20 m	Cada 50 m	Cada 100 m
0	5	11.4	9.7	6.1	4.5
5	10	10.5			
10	15	13.0			
15	20	4.0			
20	25	3.8	3.3		
25	30	3.7			
30	35	3.5			
35	40	2.2			
40	45	4.6	4.5		
45	50	4.8			
50	55	3.8			
55	60	4.8			
60	65	2.8	2.5	2.9	
65	70	1.7			
70	75	2.3			
75	80	3.1			
80	85	3.0	2.7		
85	90	3.6			
90	95	1.6			
95	100	2.8			

Fuente: Ing. Gustavo Badilla Vargas, *Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Costa Rica, 2009.

3.2.5. Importancia del cálculo del IRI inicial de un pavimento como control de calidad de construcción y como comportamiento de la estructura a largo plazo. [19]

El valor del IRI aumenta a medida que transcurre la vida útil del pavimento, viéndose más afectado cuando se han alcanzado valores de IRIs iniciales (valor del IRI terminada la construcción) demasiado elevados.

Con un valor inicial del IRI se puede analizar dos aspectos muy importantes acerca de la construcción de un pavimento que son: la calidad de la obra y el

comportamiento de la estructura a lo largo de su vida útil. Cuidando estos dos parámetros se estará asegurando de cierta manera de la inversión que supone una obra de gran magnitud como es la construcción de pavimentos.

Se considera una buena práctica que los organismos encargados de la administración de pavimentos conozcan los valores del IRI inicial de la red vial que se encuentren en su jurisdicción porque además de ser una herramienta muy útil para la elaboración de estrategias de mantenimiento vial puede ser usado como una especificación técnica para la recepción de las obras de mayor importancia con lo que la fiscalización estará respaldada con controles de calidad y buenas prácticas de construcción para asegurar una buena regularidad de la superficie del pavimento reflejada en valores del IRI cercanos a cero. Por otro lado de acuerdo con el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida útil, un pavimento nuevo que presente valores altos del IRI estará expuesto a efectos dinámicos los cuales provocaran modificaciones en sus estados de esfuerzos y deformaciones desde tempranas edades de la estructura lo que seguramente conllevara a actividades de mantenimiento a edades muy tempranas y en el peor de los casos a procesos de rehabilitación y reconstrucción a edades prematuras.

Si se desea ampliar información acerca de la importancia del IRI inicial se recomienda la siguiente bibliografía muy útil en la cual incluso se hacen recomendaciones para la etapa de construcción Ministerio de Obras Públicas, Transporte, y De Vivienda y Desarrollo Urbano Viceministerio de Obras Públicas Unidad de Investigación y Desarrollo Vial, *Aspectos que inciden en la regularidad de una capa de rodadura, construida a base de mezcla asfáltica en caliente*. El Salvador, 2009.

3.3. PSI (PRESENT SERVICEABILITY INDEX “ÍNDICE DE SERVICIO ACTUAL DEL PAVIMENTO”)

Hasta el momento se ha estudiado el PCI que es una medida de la condición del pavimento desde el punto de vista de un inventario de los deterioros y su densidad en la superficie del pavimento, se ha estudiado también el IRI que es la medida de la irregularidad de la superficie de un pavimento a lo largo de un perfil longitudinal determinado. Ahora vamos a analizar la calidad de un pavimento desde el punto de vista subjetivo de los usuarios o sea una medida de la sensación que perciben las personas al transitar por una vía (comodidad, confianza y seguridad).

La AASHO Road Test en 1950 desarrollo un modelo de evaluación del nivel de servicio de un pavimento de acuerdo al juicio de los encuestados, quienes calificaban el desempeño del pavimento en una escala graduada de 0 a 5, en donde 0 correspondía a una condición del pavimento muy mala mientras que 5 a una condición excelente. [14]

La ASSHO Road test definió a esta medida como PSR (Present serviceability Index “Medida del Nivel de Servicio Actual) la cual se basa en: La capacidad de una sección específica de pavimento de ofrecer un buen servicio a alta velocidad, alta densidad de tráfico, diferentes tipos de vehículos como automóviles, camiones, etc., de acuerdo a la percepción de los usuarios.

Por lo tanto el PSR es la medida de la capacidad de un pavimento de ofrecer a los usuarios condiciones de comodidad y seguridad durante el uso de la estructura.

Estudios realizados por la ASSHO ROAD TEST, Report 7, Summary Report, Highway Research, Special Report 61G, Washington, D.C., 1960 observo que el 95 % del nivel de servicio de un pavimento es influenciado por la “rugosidad” de la superficie de la estructura. Por esta razón una medida de la calidad de viaje o “rodadura” era importante.

A continuación se muestra una hoja de campo adaptada de la ASSHO Road Test para realizar las encuestas.

Figura No. 3.5. Hoja de encuesta PSI.

¿Aceptable?		5	Excelente
Si	<input type="checkbox"/>	4	Bueno
No	<input type="checkbox"/>	3	Regular
Indeciso	<input type="checkbox"/>	2	Malo
		1	Muy malo
		0	Condición
Sección _____			
Calificación _____	Fecha _____	Hora _____	Vehículo _____

Fuente: Adaptado de Michael W. Sayers, Steven M. Karamihas, The Little Book of Profiling, University of Michigan, 1998.

3.3.1. Relación PSR – IRI.

Como se ha mencionado anterior mente, el PSR es una medida subjetiva de la condición de un pavimento, y esta medida depende del criterio y la percepción que los encuestados tienen acerca de la condición de un pavimento; dos puntos de vista que cambian de persona a persona de acuerdo a diferentes factores los cuales son determinantes a la hora de dar un juicio. Por lo que se desarrollaron modelos de regresión para estimar el PSR de acuerdo a variables que midan físicamente el deterioro de un pavimento, en otras palabra se pretendía calcular el “nivel de servicio del pavimento” a través de procedimientos objetivos y consistentes como por ejemplo el IRI.

A este nuevo parámetro que se basaba en una cuantificación objetiva se lo denomino PSI (Present serviceability Index o “Índice de Servicio Actual del Pavimento).

Existen un sin número de correlaciones entre el PSI y el IRI, sin embargo las siguientes estimaciones del PSI en función del IRI para pavimentos flexibles son las que recomiendan ingenieros con una amplia experiencia en el tema.

BASKAR AL-OMARI y MICHAEL DARTER [6] recomiendan la siguiente expresión.

$$PSI = 5e^{-0.26IRI} \quad (Ec. 3.10.)$$

WILLIAN PATERSON [6] recomienda la siguiente expresión:

$$PSI = 5e^{-0.18IRI} \quad (Ec. 3.11.)$$

Si se desea conocer más correlaciones entre PSI e IRI y la determinación de las expresiones se sugiere las siguientes bibliografías:

- BASKAR AL-OMARI AND MICHAEL DARTER, *Relationships between International Roughness Index and Present Serviceability Rating*, In-Terim Report, UILU-ENG-92-2013, Illinois, Department of Transportation, 1992.
- M. G. Lay, *Handbook of Road Technology 4th Edition*, Spon Press, USA, Canada, 2010.

CAPÍTULO 4:
MANTENIMIENTO DE
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

4.0. MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

Históricamente se han priorizado la construcción de nuevas carreteras y vías en general sin darle la debida importancia a la conservación de aquellas ya existentes, incluso se puede dar el caso que una estructura de pavimento sea construida sin contar con un plan de mantenimiento que no solo asegure la inversión que supone la construcción de este tipo de estructuras, sino también el beneficio de su utilización.

Ya sea el caso de una vía existente o de una nueva que acaba de ser construida, ambas tienen un período de vida útil, que es el tiempo durante el cual se espera que las estructuras ofrezcan de forma adecuada e ininterrumpida su servicio. Pero esperar que una carretera cumpla con el período de vida útil sin que sea garantizada su integridad es una de las causas que llevan a la necesidad de rehabilitación o reconstrucción a edades prematuras o en casos extremos al colapso de la estructura, pues los pavimentos están expuestos a procesos degenerativos continuos como el deterioro normal, el envejecimiento, defectos constructivos, aplicación de cargas, condiciones ambientales, etc. por lo que a las actividades de mantenimiento se las puede considerar como aquellas medidas que ayudan a un pavimento a cumplir con el tiempo de vida útil para el cual fue diseñado, desde luego bajo condiciones normales.

El mantenimiento de pavimentos son aquellas actividades técnicas y administrativas, orientadas a la conservación de los niveles adecuados de funcionamiento para que estas estructuras puedan ser utilizadas bajo condiciones de tráfico y ambientales normales o lógicamente predecibles.

Las actividades de mantenimiento son necesarias para *prevenir* el deterioro de los pavimentos, *corregir* los diferentes deterioros que se pueda presentar, ya sea por el uso normal de la estructura o por casos fortuitos e inesperados (emergencias), y *reconstruir o rehabilitar* las secciones de pavimento que por una u otra razón han perdido las características que las hacen transitables.

4.1. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE CARPETAS ASFÁLTICAS.

4.1.1. TRATAMIENTO DE FISURAS.

Tratamientos puntuales destinados a cubrir las fisuras y prevenir la entrada de agua y escombros dentro de ellas, los beneficios del tratamiento de fisuras puede no se manifieste inmediatamente pero ciertamente será evidente a largo plazo, cuando el pavimento o las secciones tratadas presenten mejor condición que aquellas no lo fueron.

A continuación se resumen las actividades destinadas al tratamiento de fisuras recomendadas por la siguiente bibliografía: *ANN M. JOHNSON, P. E., BEST PRACTICES HANDBOOK ON ASPHALT PAVEMENT MAINTENANCE, MINNESOTA T2/LTAP PROGRAM, CENTER FOR TRANSPORTATION STUDIES, UNIVERSITY OF MINNESOTA, FEBRUARY 2000, MINNESOTA.*

Tabla No. 4.1.

CLEAN AND SEAL (CRACK SEALING)	
Descripción	Esta actividad puede ser usada para todas los tipos de fisuras, consiste básicamente en limpiar la fisura y sellarla
Propósito	Reduce o previene la entrada de agua y material incompresible dentro de la estructura, impidiendo que el pavimento se expanda y contraiga provocando ciclos diarios de esfuerzo - deformación
Sincronización	Utilizar este método cuando las fisuras aun presentan un nivel de severidad tal que el tratamiento sea económico o sea las fisuras longitudinales y transversales no están rodeadas de fisuras secundarias
Método constructivo	Consiste en la utilización de un chorro de aire comprimido que puede ser caliente dentro de la fisura con el propósito de retirar los escombros y secar dentro de la fisura, posteriormente rellenar con un sellante
Vida útil	Si las fisuras son tratadas en el momento correcto, se puede esperar que su correcto desempeño dure hasta 3 años
Control de tráfico	La sección tratada no debe ser abierta al tráfico hasta que el sellante cure
Limitaciones	Cantidades excesivas de sellante puede reducir la resistencia al deslizamiento
Precauciones	La humedad reduce la adherencia entre el sellante y las paredes internas de la fisura

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.2.

SAW AND SEAL (CRACK SEALING)	
Descripción	Este método es útil para crear juntas transversales a espacios regulares a lo largo de un pavimento recién colocado, posteriormente las juntas se sellan
Propósito	Controla las fisuras por contracción debido a variaciones térmicas, ideal para evitar fisuras transversales, y el sellado reduce o previene la entrada de agua o material incompresible dentro de la estructura, impidiendo que el pavimento se expanda y contraiga provocando ciclos diarios de esfuerzo - deformación
Método constructivo	Con una sierra realizar una sola pasada a lo ancho del pavimento recién colocado, posteriormente la junta debe ser sellada, la distancia entre juntas de dilatación está en función del gradiente térmico de la zona
Sincronización	Realizar por lo menos 48 horas después de pavimentada la sección
Vida útil	Estudios han revelado que la vida útil es de alrededor de 7 años
Control de tráfico	La sección tratada no debe ser abierta al tráfico hasta que el sellante cure
Limitaciones	Cantidades excesivas de sellante puede reducir la resistencia al deslizamiento
Precauciones	La humedad reduce la adherencia entre el sellante y las paredes internas de la fisura

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.3.

ROUT AND SEAL (CRACK SEALING)	
Descripción	Utilizar este método para corregir fisuras longitudinales y transversales, utilizando una sierra eléctrica se ajusta el ancho de la fisura y se crea un canal en la mitad de la grieta, luego de aplicar un chorro de aire caliente a presión y se sella la fisura
Propósito	Reduce o previene la entrada de agua o material incompresible dentro de la estructura, impidiendo que el pavimento se expanda y contraiga provocando ciclos diarios de esfuerzo - deformación
Método constructivo	Básicamente consiste en adecuar a la fisura conformando un canal en el centro de ésta con el propósito de limpiarla, secarla y que el material sellante penetre adecuadamente la fisura
Sincronización	Para que sea un éxito, realizar esta actividad a tempranas edades del pavimento, cuando comienzan a aparecer fisuras de baja severidad
Vida útil	Si las fisuras son tratadas en el momento correcto, se puede esperar que su correcto desempeño dure hasta 3 años
Control de tráfico	La sección tratada no debe ser abierta al tráfico hasta que el sellante cure
Limitaciones	Cantidades excesivas de sellante puede reducir la resistencia al deslizamiento
Precauciones	La humedad reduce la adherencia entre el sellante y las paredes internas de la fisura

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.4.

CRACK FILLING	
Descripción	Crack Filling difiere de Crack Sealing principalmente en la preparación que se da a la grieta antes de ser preparada y en el tipo de sellante. Mientras que Crack sealing es utilizada en pavimentos nuevos con grietas estrechas, el Crack filling mas bien es aplicado en pavimentos "viejos" cuyas fisuras son de mayor ancho y se presentan de forma interconectadas unas con otras
Propósito	Reduce la entrada de agua y escombros dentro de la grieta y detiene el deterioro progresivo de la misma al impedir que sus bordes se desportillen
Método constructivo	La preparación de la grieta es mínima, consiste en la aplicación de un chorro de aire caliente para limpiarla y secarla, antes de aplicar el material de relleno
Sincronización	Principalmente utilizada en pavimentos "viejos" con grietas anchas
Vida útil	Tiene una vida útil muy corta aunque en general depende del material utilizado, por ejemplo, si se utiliza emulsiones la vida útil será de algunos meses a 1 año, si se utilizan asfaltos densos la vida útil variara de 1 - 2 años, mientras si se utiliza micropavimento para rellenar la fisuras la vida útil puede alargarse hasta los 3 años
Control de tráfico	El tráfico puede ser abierto inmediatamente
Limitaciones	No previene la entrada de agua al nivel que si lo hace las actividades de Crack Sealing
Precauciones	La humedad reduce la adherencia entre el sellante y las paredes internas de la fisura

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.5.

FULL - AND PARTIAL - DEPTH CRACK REPAIR	
Descripción	Involucra el frezado de un faja que presenta gran densidad de fisuras interconectadas, la que luego es rellenada con una mezcla asfáltica en caliente, seguido de compactación para asegurar densidad
Propósito	Estas actividades son necesarias para restablecer el material de la superficie del pavimento
Método constructivo	Se debe realizar una zanja de aproximadamente 20 - 30 milímetros, retirando todo el material deteriorado, a continuación se la rellena con mezcla asfáltica caliente y se procede a compactarla hasta dejarla perfectamente nivelada con la calzada
Sincronización	Cuando a edades prematuras se observe la aparición de fisuras secundarias que lleguen a interconectarse
Vida útil	La vida útil de este tratamiento si se ha logrado una buena compactación puede durar hasta 5 años
Control de tráfico	Restablecer el flujo vehicular una vez que la mezcla haya sido compactada
Limitaciones	Se debe considerar las medidas correctas para la compactación del material asfáltico
Precauciones	Se debe tener cuidado de no dejar desniveles localizados en las áreas tratadas

Fuente: El autor.

4.1.2. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.

Los tratamientos superficiales consisten básicamente en renovar la superficie de un pavimento existente e impermeabilizarlo, las actividades corresponden a la colocación de una capa de material bituminoso que puede ser o no cubierta por una capa o más de agregados.

A continuación se resumen las actividades destinadas al tratamiento superficial recomendadas por la siguiente bibliografía: *ANN M. JOHNSON, P. E., BEST PRACTICES HANDBOOK ON ASPHALT PAVEMENT MAINTENANCE, MINNESOTA T2/LTAP PROGRAM, CENTER FOR TRANSPORTATION STUDIES, UNIVERSITY OF MINNESOTA, FEBRUARY 2000, MINNESOTA.*

Tabla No. 4.6.

FOG SEAL	
Descripción	Fog Seal es la aplicación de una película de emulsión asfáltica diluida sin cubrirla con una capa de agregados. Puede ser usado en carreteras con bajo y alto volumen de tráfico
Propósito	Usar esta actividad para sellar y enriquecer la superficie del pavimento, sellar fisuras menores, prevenir el desmoronamiento y pérdida de agregados, delinear los espaldones
Sincronización	Útil cuando se presente ligera - moderada presencia de desmoronamiento, oxidación de la mezcla y clima adverso
Método Constructivo	Antes de aplicar este tratamiento se debe asegurar que la superficie se encuentre completamente limpia y seca y que todas las actividades de reparación y reacondicionamiento estén completas, luego aplicar la película de sellante con un distribuidor de asfalto. LA TASA DE APLICACIÓN ES EL ELEMENTO CLAVE
Vida útil	La vida útil es corta, aproximadamente 1 - 2 años
Control de tráfico	Mantener la sección libre de tráfico hasta que la emulsión haya curado significativamente (2-3 horas), la velocidad de circulación de los vehículos debe ser reducida durante las primeras horas posteriores a la apertura del flujo vehicular
Limitaciones	Bajo clima adverso, el paso vehicular deberá estar algunas horas antes que sea restablecido
Precauciones	Usar esta actividad con precaución en vías con alto volumen de tráfico ya que la resistencia al deslizamiento puede verse afectada, usar en superficies lo suficientemente porosas para que una buena cantidad de emulsión sea absorbida,

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.7.

SEAL COAT	
Descripción	Consiste en la aplicación de una capa de asfalto seguida inmediatamente de una capa de agregado, normal mente para esta actividad se utiliza emulsiones asfálticas de fraguado rápido
Propósito	El objetivo principal es proteger al pavimento de los efectos del sol, agua y viento, ya que la constante exposición a estos tres factores provocan que el pavimento asfáltico se rigidice, erosione y oxide. Además esta capa de sello provee al pavimento de una membrana a prueba de agua impidiendo que ingrese afectando las capas granulares. Por otro lado el Seal Coat aumenta la textura de la superficie mejorando de esta manera la resistencia al deslizamiento
Sincronización	Se puede sellar al pavimento en cualquier momento
Método Constructivo	Para que sea un éxito se debe tener una sola capa de agregados embebidos aproximadamente el 70 % dentro del material bituminoso con muy pocas partículas sueltas. Para lo cual después de colocar los agregados encima del material bituminoso se debe pasar un rodillo neumático 5 - 6 veces, finalmente se debe remover los agregados sueltos
Vida útil	Aproximadamente de 3 a 6 años
Control de tráfico	El flujo vehicular debe ser restringido hasta que se termine de pasar el rodillo neumático y el material bituminoso haya fraguado
Limitaciones	Aunque Seal Coat provee un sellado efectivo y el aumento de la rugosidad de la superficie, la gran cantidad de agregados sueltos resulta ser un verdadero problema por su aero transportación y la posibilidad de romper los parabrisas de los vehículos
Precauciones	No ejecutar los trabajos en días muy fríos, con mucha humedad o con posibilidades de llover. Los agregados deben estar limpios y libres de humedad

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.8.

DOUBLE CHIP SEAL	
Descripción	Aplicación de dos capas de Seal Coat que refuerza los beneficios de una sola capa, incluyendo que el sonido al paso los vehículos se reducirá a niveles aceptables. Si se llega a desprender agregados de la primera capa, se tiene la seguridad que los de la capa inferior se mantengan intactos gracias a que se encuentran mayormente embebidos
Propósito	Impermeabilizar la superficie, sellar fisuras pequeñas y medianas y mejorar la resistencia al deslizamiento
Sincronización	Esencial para pavimentos en condición pobre
Método Constructivo	En la primera capa de Seal Coat se utiliza el 60% del agregado requerido de dimensión mayor, en la segunda capa se coloca el 40 % restante que tienen la mitad de la dimensión de los agregados de la primera. Se debe asegurar que antes de ser colocadas las capas, el pavimento debe estar seco, limpio y haber realizado las reparaciones necesarias
Vida útil	Depende del volumen de tráfico, y el diseño geométrico, sin embargo su vida útil rodea los 6 años
Control de tráfico	El flujo vehicular debe ser restringido hasta que se termine de pasar el rodillo neumático y el material bituminoso haya fraguado
Limitaciones	La gran cantidad de agregados sueltos resultan ser un verdadero problema por su aero transportación y la posibilidad de romper los parabrisas de los vehículos
Precauciones	No ejecutar los trabajos en días muy fríos, con mucha humedad o con posibilidades de llover. Los agregados deben estar limpios y libres de humedad

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.9.

SLURRY SEAL	
Descripción	Slurry Seal es la mezcla de agregado fino, emulsión asfáltica, agua y filler mineral
Propósito	Es efectivo cuando la principal causa de deterioro del pavimento es la rigidización o la oxidación, esta actividad de mantenimiento retarda problemas superficiales como desmoronamiento, sella fisuras menores, mejora la resistencia al deslizamiento
Sincronización	Cuando se comienzan a desarrollar fisuras de baja severidad o comienzan a aparecer signos de desmoronamiento, oxidación o rigidización en la superficie, es ideal como actividad de mantenimiento preventivo
Método Constructivo	Asegurarse que el pavimento este limpio, seco y que las actividades de reparación necesarias hayan sido ejecutadas antes de distribuir el Slurry Seal
Vida útil	La expectativa de vida útil del Slurry Seal es de 3 - 5 años, sin embargo está en función del tráfico, de las condiciones ambientales, de la calidad de los materiales, etc.
Control de tráfico	No se debe permitir el flujo vehicular hasta que el material bituminoso haya curado
Limitaciones	No es apto para pavimentos con volumen alto de tráfico
Precauciones	No es conveniente utilizar en pavimentos que presenten fisuras de alta severidad

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.10.

MICROSURFACING	
Descripción	Utilizado en pavimentos con mediano y alto volumen de tráfico para rellenar los surcos en la huella del tránsito y darle un tratamiento superficial
Propósito	Como mantenimiento preventivo o tratamiento superficial es efectivo cuando se busca mejorar la resistencia al deslizamiento y cuando se desea sellar la superficie del pavimento existente para impermeabilizar las capas granulares. También es ideal cuando se requiere restituir o nivelar la carpeta asfáltica como es el caso de fallas como el ahuellamiento y las depresiones
Sincronización	Se usa cuando los surcos tienen una profundidad de 2 cm o cuando la resistencia al deslizamiento se ha reducido severamente. Además puede ser usado como una actividad de mantenimiento preventivo cuando en la superficie se presente oxidación progresiva y aparición de fisuras
Método Constructivo	Se debe asegurar que el área a recibir un tratamiento con Microsurfacing esté limpio seco y que las actividades de reparación necesarias hayan sido realizadas
Vida útil	La expectativa de vida útil es de 7 o más años para un volumen alto de vehículos
Control de tráfico	Se restringe el paso vehicular hasta que el material cure, aproximadamente 1 hora
Limitaciones	No usar en pavimentos con fisuras de severidad media - alta
Precauciones	Al rellenar las depresiones o los canales provocados por el ahuellamiento de debe dejar nivelada el área tratada con la calzada

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.11.

THIN HOT-MIX OVERLAYS	
Descripción	Son capas delgadas de mezclas asfálticas usualmente modificadas con polímeros para mejorar su desempeño, el espesor usual es de 3/4" - 1 1/2"
Propósito	Son usadas para mejorar la funcionalidad de la estructura: la regularidad de la superficie, la resistencia al deslizamiento incluso se puede aumentar el espesor de la capa de rodadura aumentando ligeramente la capacidad estructural
Sincronización	Antes que aparezcan deterioros del pavimento relacionados con la fatiga
Método Constructivo	Fresar o nivelar el área donde se necesita mejorar la sección transversal del pavimento adicionalmente se deben sellar todas las fisuras presentes en la superficie a ser intervenida y posteriormente utilizar un riego de adherencia y finalmente colocar la capa de tratamiento superficial
Vida útil	Tiene una vida útil muy baja y varía de acuerdo a la calidad de los materiales
Control de tráfico	El control de tráfico es mínimo
Limitaciones	Fallas localizadas, y las fisuras se reflejan rápidamente en la nueva superficie
Precauciones	Vulnerable a fisuras de reflexión, baja resistencia al deslizamiento, baja durabilidad, excesiva permeabilidad, problemas de mantenimiento

Fuente: El autor.

4.1.3. REPARACIÓN DE BACHES, PARCHES EN MALA CONDICIÓN.

Consiste en la sustitución de las secciones deterioradas de un pavimento por un material nuevo o el relleno de baches y deformaciones en la carpeta asfáltica.

La corrección de los baches según el caso puede ser Permanentes y Provisionales.

Método de construcción para la corrección permanente de los baches.

- Delinear toda el área influenciada por el bache o hueco de tal manera que se tenga una sección rectangular con dos de los lados perpendiculares a la dirección del tráfico y cortar esta sección utilizando una sierra.
- Excavar lo necesario hasta encontrar un soporte firme, puede ser necesario que se deba excavar las capas granulares. Las paredes de la excavación deben

ser completamente rectas y firmes, luego compactar la base y colocar liga tanto en las paredes como en la base.

- Colocar dentro de la excavación tanto material como sea necesario directamente de las volquetas que lo contengan, siempre se debe tener precaución que la mezcla no se vaya a segregar, finalmente el nuevo material debe ser compactando en las capas que sean necesarias para asegurar que el proceso de densificación de la mezcla sea la adecuada.

A continuación se resumen las actividades destinadas al tratamiento de baches y parches en mala condición recomendadas por la siguiente bibliografía: *ANN M. JOHNSON, P. E., BEST PRACTICES HANDBOOK ON ASPHALT PAVEMENT MAINTENANCE, MINNESOTA T2/LTAP PROGRAM, CENTER FOR TRANSPORTATION STUDIES, UNIVERSITY OF MINNESOTA, FEBRUARY 2000, MINNESOTA.*

Tabla No. 4.12.

COLD MIX ASPHALT	
Descripción	Mezcla de agregados, emulsiones asfálticas o asfaltos cutback y aditivos
Propósito	Corregir fallas producto de fatiga de los materiales, baches, parches deteriorados cuando no se dispone de mezcla asfáltica en caliente. Además se usa en reparaciones temporales
Sincronización	Cuando se necesite
Método Constructivo	Los correspondientes para parches permanentes
Vida útil	Aproximadamente 1 año
Control de tráfico	El control de tráfico es mínimo
Limitaciones	Tiene una vida útil muy pobre
Precauciones	La compactación debe ser tal que no se presente desniveles localizados

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.13.

SPRAY INJECTION PATCHING	
Descripción	Involucra la utilización de un dispositivo que por medio de aire comprimido esparce sobre el área deseada una mezcla de emulsión asfáltica y agregados
Propósito	Reparar fisuras de alta severidad y baches
Sincronización	Cuando se necesite
Método Constructivo	Remover los escombros y secar el área de influencia, después rociar liga en las paredes y el fondo del parche, esparcir la mezcla de asfalto y agregados y finalmente colocar encima una capa de agregados
Vida útil	Depende de la densidad de la mezcla, puede llegar a tener una vida útil de 5 años
Control de tráfico	El tráfico puede ser restituido inmediatamente
Limitaciones	La maquinaria necesaria requiere constante mantenimiento
Precauciones	Se debe prestar vital importancia a la densidad de la mezcla y las condiciones climáticas al momento de ejecutar el trabajo

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.14.

HOT-MIX ASPHALT	
Descripción	Mezcla de asfalto y agregados en una planta asfáltica a calor
Propósito	Para corregir baches y secciones de pavimento con fallas por fatiga
Sincronización	Cuando se necesite
Método Constructivo	Los correspondientes para parches permanentes
Vida útil	Usualmente la vida útil es de 5 años pero si se realiza una buena preparación de la mezcla y el debido tratamiento al bache se puede extender la vida útil hasta 15 años
Control de tráfico	El tráfico se puede restablecer una vez que el material se ha endurecido tanto para que no sea desplazado por el paso de los vehículos
Limitaciones	La única limitación es la agilidad de los trabajadores para ejecutar correctamente esta actividad
Precauciones	Tener cuidado que el material no presente segregación y no este frío antes de ser colocado en el bache

Fuente: El autor.

Tabla No. 4.15.

SLURRY OR MICROSURFACING	
Descripción	Utilización de Slurry y microsurfacing para mitigar pequeñas fallas como piel de cocodrilo, ahuellamiento siempre y cuando la causa de este deterioro no sea por utilización de mezclas asfálticas inestables, baches, depresiones, corrugaciones, parches en mal estado
Propósito	Para corregir baches y secciones de pavimento con fallas por fatiga
Sincronización	Cuando se necesite
Método Constructivo	Nivelar la superficie, colocar suficiente material dentro de la grieta, con una espátula distribuir y enraizar el material para no crear desniveles localizados
Vida útil	La expectativa es de 3 - 5 años de vida útil
Control de tráfico	El tráfico debe ser restringido hasta que el material se cure, alrededor de 1 hora
Limitaciones	No es conveniente utilizarlo en fisuras de alta severidad ni en áreas extensas
Precauciones	Disminuye la resistencia al deslizamiento, por lo que debe ser usado con precaución

Fuente: El autor.

4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PAVIMENTOS.

El mantenimiento preventivo de pavimentos son todas aquellas actividades realizadas para garantizar la vida útil de la estructura, antes de que sea necesario recurrir a trabajos de rehabilitación o reconstrucción.

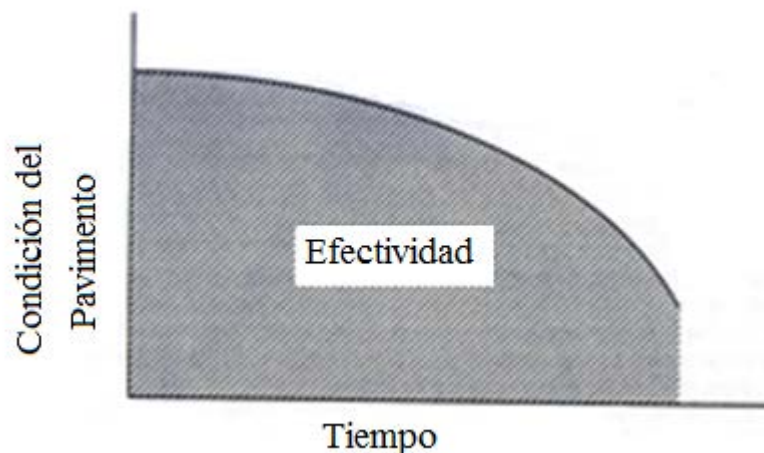
O'Brien [13], [21], define al mantenimiento preventivo de pavimentos como el programa estratégico destinado a detener el deterioro, retardar las fallas progresivas y reducir la necesidad de actividades de mantenimiento rutinario.

De acuerdo a las definiciones de mantenimiento preventivo de pavimentos se debe aclarar que las actividades de mantenimiento están destinadas a preservar mas no mejorar la capacidad estructural del pavimento, por lo tanto aquellas fallas relacionadas con la capacidad de carga o de modo general aquellas de carácter estructural, no son candidatas para ser mitigadas a través de estas actividades.

4.2.1. COSTO – EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PAVIMENTOS.

El mantenimiento preventivo de pavimentos según ASTM [13] está basado en el concepto que, actividades periódicas de mantenimiento baratas son más económicas que infrecuentes pero costosas actividades de reconstrucción. Una forma para medir la efectividad de las estrategias aplicadas de mantenimiento es el área bajo la curva Condición del Pavimento – Tiempo como se indica en la figura No. 4.1. Un área grande refleja una buena condición del pavimento para un largo período de tiempo, por lo tanto un gran nivel de efectividad de las actividades utilizadas.

Figura No. 4.1.



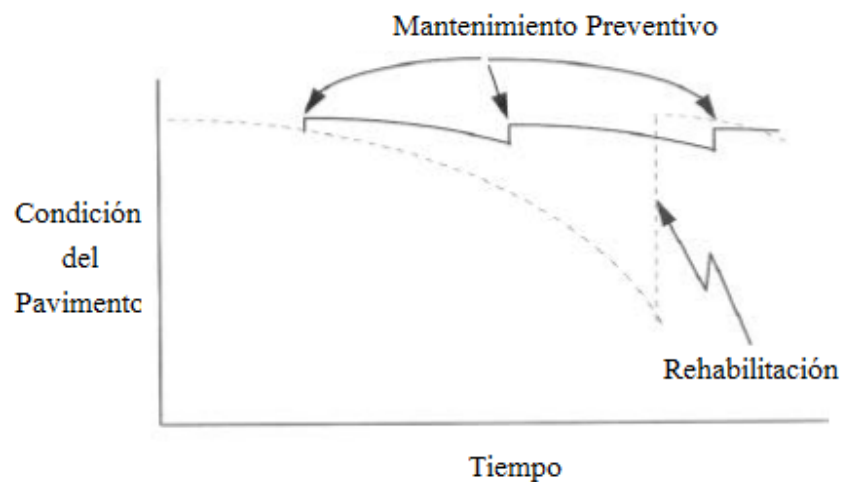
Fuente: Michael S. Mamlouk and John P. Zaniewski, “*Pavement Preventive Maintenance: Description, Effectiveness, and Treatments*”, *Flexible Pavement Rehabilitation and Maintenance, ASTM STP 1348*, P. S. Kandhal and M. Stroup-Gardiner, Eds., American Society for Testing and Materials, 1998.

Pero la efectividad es solo la mitad de las consideraciones a tomar en cuenta al momento de desarrollar los programas de mantenimiento preventivo, la otra mitad la complementa los costos pues también deben ser considerados de forma estricta ya que estos programas se ajustan fondos económicos muchas veces subestimados.

De acuerdo a la efectividad y a los costos se puede concluir que existe un sinnúmero de programas de mantenimiento preventivo que pueden ser aplicados en un pavimento, estos programas pueden estar compuestos por cualquier cantidad y cualquier tipo de las actividades destinadas para el caso. Cada uno de estos programas tendrá diferentes resultados, desde pésimos hasta aquellos con los que se tengan resultados excelentes, de igual modo ocurriría con los costos. Pero serán escogidos aquellos programas que a bajos costos se llegue a obtener los resultados deseados o incluso mejores dicho de otro modo, aquellos que tengan una perfecta relación costo – efectividad.

Para que un programa de mantenimiento preventivo tenga éxito y una buena relación costo – efectividad es indispensable que las actividades de mantenimiento sean aplicadas de forma periódica como indica la figura No. 4.2.

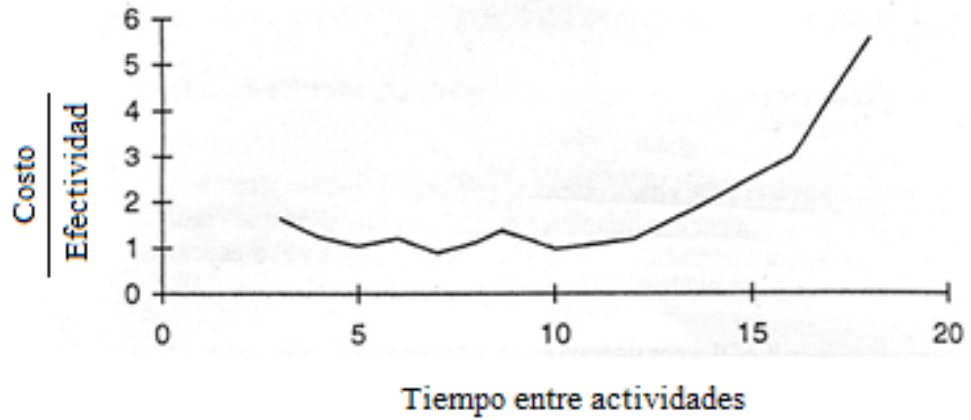
Figura No.4.2.



Fuente: Michael S. Mamlouk and John P. Zaniewski, “Pavement Preventive Maintenance: Description, Effectiveness, and Treatments”, *Flexible Pavement Rehabilitation and Maintenance, ASTM STP 1348*, P. S. Kandhal and M. Stroup-Gardiner, Eds., American Society for Testing and Materials, 1998.

En estudios que se han realizado han determinado que la aplicación de actividades a frecuencias de 5 a 10 años tiene una mejor relación costo – efectividad, como se muestra en la figura No. 4.3. [13]

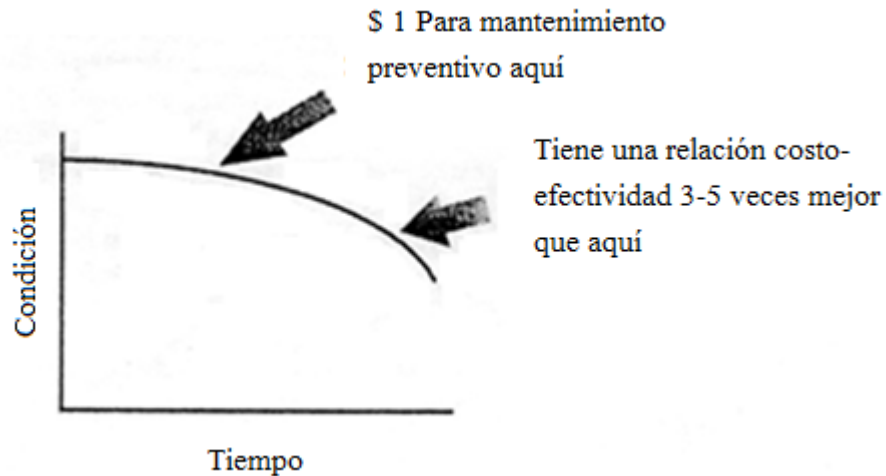
Figura No.4.3.



Fuente: Michael S. Mamlouk and John P. Zaniewski, “*Pavement Preventive Maintenance: Description, Effectiveness, and Treatments*”, *Flexible Pavement Rehabilitation and Maintenance, ASTM STP 1348*, P. S. Kandhal and M. Stroup-Gardiner, Eds., American Society for Testing and Materials, 1998.

Otros estudios indican que la relación costo – efectividad para mantenimiento preventivo es 3 – 5 veces mejor que la relación costo – efectividad para la reconstrucción como se indica en la figura No. 4.4. [13].

Figura No.4.4.



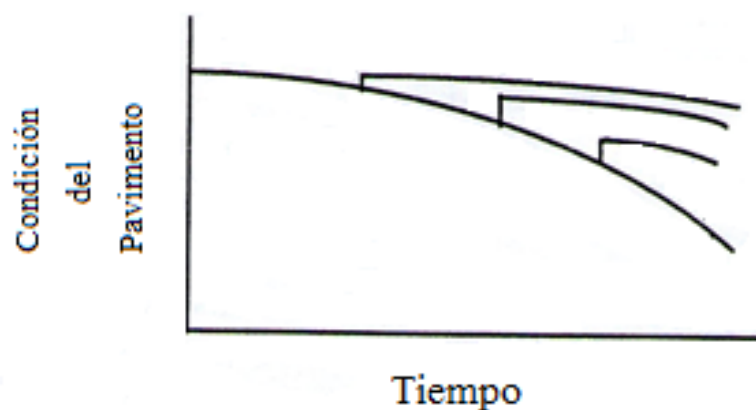
Fuente: Michael S. Mamlouk and John P. Zaniewski, "Pavement Preventive Maintenance: Description, Effectiveness, and Treatments", *Flexible Pavement Rehabilitation and Maintenance*, ASTM STP 1348, P. S. Kandhal and M. Stroup-Gardiner, Eds., American Society for Testing and Materials, 1998.

4.2.2. ¿CÓMO APLICAR LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO? [13]

Antes de someter a un pavimento a las actividades de mantenimiento preventivo se debe estar consiente que solo los que se encuentren en buena condición son candidatos para los programas de mantenimiento preventivo.

Como regla general se puede decir que las actividades de mantenimiento preventivo deben ser aplicadas antes que la falla ocurra; mientras mejor sea la condición del pavimento, mejores serán los resultados obtenidos. Como se ilustra en la figura No. 4.5. Donde a una misma estructura se la ha sometido a un programa de mantenimiento preventivo en diferentes tiempos y condiciones de pavimento.

Figura No. 4.5.



Fuente: Fuente: *MICHAEL S. MANLOUK AND JOHN P. ZANIEWSKI, FLEXIBLE PAVEMENT REHABILITATION AND MAINTENANCE, PAVEMENT PREVENTIVE MAINTENANCE: DESCRIPTION, EFFECTIVENESS, AND TREATMENTS ASTM STP, 1348, BALTIMORE 1998.*

A continuación se presenta los programas de mantenimiento que se recomienda en el *MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA INGENIEROS, MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES, DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO VIAL, 1998.*

Como se podrá observar más adelante estos programas de mantenimiento, a excepción del mantenimiento del sistema de drenaje de las vías, están destinadas a labores de corrección antes que de prevención.

4.3. MANTENIMIENTO RUTINARIO.

Son aquellos trabajos destinados a la reparación de las deficiencias de las carreteras, que permiten conservar su estado actual y que pueden ser requeridos de forma continua.

4.3.1. Sellado de fisuras superficiales. Se refiere a las actividades explicadas en las tablas: Tabla No. 4.1., Tabla No. 4.2., Tabla No. 4.3., Tabla No. 4.4., Tabla No. 4.5.

4.3.2. Bacheo asfáltico común. Se refiere a las actividades explicadas en las tablas: Tabla No. 4.12., Tabla No. 4.13., Tabla No. 4.14., Tabla No. 4.15.

4.3.3. Mantenimiento del sistema de drenaje de las vías. El mantenimiento del sistema de drenaje de las vías es indispensable para la correcta evacuación del agua fuera del pavimento y las estructuras que la complementan. La presencia de agua no solamente afecta la integridad de la estructura, sino también puede llegar a convertirse en un serio riesgo para los usuarios cuando ésta se acumula en la calzada posibilitando el hidroplaneo.

Problemas generados por no mantener operativas los sistemas de drenaje de una carretera.

- Puede erosionar un terraplén o talud de corte.
- Puede causar un derrumbe o caída de rocas.
- Pueden socavar un puente o alcantarilla y causar la falla de la estructura.
- Contribuyen al bombeo y fractura en pavimentos rígidos.
- Pueden causar inestabilidad de la subrasante.
- Pueden causar la separación de la película de asfalto en ciertos tipos de agregados.
- Acelera el deterioro de la estructura.

Las actividades que se recomienda en el citado manual de mantenimiento son:

4.3.3.1. Limpieza de cunetas con motoniveladora: ideal para largas extensiones de cunetas no revestidas.

- Se asegura un control adecuado de tráfico utilizando banderas y conos para direccionarlo correctamente.

- Raspar y arrastrar el sedimento de la cuneta desde el fondo de ésta hasta el espaldón formando una hilera.
- Asegurar el flujo libre y constante del agua a través de la cuneta, controlar que no exista depresiones donde el agua pueda empozarse.
- El material removido de las cunetas se lo acarrea y se le da un adecuado tratamiento de desalojo.

4.3.3.2.Limpieza de cunetas a mano: Esta actividad de mantenimiento sirve para ser aplicadas en cunetas revestidas o en cunetas no revestidas cuando no se puede utilizar una motoniveladora.

- Se asegura un control adecuado de tráfico utilizando banderas y conos para direccionarlo correctamente. Aquí es de vital importancia la seguridad, a los trabajadores se los provisionará de chalecos, cascos, botas, etc. de colores llamativos para que sean fácilmente identificados por los vehículos que transitan.
- Ubicar a los trabajadores a lo largo de la cuneta dándoles a cada uno suficiente espacio para que puedan trabajar.
- Quitar la basura, vegetación, sedimentos, etc. de la cuneta y depositarla en los espaldones.
- Asegurar el flujo libre y constante del agua a través de la cuneta, controlar que no exista depresiones donde el agua pueda empozarse.
- El material removido de las cunetas se lo acarrea y se le da un adecuado tratamiento de desalojo.

4.3.3.3.Limpieza de alcantarillas: Esta actividad de mantenimiento debe ser realizada con anticipación a las épocas lluviosas.

- Colocar señales y elementos de seguridad.
- Inspeccionar y trabajar primero en la limpieza del encausamiento.
- Inspeccionar las alcantarillas para localizar las partes dañadas si existen.

- Cortar toda la vegetación existente a 2 metros tanto de la entrada de la alcantarilla como de la salida.
- Quitar basura y sedimentos del interior de las alcantarillas.
- Rectificar y corregir los daños de la alcantarilla.
- Dar un adecuado tratamiento de desalojo al material extraído de las cunetas.

4.4. MANTENIMIENTO PERIÓDICO.

Aquellas actividades que son ejecutadas cíclicamente con el fin de restituir características de la estructura que ha perdido a través del tiempo.

- 4.4.1. Sello asfáltico de 3/8". Se refiere a las actividades explicadas en la Tabla No. 4.7.
- 4.4.2. Sello asfáltico con arena. Se refiere a las actividades explicadas en la Tabla No. 4.9.
- 4.4.3. Recapeo. Se refiere a las actividades explicadas en las tablas: Tabla No. 4.10., Tabla No. 4.11.

4.5. MEJORAMIENTOS.

Son trabajos de gran envergadura, producto de estudios especializados que tienen como objetivo agregar nuevas características que no estaban contempladas en el diseño original de la estructura.

- 4.5.1. Carpeta asfáltica. Es la colocación de una carpeta asfáltica sobre una carpeta de lastre existente incluyendo todos los trabajos anexos para mejorar la superficie de rodadura.
- 4.5.2. Doble tratamiento: Se refiere a las actividades explicadas en la Tabla No. 4.8.

CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN
FUNCIONAL DEL TRAMO
DEL PASO LATERAL DE
AMBATO COMPRENDIDO
ENTRE HUACHI GRANDE Y
EL REDONDEL DEL
TERREMOTO.

5.0. EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL TRAMO DEL PASO LATERAL DE AMBATO COMPRENDIDO ENTRE HUACHI GRANDE Y EL REDONDEL DEL TERREMOTO.

5.1. Antecedentes.

El Paso Lateral de Ambato es una avenida cuyo trazado estratégico no se limita a resolver los problemas de tráfico de la ciudad, sino que además reduce significativamente los tiempos de viaje que los usuarios necesitan para dirigirse a los siguientes destinos entre otros: Ambato (norte, centro y sur), Quito, Riobamba, Guaranda, Baños, la Amazonía, sin la necesidad de “entrar” en la ciudad, sino, solamente circunvalarla evitando congestionar más las calles de la urbe y evitar retrasos típicos que ocasiona el tráfico de una ciudad con el nivel de desarrollo y crecimiento que tiene Ambato.

El tramo escogido para el estudio de mantenimiento vial comienza en Huachi Grande cuyas opciones de destino son principalmente: Ceballos, Guaranda, Riobamba y el sur de Ambato, y termina en el Redondel del Terremoto, cuyas opciones de destino igualmente principales son: Baños, el centro de Ambato, la región amazónica, Picaihua, Quito. Como se podrá constatar este tramo del Paso Lateral brinda sus servicios a una extensa cantidad de usuarios y también está requerido por solicitudes de carga pesada, ya que es el medio por el cual se transportan los productos de la zona, convirtiéndose en una infraestructura de vital importancia para

la economía de la región. Por estas tres razones primordiales este tramo debe presentar los niveles adecuados de seguridad, confianza y de servicio.

El Paso Lateral de Ambato está operativo desde el 2005 por lo que para la presente año (2013) es indispensable contar con algunas alternativas para su conservación y mantenimiento, no solo para que la calidad de viaje de los usuarios sea adecuada sino también para que la estructura cumpla su vida útil para la que fue diseñada, de esta manera se estará asegurando la inversión que significo la construcción del Paso Lateral de Ambato.

5.1.1. Característica de la vía.

El tramo de esta avenida presenta las siguientes características:

- Dos carriles de circulación sentido norte-sur con ancho de 3.60 m cada uno.
- Dos carriles de circulación sentido sur-norte con ancho de 3.60 m cada uno.
- Espaldones con un ancho de 3.10 m.
- Cunetas laterales de hormigón.
- Parterre central de 2.0 m.
- Un Puente.
- Rampas de acceso.

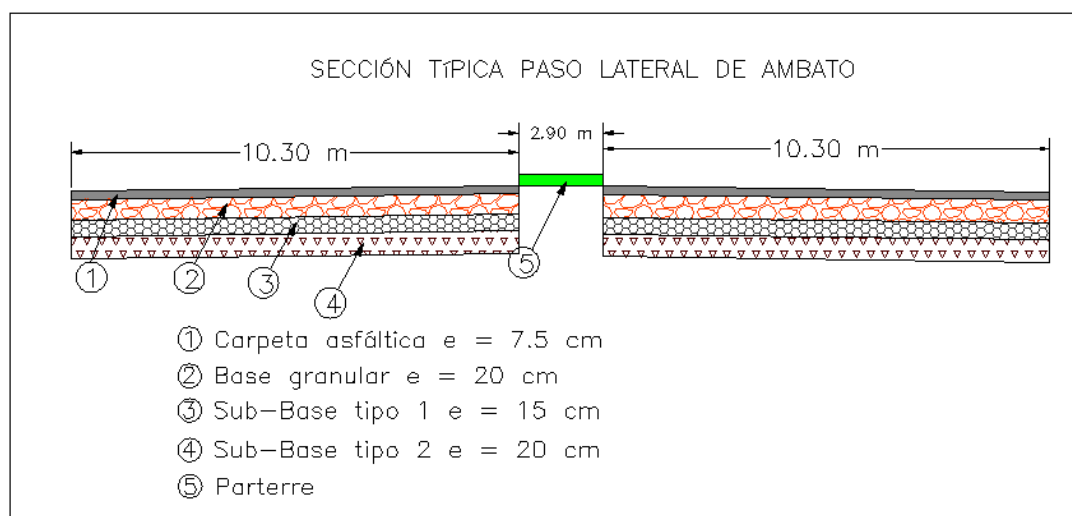
5.1.2. Estructura del pavimento.

La estructura del pavimento presenta las siguientes dimensiones constantes en toda su extensión.

- Carpeta asfáltica: 7.5 cm.

- Base granular: 20 cm.
- Sub-Base tipo 1: 15 cm.
- Sub-Base tipo 2: 20 cm.

Figura No. 5.1. Sección típica de la estructura de pavimento del Paso Lateral de Ambato.



Fuente: el autor.

5.1.3. Demanda de utilización de la estructura.

A continuación se presenta la demanda de tráfico que soporta el Paso Lateral de Ambato actualizada a 2009 con la correspondiente proyección para el año 2013.

Tabla No. 5.1. TPDA Paso Lateral de Ambato sentido Norte – Sur.

TPDA DEL PASO LATERAL DE AMBATO 2009 SENTIDO NORTE-SUR									
	Livianos	Bus		Camión 2 ejes		Camión pesado			TPDA
	Autos	2 Ejes	3 Ejes	Liviano	Pesado	3 Ejes	5 Ejes	6 Ejes	
Vehículos	2578	229	0	453	610	179	48	73	4170
%	61.82	5.49	0.00	10.86	14.63	4.29	1.15	1.75	100.00

Fuente: Coordinación de factibilidad de proyectos Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Tabla No. 5.2. TPDA Paso Lateral de Ambato sentido sur – norte.

TPDA PASO LATERAL DE AMBATO 2009 SENTIDO SUR-NORTE									
	Livianos	Bus		Camión 2 ejes		Camión pesado			TPDA
	Autos	2 Ejes	3 Ejes	Liviano	Pesado	3 Ejes	5 Ejes	6 Ejes	
Vehículos	2306	256	0	163	825	148	45	87	3830
%	60.21	6.68	0.00	4.26	21.54	3.86	1.17	2.27	100.00

Fuente: Coordinación de factibilidad de proyectos Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Tabla No. 5.3. Tasa de crecimiento vehicular en Ecuador.

Tasa de crecimiento anuales de vehículos			
Período	Liviano	Bus	Camión
2010-2015	4.05	2.53	3.68

Fuente: Coordinación de factibilidad de proyectos Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Tabla No. 5.4. Proyección a 2013 del TPDA Paso Lateral de Ambato sentido norte – sur.

PROYECCIÓN DEL TPDA DEL PASO LATERAL DE AMBATO 2013 SENTIDO NORTE-SUR									
	Livianos	Bus		Camión 2 ejes		Camión pesado			TPDA
	Autos	2 Ejes	3 Ejes	Liviano	Pesado	3 Ejes	5 Ejes	6 Ejes	
Vehículos	3022	254	0	524	705	207	56	85	4853
%	62.27	5.23	0.00	10.80	14.53	4.27	1.15	1.75	100.00

Fuente: El autor.

Tabla No. 5.5. Proyección a 2013 del TPDA Paso Lateral de Ambato sentido sur – norte.

PROYECCIÓN DEL TPDA DEL PASO LATERAL DE AMBATO 2013 SENTIDO SUR - NORTE									
	Livianos	Bus		Camión 2 ejes		Camión pesado			TPDA
	Autos	2 Ejes	3 Ejes	Liviano	Pesado	3 Ejes	5 Ejes	6 Ejes	
Vehículos	2703	283	0	189	954	172	52	101	4454
%	60.69	6.35	0.00	4.24	21.42	3.86	1.17	2.27	100.00

Fuente: El autor.

5.2. Cálculo del PCI del tramo del Paso Lateral de Ambato comprendido entre el Redondel del Terremoto y Huachi Grande.

Primeramente se aclara que se ha calculado el PCI para cada sentido, o sea, se determinó el PCI para el tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande y el PCI para el tramo Huachi Grande – Redondel del terremoto. Para lo cual se utilizó el sistema Paver y el software EvalPav Carreteras elaborado por el Ing. Gerber J. Zavala Ascaño.

A continuación se detallan los cálculos realizados para la determinación del número de muestras a ser analizadas y los reportes obtenidos una vez analizadas las muestras en el software EvalPav Carreteras para cada sección.

5.2.1. CÁLCULO DEL PCI PARA EL TRAMO REDONDEL DEL TERREMOTO – HUACHI GRANDE.

Para el cálculo del PCI del tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande se analizaron en el software EvalPav Carreteras 15 muestras, cuyas abscisas se detallan más adelante.

Como resultado final se estableció que el PCI del tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande es **PCI = 38** lo que le da una calificación **POBRE**.

DIMENSIONES DEL TRAMO Y DE LA MUESTRA

Sección			Muestra		
Ancho s	10.3	m	Ancho m	10.3	m
Longitud s	4700	m	Longitud m	30	m
Área S	48410	m ²	Área m	309	m ²

NÚMERO DE MUESTRAS

Número de muestras de la sección

N	157
---	-----

$$N = \frac{\text{Area } s}{\text{Area } m}$$

Número de muestras a ser inspeccionadas

desviación estándar (S)	10
error permisible (e)	5

$$n = \frac{N(S)^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + S^2}$$

n	15
---	----

Intervalo de muestreo

i	10
1 ^{ra} muestra (s)	10

$$i = \frac{N}{n}$$

Selección de muestras a inspeccionar

Tabla No. 5.6. Muestras PCI Redondel del Terremoto – Huachi Grande.

No. de Muestra	Muestra	Abscisa Inicial	Abscisa Final
1	10	00+270	00+300
2	20	00+570	00+600
3	30	00+870	00+900
4	40	01+170	01+200
5	50	01+470	01+500
6	60	01+770	01+800
7	70	02+070	02+100
8	80	02+370	02+400
9	90	02+670	02+700
10	100	02+970	03+000
11	110	03+270	03+300
12	120	03+570	03+600
13	130	03+870	03+900
14	140	04+170	04+200
15	150	04+470	04+500

Fuente: El Autor.

ÁREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	DAÑO	SEVERIDAD	01	02	03	04	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
309.0	10	00+270	00+300	1	M	4.0	14.3	0.0	0.0	18.3	5.9	42
309.0	10	00+270	00+300	3	M	4.5	18.0	0.0	0.0	22.5	7.3	16
309.0	10	00+270	00+300	10	M	10.0	30.0	0.0	0.0	40.0	12.9	22
309.0	10	00+270	00+300	11	L	0.2	0.2	0.2	0.0	0.5	0.2	0
309.0	20	00+570	00+600	1	M	7.8	25.2	0.0	0.0	33.0	10.7	51
309.0	20	00+570	00+600	10	M	30.0	54.0	0.0	0.0	84.0	27.2	29
309.0	20	00+570	00+600	15	L	7.8	0.0	0.0	0.0	7.8	2.5	19
309.0	30	00+870	00+900	1	H	4.9	33.0	0.0	0.0	37.9	12.3	65
309.0	30	00+870	00+900	10	M	36.0	90.0	0.0	0.0	126.0	40.8	34
309.0	30	00+870	00+900	15	L	5.4	0.0	0.0	0.0	5.4	1.7	15
309.0	40	01+170	01+200	1	H	18.0	0.0	0.0	0.0	18.0	5.8	54
309.0	40	01+170	01+200	3	M	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	32.4	23
309.0	40	01+170	01+200	6	L	2.5	2.7	0.0	0.0	5.2	1.7	5
309.0	40	01+170	01+200	10	M	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	9.7	19
309.0	40	01+170	01+200	15	L	18.0	0.0	0.0	0.0	18.0	5.8	29
309.0	50	01+470	01+500	1	M	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	7
309.0	50	01+470	01+500	3	L	30.2	0.0	0.0	0.0	30.2	9.8	9
309.0	50	01+470	01+500	10	M	20.0	0.0	0.0	0.0	20.0	6.5	14
309.0	50	01+470	01+500	15	L	5.5	0.0	0.0	0.0	5.5	1.8	15
309.0	60	01+770	01+800	1	M	23.4	0.0	0.0	0.0	23.4	7.6	46
309.0	60	01+770	01+800	3	M	18.9	0.0	0.0	0.0	18.9	6.1	15
309.0	60	01+770	01+800	10	M	25.0	0.0	0.0	0.0	25.0	8.1	17
309.0	70	02+070	02+100	1	H	10.0	21.6	60.0	0.0	91.6	29.6	75
309.0	70	02+070	02+100	3	H	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	52
309.0	70	02+070	02+100	10	M	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	9.7	19
309.0	70	02+070	02+100	11	M	1.0	1.8	2.1	0.0	4.8	1.6	13
309.0	80	02+370	02+400	1	M	3.0	6.4	8.0	32.4	49.8	16.1	55
309.0	80	02+370	02+400	3	M	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	25
309.0	80	02+370	02+400	4	L	14.0	0.0	0.0	0.0	14.0	4.5	9

309.0	80	02+370	02+400	10	M	20.0	0.0	0.0	0.0	20.0	6.5	14
309.0	80	02+370	02+400	10	H	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	9.7	33
309.0	80	02+370	02+400	11	M	0.2	0.2	0.0	0.0	0.3	0.1	3
309.0	80	02+370	02+400	15	L	9.0	0.0	0.0	0.0	9.0	2.9	21
309.0	80	02+370	02+400	17	L	4.2	14.0	0.0	0.0	18.2	5.9	20
309.0	90	02+670	02+700	1	H	12.0	0.0	0.0	0.0	12.0	3.9	49
309.0	90	02+670	02+700	3	L	14.4	0.0	0.0	0.0	14.4	4.7	5
309.0	90	02+670	02+700	10	M	6.0	45.0	0.0	0.0	51.0	16.5	24
309.0	90	02+670	02+700	11	H	4.9	0.0	0.0	0.0	4.9	1.6	23
309.0	90	02+670	02+700	17	M	1.3	0.0	0.0	0.0	1.3	0.4	6
309.0	100	02+970	03+000	1	H	2.3	10.5	0.0	0.0	12.8	4.1	50
309.0	100	02+970	03+000	4	H	48.0	0.0	0.0	0.0	48.0	15.5	70
309.0	100	02+970	03+000	10	M	6.0	20.0	0.0	0.0	26.0	8.4	17
309.0	100	02+970	03+000	11	H	0.2	0.3	0.0	0.0	0.5	0.2	8
309.0	100	02+970	03+000	15	L	16.9	0.0	0.0	0.0	16.9	5.5	28
309.0	110	03+270	03+300	1	H	39.0	0.0	0.0	0.0	39.0	12.6	65
309.0	110	03+270	03+300	3	H	120.0	0.0	0.0	0.0	120.0	38.8	54
309.0	110	03+270	03+300	10	M	10.0	15.0	0.0	0.0	25.0	8.1	17
309.0	110	03+270	03+300	15	L	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	9.7	28
309.0	120	03+570	03+600	1	M	9.6	0.0	0.0	0.0	9.6	3.1	33
309.0	120	03+570	03+600	3	M	54.0	0.0	0.0	0.0	54.0	17.5	17
309.0	120	03+570	03+600	10	M	12.0	15.0	0.0	0.0	27.0	8.7	18
309.0	120	03+570	03+600	15	L	6.3	0.0	0.0	0.0	6.3	2.0	17
309.0	130	03+870	03+900	1	M	13.5	0.0	0.0	0.0	13.5	4.4	37
309.0	130	03+870	03+900	3	M	72.0	0.0	0.0	0.0	72.0	23.3	19
309.0	130	03+870	03+900	10	M	4.0	6.0	0.0	0.0	10.0	3.2	8
309.0	140	04+170	04+200	3	L	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	18
309.0	140	04+170	04+200	10	M	6.0	15.0	0.0	0.0	21.0	6.8	15
309.0	150	04+470	04+500	1	H	54.0	0.0	0.0	0.0	54.0	17.5	69
309.0	150	04+470	04+500	3	H	54.0	0.0	0.0	0.0	54.0	17.5	39

Tabla 5.7. Reporte Muestras Redondel del Terremoto – Huachi Grande.

Fuente: El autor.

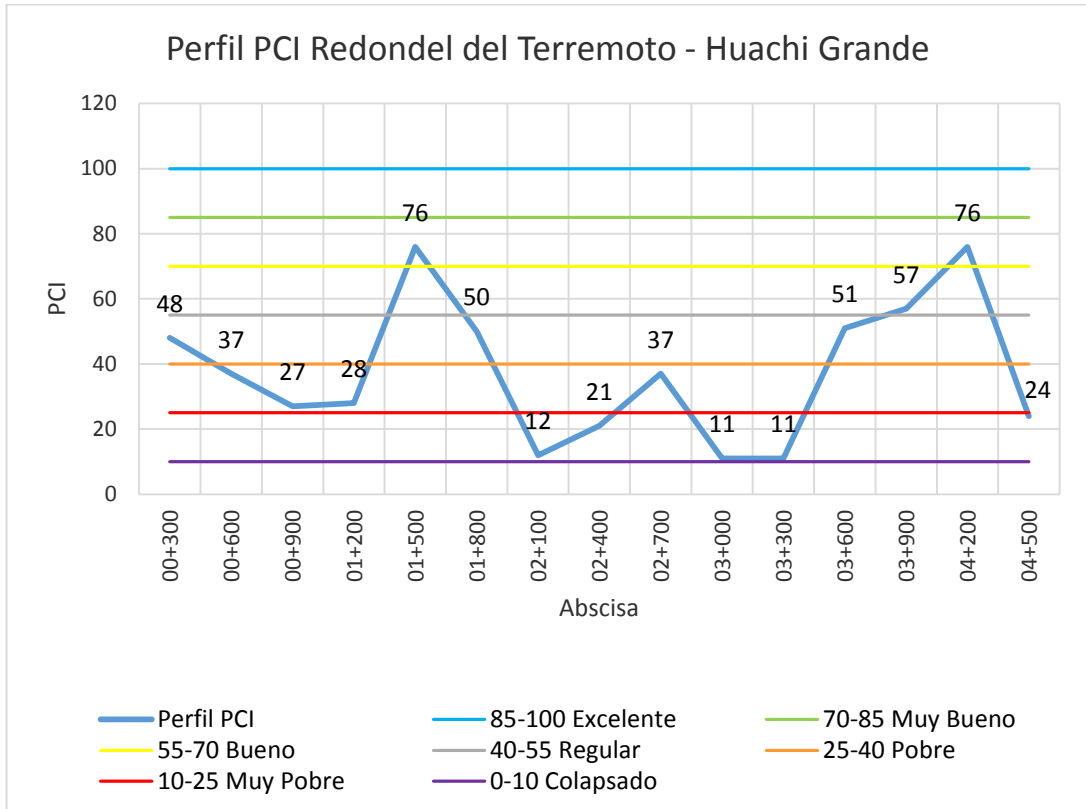
PCI de las muestras analizadas.

Tabla No. 5.8. PCI de las muestras Redondel del Terremoto – Huachi Grande.

ÁREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACIÓN
309.0	10	00+270	00+300	6.3	52	48	Regular
309.0	20	00+570	00+600	5.5	63	37	Pobre
309.0	30	00+870	00+900	4.2	73	27	Pobre
309.0	40	01+170	01+200	5.2	72	28	Pobre
309.0	50	01+470	01+500	8.8	24	76	Muy Bueno
309.0	60	01+770	01+800	6.0	50	50	Regular
309.0	70	02+070	02+100	3.3	88	12	Muy Pobre
309.0	80	02+370	02+400	5.1	79	21	Muy Pobre
309.0	90	02+670	02+700	5.7	63	37	Pobre
309.0	100	02+970	03+000	3.8	89	11	Muy Pobre
309.0	110	03+270	03+300	4.2	89	11	Muy Pobre
309.0	120	03+570	03+600	7.2	49	51	Regular
309.0	130	03+870	03+900	6.8	43	57	Bueno
309.0	140	04+170	04+200	8.5	24	76	Muy Bueno
309.0	150	04+470	04+500	3.8	76	24	Muy Pobre
VALOR PROMEDIO DEL PCI TRAMO REDONDEL DEL TERREMOTO - HUACHI GRANDE						38	Pobre

Fuente: El autor.

Figura No. 5.2. Perfil PCI Redondel del Terremoto – Huachi Grande.



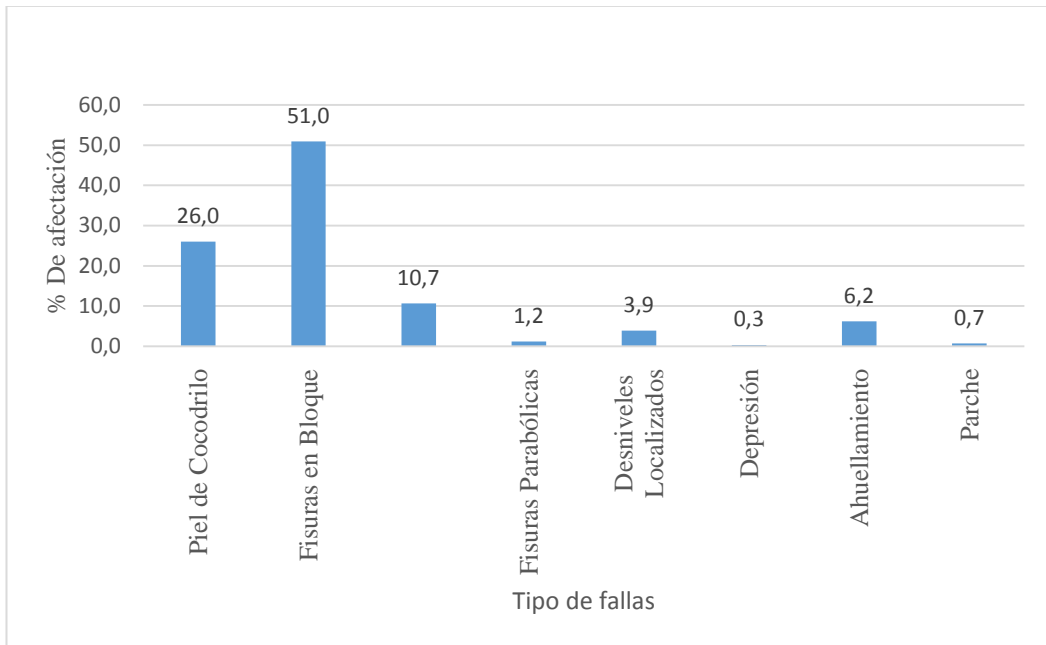
Fuente: El autor

Tabla No. 5.9. % de afectación acuerdo al tipo y categoría de falla muestras Redondel del Terremoto
 – Huachi Grande.

Categoría de la Falla	Código de falla	Nombre de la Falla	Área afectada (m2)	% De acuerdo a la falla	% De acuerdo a la categoría
Fisuras	1	Piel de Cocodrilo	413.1	26.0	88.8
	3	Fisuras en Bloque	810.0	51.0	
	10	Fisuras Longitudinales y Transversales (influencia 0.30 m)	169.5	10.7	
	17	Fisuras Parabólicas	19.5	1.2	
Deformación de la superficie	4	Desniveles Localizados	62.0	3.9	10.5
	6	Depresión	5.2	0.3	
	15	Ahuellamiento	98.9	6.2	
Pérdida de la Capa de Rodadura	11	Parche	11.2	0.7	0.7

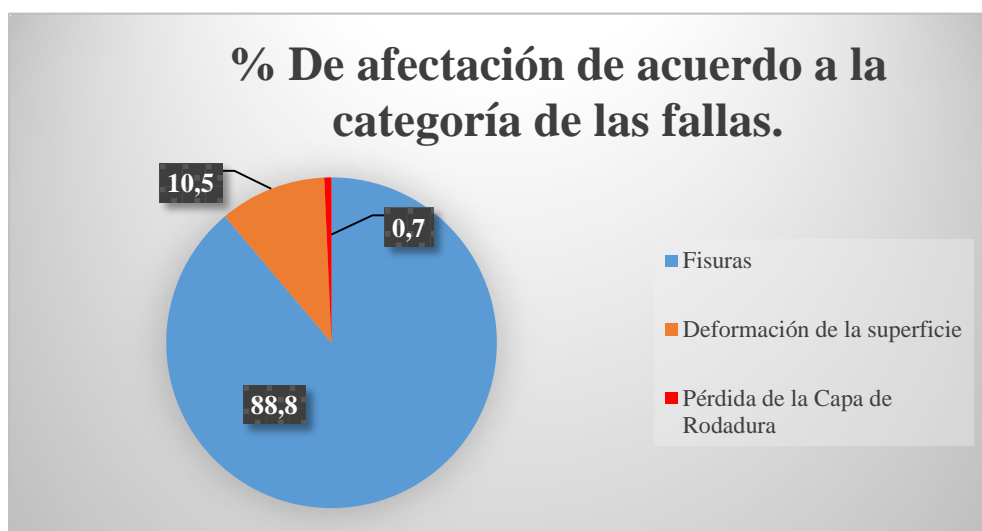
Fuente: El autor.

Figura No. 5.3. % de afectación de acuerdo al tipo de falla muestras Redondel del Terremoto – Huachi Grande.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.4. % de afectación de acuerdo a la categoría de la falla muestras Redondel del Terremoto – Huachi Grande.



Fuente: El Autor.

5.2.2. CÁLCULO DEL PCI PARA EL TRAMO HUACHI GRANDE - REDONDEL DEL TERREMOTO.

Para el cálculo del PCI del tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto se analizaron en el software EvalPav Carreteras 15 muestras, cuyas abscisas se detallan más adelante.

Como resultado final se estableció que el PCI del tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto es **PCI = 50** lo que le da una calificación **REGULAR**.

DIMENSIONES DEL TRAMO Y DE LA MUESTRA

Sección	Muestra
---------	---------

Ancho s	10.3	m	Ancho m	10.3	m
Longitud s	4200	m	Longitud m	30	m
Área S	43260	m2	Área m	309	m2

NÚMERO DE MUESTRAS

Número de muestras de la sección

N	140
---	-----

$$N = \frac{\text{Area s}}{\text{Area m}}$$

Número de muestras a ser inspeccionadas

desviación estándar (N)	10
error permisible (e)	5

$$n = \frac{N(S)^2}{\frac{e^2}{4} (N - 1) + S^2}$$

n	15
---	----

Intervalo de muestreo

i	9
1 ^{ra} muestra (s)	4

$$i = \frac{N}{n}$$

Selección de muestras a inspeccionar

Tabla No. 5.10. Muestras PCI Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

No de Muestra	Muestra	Abscisa Inicial	Abscisa Final
1	4	00+090	00+120
2	13	00+360	00+390
3	22	00+630	00+660
4	31	00+900	00+930
5	40	01+170	01+200
6	49	01+440	01+470
7	58	01+710	01+740
8	67	01+980	02+010
9	76	02+250	02+280
10	85	02+520	02+550
11	94	02+790	02+820
12	103	03+060	03+090
13	112	03+330	03+360
14	121	03+600	03+630
15	130	03+870	03+900

Fuente: El Autor.

ÁREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	DAÑO	SEVERIDAD	01	02	03	04	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
309.0	4	00+090	00+120	3	H	309.0	0.0	0.0	0.0	309.0	100.0	71
309.0	4	00+090	00+120	15	M	27.0	0.0	0.0	0.0	27.0	8.7	42
309.0	13	00+360	00+390	6	M	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.8	8
309.0	13	00+360	00+390	10	M	3.0	10.0	0.0	0.0	13.0	4.2	10
309.0	22	00+630	00+660	10	L	4.0	20.0	0.0	0.0	24.0	7.8	8
309.0	31	00+900	00+930	1	M	5.0	0.0	0.0	0.0	5.0	1.6	25
309.0	31	00+900	00+930	10	M	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.6	1
309.0	31	00+900	00+930	11	L	8.4	0.0	0.0	0.0	8.4	2.7	5
309.0	31	00+900	00+930	11	H	1.4	0.0	0.0	0.0	1.4	0.5	14
309.0	40	01+170	01+200	1	M	6.3	0.0	0.0	0.0	6.3	2.0	28
309.0	40	01+170	01+200	3	M	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	25
309.0	40	01+170	01+200	6	L	1.5	0.0	0.0	0.0	1.5	0.5	4
309.0	40	01+170	01+200	10	M	10.0	20.0	0.0	0.0	30.0	9.7	19
309.0	49	01+440	01+470	1	L	0.6	0.9	3.0	0.0	4.5	1.5	14
309.0	49	01+440	01+470	3	M	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	25
309.0	49	01+440	01+470	10	M	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	9.7	19
309.0	58	01+710	01+740	3	H	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	52
309.0	58	01+710	01+740	10	M	25.0	30.0	0.0	0.0	55.0	17.8	25
309.0	58	01+710	01+740	11	M	0.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	4
309.0	58	01+710	01+740	15	M	15.0	0.0	0.0	0.0	15.0	4.8	35
309.0	67	01+980	02+010	1	H	54.0	0.0	0.0	0.0	54.0	17.5	69
309.0	67	01+980	02+010	3	H	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	52
309.0	67	01+980	02+010	10	M	5.0	20.0	0.0	0.0	25.0	8.1	17
309.0	67	01+980	02+010	11	M	0.2	0.3	0.5	0.0	1.0	0.3	5
309.0	67	01+980	02+010	15	L	19.2	0.0	0.0	0.0	19.2	6.2	29
309.0	76	02+250	02+280	3	H	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	52
309.0	76	02+250	02+280	10	M	20.0	0.0	0.0	0.0	20.0	6.5	14
309.0	85	02+520	02+550	1	M	2.1	0.0	0.0	0.0	2.1	0.7	18
309.0	85	02+520	02+550	3	M	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	25
309.0	85	02+520	02+550	10	M	6.0	10.0	0.0	0.0	16.0	5.2	12

309.0	94	02+790	02+820	1	H	12.5	0.0	0.0	0.0	12.5	4.1	50
309.0	94	02+790	02+820	3	M	54.0	0.0	0.0	0.0	54.0	17.5	17
309.0	94	02+790	02+820	10	M	10.0	20.0	0.0	0.0	30.0	9.7	19
309.0	103	03+060	03+090	1	H	4.5	0.0	0.0	0.0	4.5	1.5	35
309.0	103	03+060	03+090	3	H	108.0	0.0	0.0	0.0	108.0	35.0	52
309.0	103	03+060	03+090	10	M	10.0	20.0	0.0	0.0	30.0	9.7	19
309.0	112	03+330	03+360	1	H	2.8	0.0	0.0	0.0	2.8	0.9	29
309.0	112	03+330	03+360	3	H	120.0	0.0	0.0	0.0	120.0	38.8	54
309.0	112	03+330	03+360	10	M	4.0	36.0	0.0	0.0	40.0	12.9	22
309.0	121	03+600	03+630	1	M	2.4	4.0	5.6	0.0	12.0	3.9	36
309.0	121	03+600	03+630	3	M	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	9.7	16
309.0	121	03+600	03+630	10	M	15.0	0.0	0.0	0.0	15.0	4.8	12
309.0	130	03+870	03+900	1	H	0.3	6.3	0.0	0.0	6.6	2.2	41
309.0	130	03+870	03+900	3	L	66.0	0.0	0.0	0.0	66.0	21.4	15
309.0	130	03+870	03+900	10	M	10.0	50.0	0.0	0.0	60.0	19.4	26
309.0	130	03+870	03+900	11	M	0.1	0.2	0.2	0.0	0.5	0.2	4
309.0	130	03+870	03+900	15	L	6.3	0.0	0.0	0.0	6.3	2.0	17

Tabla 5.11. Reporte Muestras Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

Fuente: El autor.

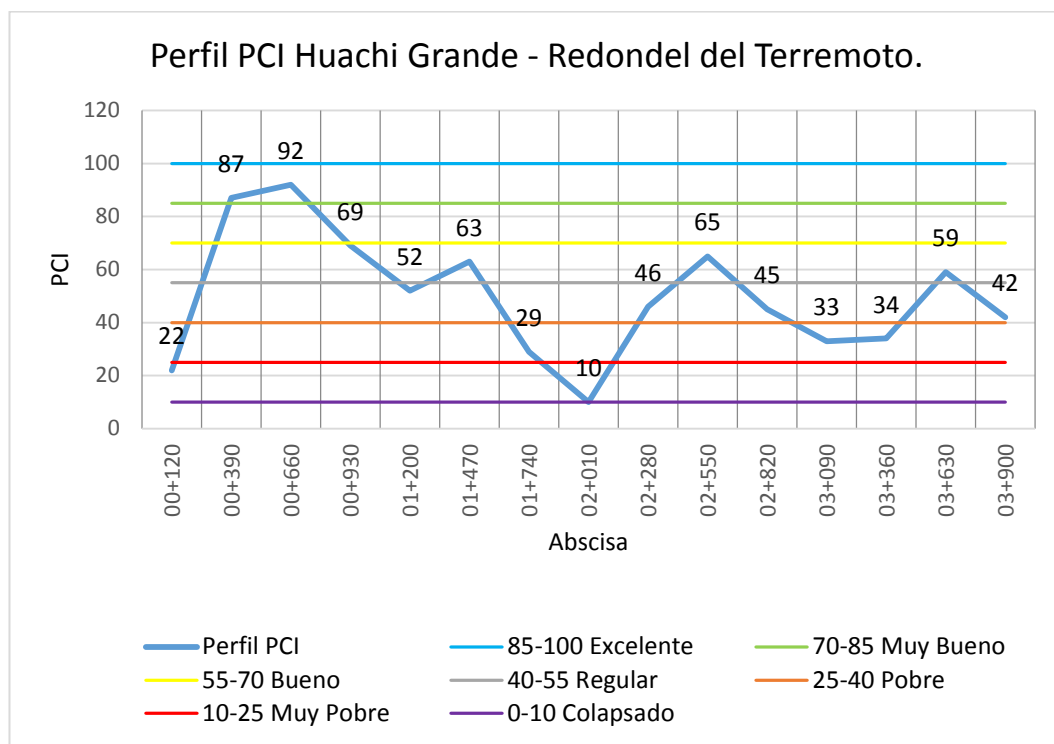
PCI de las muestras analizadas.

Tabla No. 5.12. PCI de las muestras Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

ÁREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACIÓN
309.0	4	00+090	00+120	3.7	78	22	Muy Pobre
309.0	13	00+360	00+390	9.3	13	87	Excelente
309.0	22	00+630	00+660	0.0	8	92	Excelente
309.0	31	00+900	00+930	7.9	31	69	Bueno
309.0	40	01+170	01+200	7.6	48	52	Regular
309.0	49	01+440	01+470	7.9	37	63	Bueno
309.0	58	01+710	01+740	5.4	71	29	Pobre
309.0	67	01+980	02+010	3.8	90	10	Muy Pobre
309.0	76	02+250	02+280	5.4	54	46	Regular
309.0	85	02+520	02+550	7.9	35	65	Bueno
309.0	94	02+790	02+820	5.6	55	45	Regular
309.0	103	03+060	03+090	5.4	67	33	Pobre
309.0	112	03+330	03+360	5.2	66	34	Pobre
309.0	121	03+600	03+630	6.9	41	59	Bueno
309.0	130	03+870	03+900	6.4	58	42	Regular
VALOR PROMEDIO DEL PCI TRAMO REDONDEL DEL TERREMOTO - HUACHI GRANDE						50	Regular

Fuente: El Autor.

Figura No. 5.5. Perfil PCI Huachi Grande - Redondel del Terremoto.



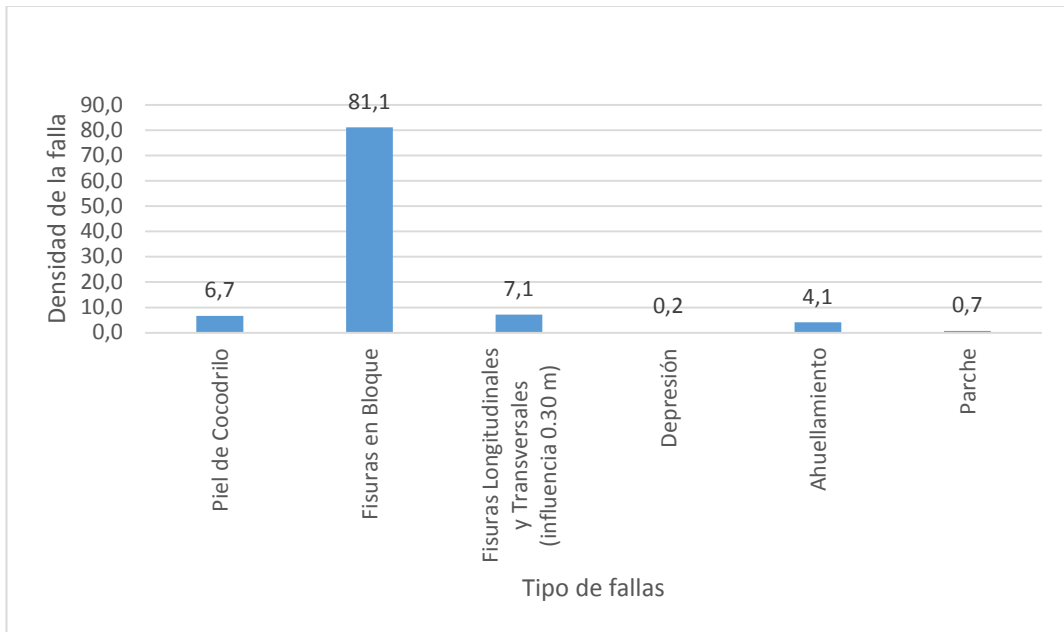
Fuente: El Autor.

Tabla No. 5.13. % de afectación acuerdo al tipo y categoría de falla muestras Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

Categoría de la Falla	Código de falla	Nombre de la Falla	Área afectada (m2)	% De acuerdo a la falla	% De acuerdo a la categoría
Fisuras	1	Piel de Cocodrilo	110.3	6.7	94.9
	3	Fisuras en Bloque	1335.0	81.1	
	10	Fisuras Longitudinales y Transversales (influencia 0.30 m)	117.0	7.1	
Deformación de la superficie	6	Depresión	4.0	0.2	4.3
	15	Ahuellamiento	67.5	4.1	
Pérdida de la Capa de Rodadura	11	Parche	12.0	0.7	0.7

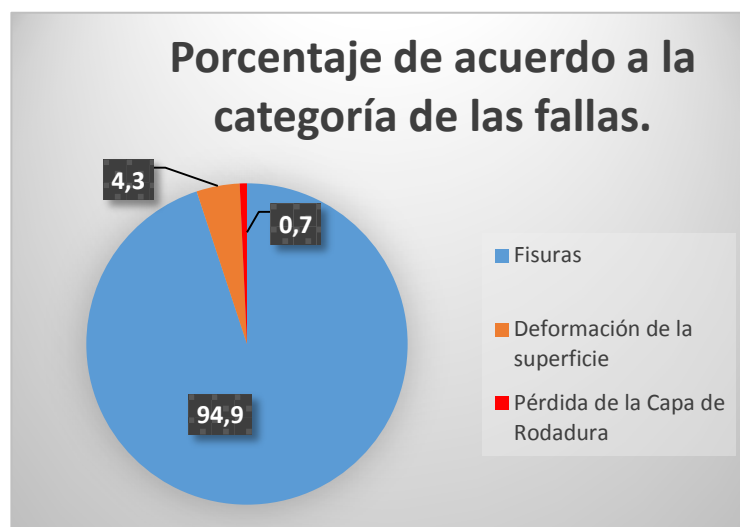
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.6. % de afectación de acuerdo al tipo de falla muestras Huachi Grande - Redondel del Terremoto.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.7. % De afectación de acuerdo a la categoría de la falla muestras Huachi Grande - Redondel del Terremoto.



Fuente: El Autor.

5.3. Cálculo del valor del IRI del tramo del Paso Lateral de Ambato comprendido entre el Redondel del Terremoto y Huachi Grande.

Para la determinación del IRI del tramo en estudio se ha utilizado un equipo de tipo Bump integrator III marca ARRB (Australia) con el módulo de interface, GPS, sensor DMI, sensor de rugosidad y controlador y como medio una camioneta marca Nissan modelo Frontier.

La determinación del IRI se lo realizó cada kilómetro, obteniendo valores cada 100 metros y con adelantamientos al inicio de la mediación de aproximadamente 20 m para cada kilómetro.

Cabe indicar que el valor del IRI al igual que el PCI se determinó tanto para el tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande como para el tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto, y el valor del IRI es el que corresponde para el carril de tránsito pesado (carril derecho) de las dos secciones, ya que es el que está expuesto a una mayor sollicitación y el que presentara un nivel de deterioro un tanto mayor que el carril para tránsito liviano (carril izquierdo).

Para la calificación del estado de la sección analizada nos basaremos en la Tabla No. 3.2. (Calificación del IRI en función de TPDA) del capítulo 3.0 de esta tesis, que es una recomendación de Transportation Research Board para la calificación del estado de un pavimento de acuerdo al TPDA y al IRI de la estructura. En esta vía el tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande tiene un TPDA proyectado a 2013 de 4853, mientras que para el tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto es de

4454. Sin embargo dada la gran importancia que representa el Paso Lateral para la movilidad de Ambato y las ciudades interconectadas y por ser una infraestructura vital para la Panamericana y la red vial del Ecuador se ha considerado incluir a los dos tramos en el rango de TPDA de 5000 – 9999.

5.3.1. Cálculo del IRI tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande.

REPORTE IRI No. 1.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Huachi Grande.

REFERENCIA: Redondel del Terremoto.

SECCIÓN: Redondel del Terremoto – Mojón de kilometraje 15.

VEHÍCULO: Nissan Frontier.

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26.

OPERADOR: Diego Gabela Berrones.

HORA: 09:02:50.

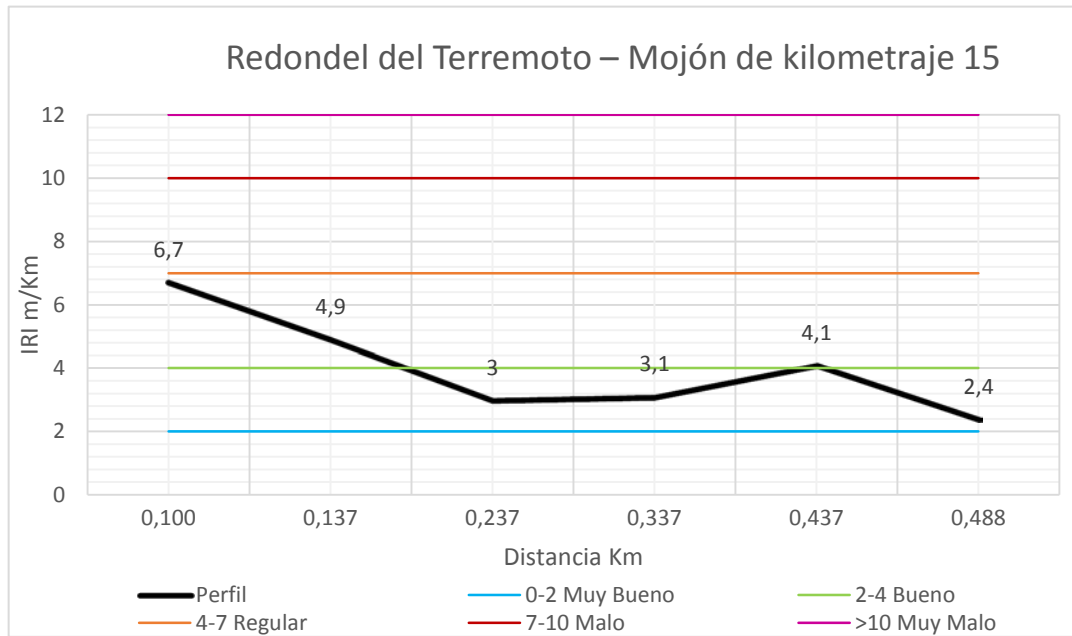
ADELANTAMIENTO: 210.

Tabla No. 5.14. IRI Redondel del Terremoto – Mojón de kilometraje 15.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	6.7	36	Velocidad baja
1	0.137	0.137	4.9	46	
2	0.100	0.237	3.0	48	
2	0.200	0.337	3.1	49	
2	0.300	0.437	4.1	53	
2	0.351	0.488	2.4	56	
IRI Promedio de la sección			4.1		

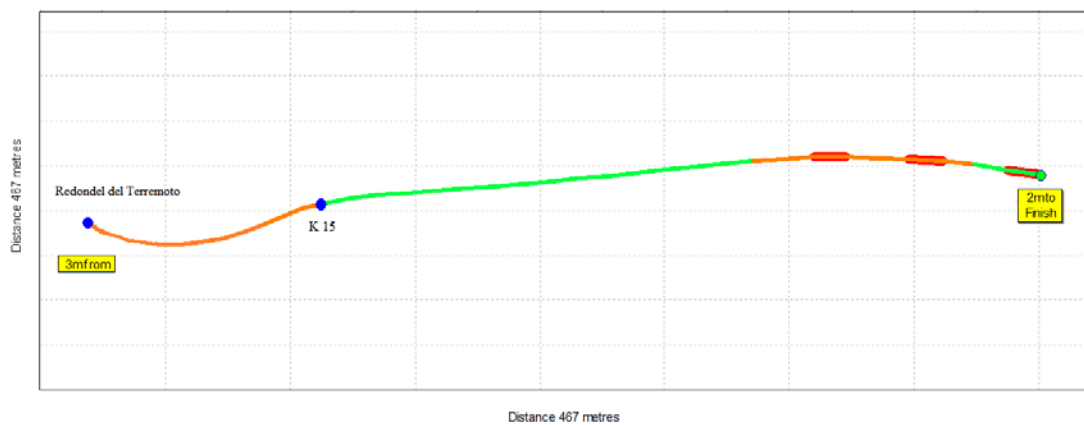
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.8. Perfil IRI, Redondel del Terremoto – Mojón de kilometraje 15.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.9. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Redondel del Terremoto - Mojón de kilometraje 15.



Fuente: El Autor.

REPORTE IRI No. 2.

HORA: 09:08:23

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Huachi Grande.

SECCIÓN: Mojón de kilometraje 15 - Mojón de kilometraje 16.

REFERENCIA:

VEHÍCULO: Nissan Frontier.

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26

OPERADOR: Diego Gabela Berrones.

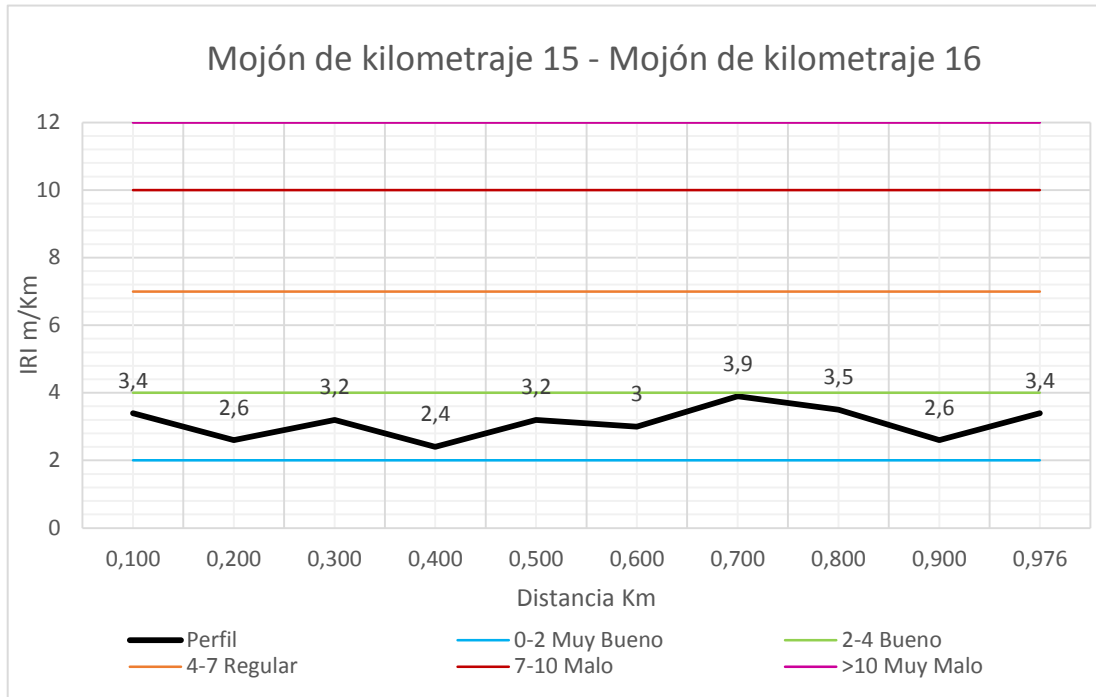
ADELANTAMIENTO: 21.

Tabla No. 5.15. IRI Mojón de kilometraje 15 - Mojón de kilometraje 16.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	3.4	48.4	Velocidad baja
1	0.200	0.200	2.6	55.4	
1	0.300	0.300	3.2	50.9	
1	0.400	0.400	2.4	51.7	
1	0.500	0.500	3.2	53.3	
1	0.600	0.600	3.0	54.2	
1	0.700	0.700	3.9	53.0	
1	0.800	0.800	3.5	51.1	
1	0.900	0.900	2.6	50.1	
1	0.976	0.976	3.4	50.3	
IRI Promedio de la sección			3.1		

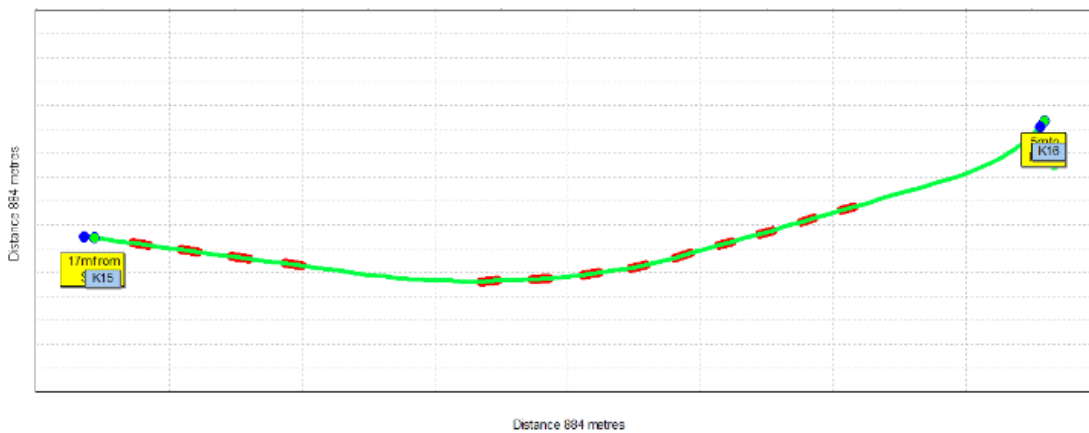
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.10. Perfil IRI, Mojón de kilometraje 15 - Mojón de kilometraje 16.



Fuente: El Autor.

Figura: 5.11. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Mojón de kilometraje 15 - Mojón de kilometraje 16.



Fuente: Al Autor.

REPORTE IRI No. 3.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Huachi Grande.

REFERENCIA:

SECCIÓN: Mojón de kilometraje 16 - Mojón de kilometraje 17.

VEHÍCULO: Nissan Frontier

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26.

OPERADOR: Diego Gabela Berrones.

HORA: 09:11:27

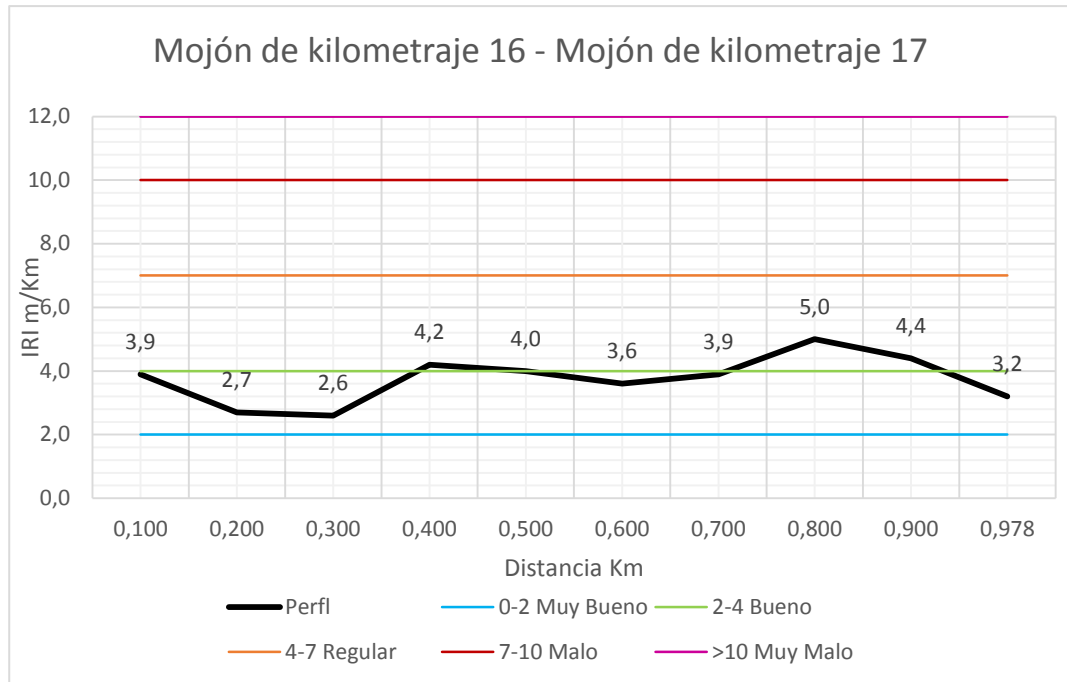
ADELANTAMIENTO: 16m.

Tabla No. 5.16. IRI Mojón de kilometraje 16 - Mojón de kilometraje 17.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	3.9	41.8	Velocidad baja
1	0.200	0.200	2.7	47.4	
1	0.300	0.300	2.6	46.8	
1	0.400	0.400	4.2	47.7	
1	0.500	0.500	4.0	49.4	San Francisco LD
1	0.600	0.600	3.6	51.2	
1	0.700	0.700	3.9	49.7	Red Vial LI
1	0.800	0.800	5.0	48.8	
1	0.900	0.900	4.4	49.9	
1	0.978	0.978	3.2	49.7	
IRI Promedio de la sección			3.8		

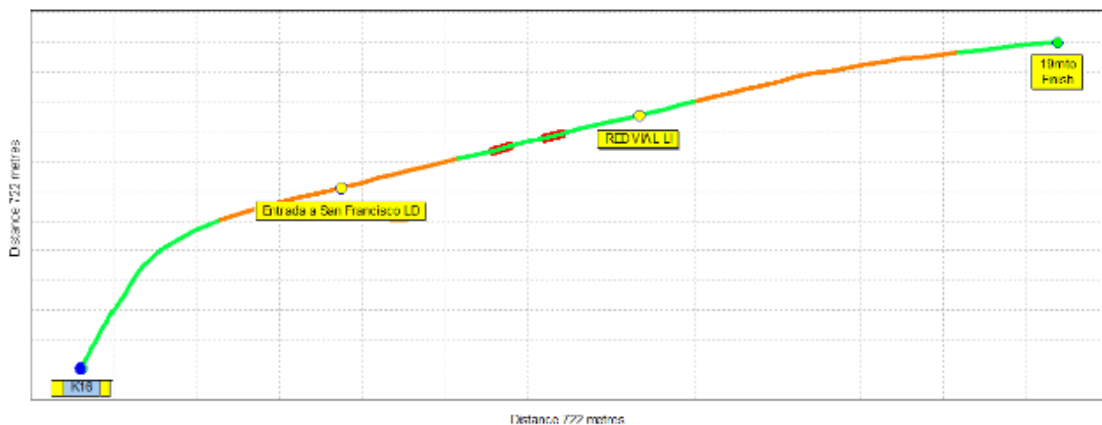
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.12. Perfil IRI, Mojón de kilometraje 16 - Mojón de kilometraje 17.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.13. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Mojón de kilometraje 16 - Mojón de kilometraje 17.



Fuente: El Autor.

REPORTE IRI No. 4.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Huachi Grande.

REFERENCIA:

SECCIÓN: Mojón de kilometraje 17 - Mojón de kilometraje 18.

VEHÍCULO: Nissan Frontier.

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26.

OPERADOR: Diego Gabela Berrones.

HORA: 09:13:56.

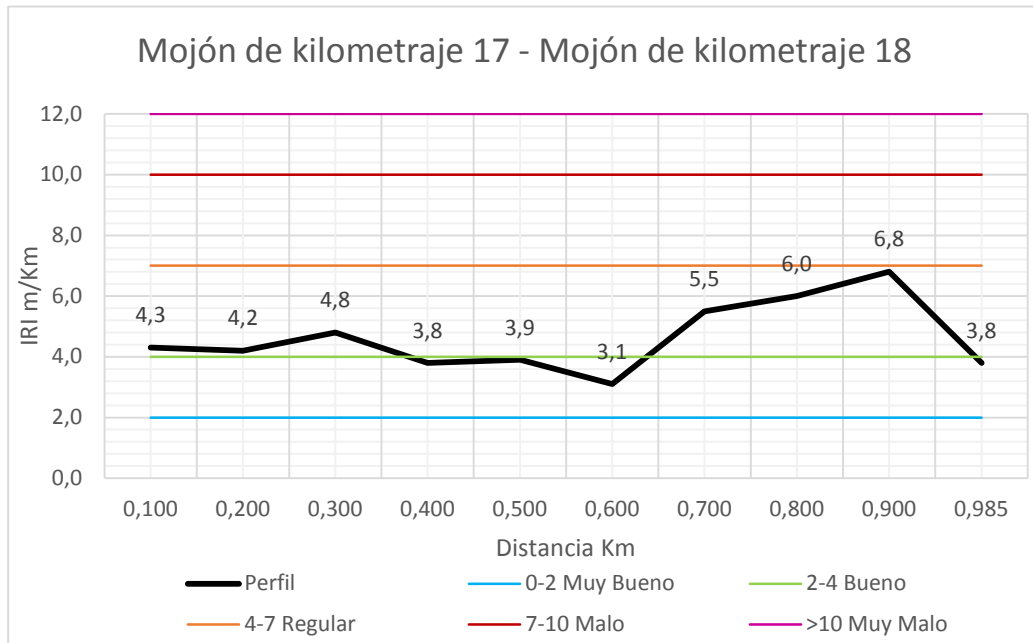
ADELANTAMIENTO: 24m

Tabla No. 5.17. IRI Mojón de kilometraje 17 - Mojón de kilometraje 18.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	4.3	41.3	Velocidad baja
1	0.200	0.200	4.2	50.6	
1	0.300	0.300	4.8	53.1	
1	0.400	0.400	3.8	53.1	
1	0.500	0.500	3.9	48.7	
1	0.600	0.600	3.1	51.9	
1	0.700	0.700	5.5	51.5	
1	0.800	0.800	6.0	50.8	
1	0.900	0.900	6.8	51.4	
1	0.985	0.985	3.8	50.2	
IRI Promedio de la sección			4.6		

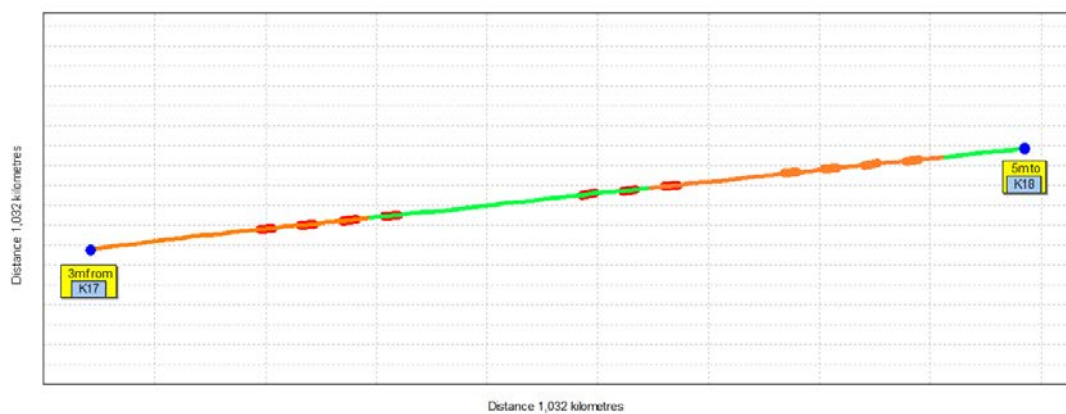
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.14. Perfil IRI, Mojón de kilometraje 17 - Mojón de kilometraje 18.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.15. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Mojón de kilometraje 17 - Mojón de kilometraje 18.



Fuente: El Autor.

REPORTE IRI No. 5.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Huachi Grande.

REFERENCIA:

SECCIÓN: Mojón de kilometraje 18 - Mojón de kilometraje 19.

VEHÍCULO: Nissan Frontier

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26.

OPERADOR: Diego Gabela Berrones.

HORA: 09:16:00.

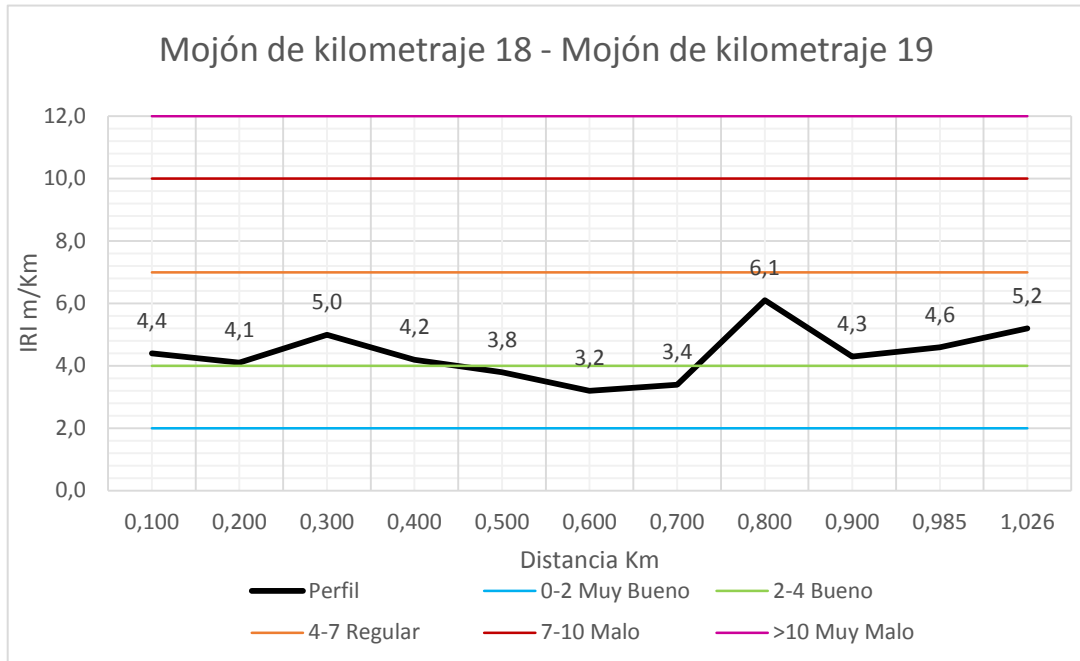
ADELANTAMIENTO: 18m.

Tabla No. 5.18. IRI Mojón de kilometraje 18 - Mojón de kilometraje 19.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	4.4	47.8	Velocidad baja
1	0.200	0.200	4.1	56.1	
1	0.300	0.300	5.0	49.0	
1	0.400	0.400	4.2	50.3	
1	0.500	0.500	3.8	52.1	
1	0.600	0.600	3.2	52.2	
1	0.700	0.700	3.4	50.9	
1	0.800	0.800	6.1	47.7	Entrada Puente
1	0.900	0.900	4.3	43.1	Salida Puente
1	1.000	0.985	4.6	45.8	
1	1.026	1.026	5.2	46.2	
IRI Promedio de la sección			4.3		

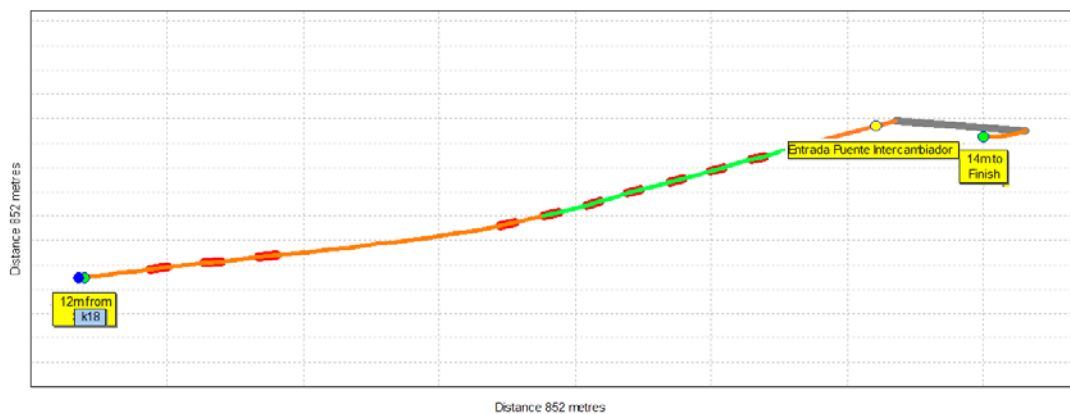
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.17. Perfil IRI, Mojón de kilometraje 18 - Mojón de kilometraje 19.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.18. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Mojón de kilometraje 18 - Mojón de kilometraje 19.



Fuente: El Autor.

REPORTE IRI No. 6.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Huachi Grande.

SECCIÓN: Mojón de kilometraje 19 – Semáforo de Huachi Grande.

REFERENCIA:

VEHÍCULO: Nissan Frontier.

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26.

OPERADOR: Diego Gabela Berrones.

HORA: 09:20:16.

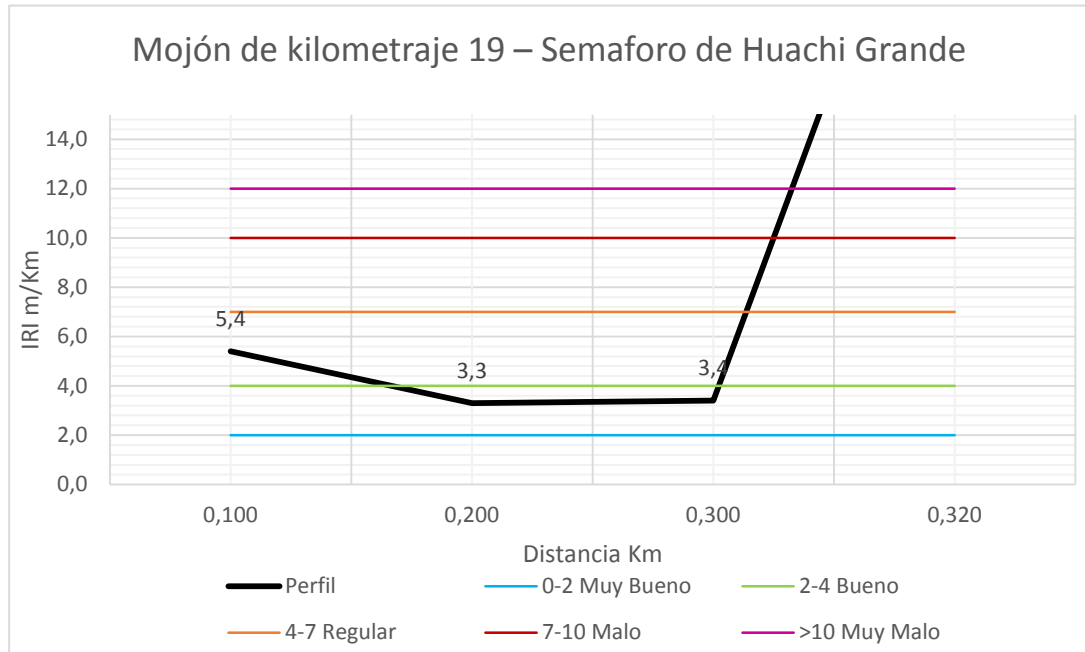
ADELANTAMIENTO: 25m.

Tabla No. 5.19. IRI Mojón de kilometraje 19 – Semáforo de Huachi Grande.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	5.4	39.9	Velocidad baja
1	0.200	0.200	3.3	44.8	
1	0.300	0.300	3.4	44.8	
1	0.320	0.320	29.8	39.3	Velocidad baja Rompe velocidades
IRI Promedio de la sección			5.6		

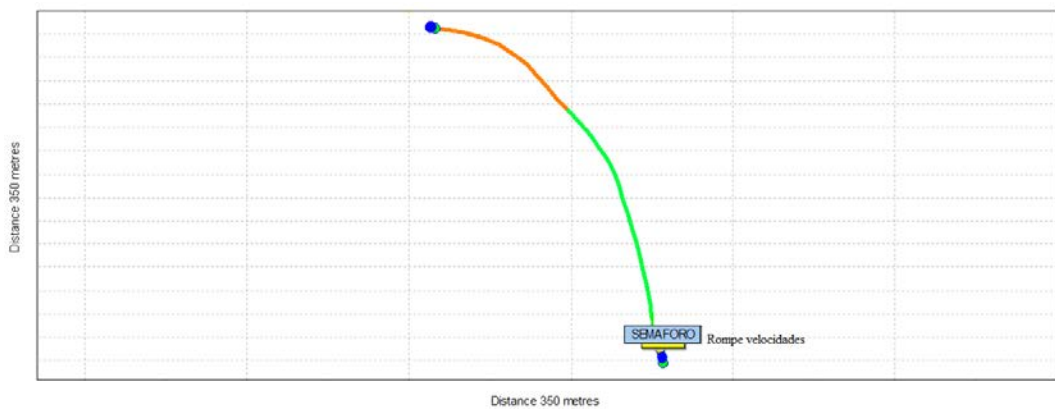
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.19. Perfil IRI, Mojón de kilometraje 19 – Semáforo de Huachi Grande.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.20. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Mojón de kilometraje 19 – Semáforo de Huachi Grande.



Fuente: El Autor.

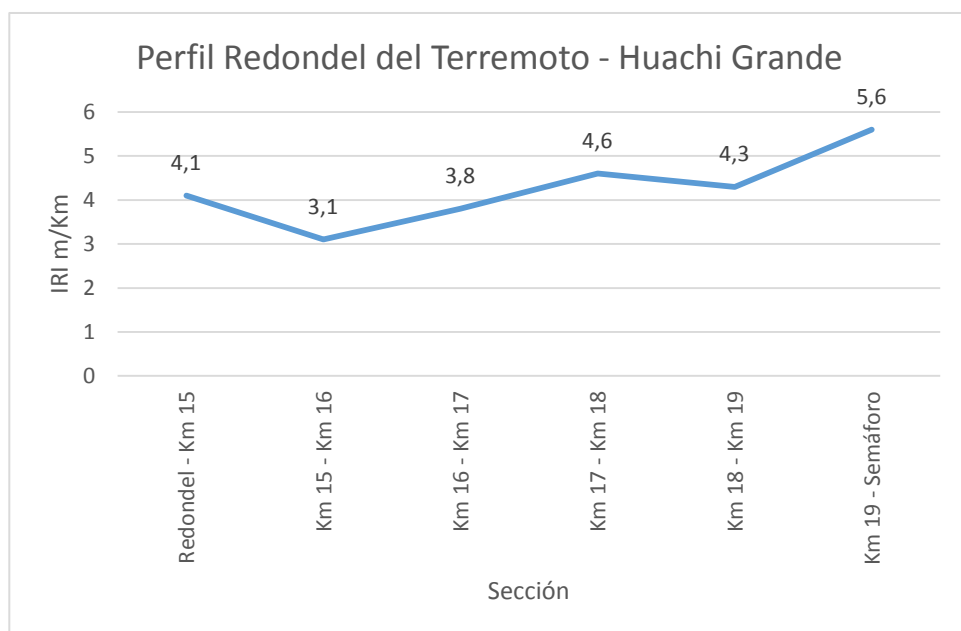
A continuación se resume cada una de las secciones del tramo: Redondel del Terremoto – Huachi Grande y se detalla el IRI promedio y su estado.

Tabla No. 5.20. IRI promedio, Redondel del Terremoto – Huachi Grande.

Sección	IRI Promedio m/Km	Estado
Redondel – Km 15	4.1	Regular
Km 15 – Km 16	3.1	Bueno
Km 16 – Km 17	3.8	Bueno
Km 17 – Km 18	4.6	Regular
Km 18 – Km 19	4.3	Regular
Km 19 – Semáforo	5.6	Regular
IRI Promedio Redondel del Terremoto – Huachi Grande	4.25	Regular

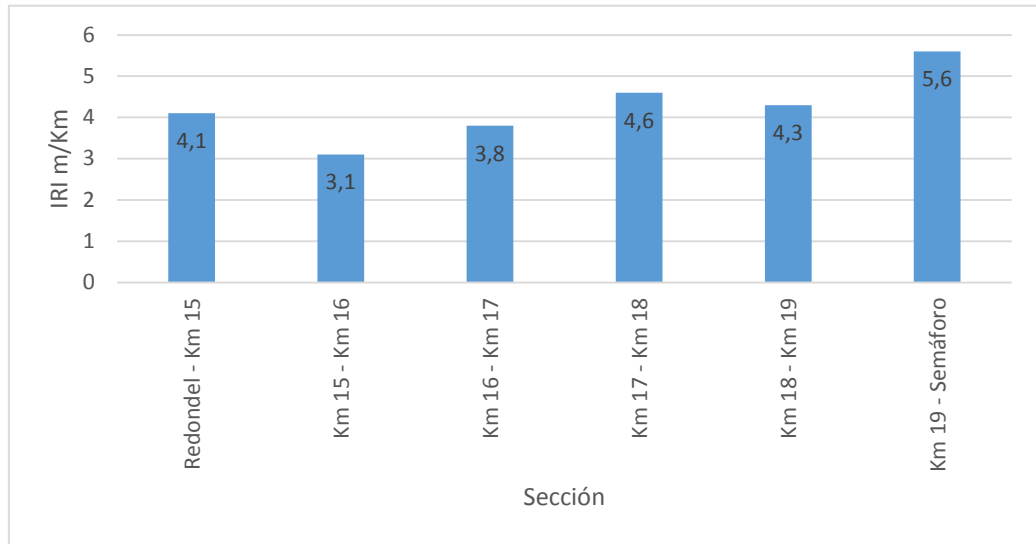
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.21. Perfil IRI, Redondel del Terremoto – Huachi Grande.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.22. Comparación IRI en cada sección del tramo Redondel del Terremoto – Guachi Grande.



Fuente: El Autor.

5.3.2. Cálculo del IRI tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

REPORTE IRI No. 7.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

SECCIÓN: Semáforo de Huachi Grande - Mojón de kilometraje 18.

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26.

HORA: 09:23:19.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Redondel del Terremoto.

REFERENCIA:

VEHÍCULO: Nissan Frontier.

OPERADOR: Diego Gabela Berrones.

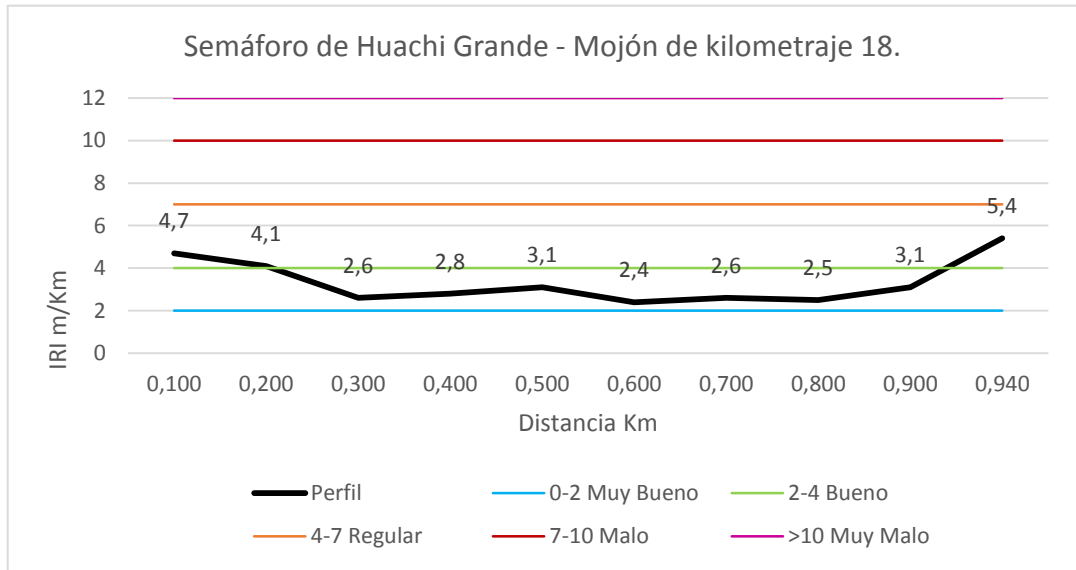
ADELANTAMIENTO: 49m.

Tabla No. 5.21. IRI Semáforo de Huachi Grande - Mojón de kilometraje 18.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	4.7	52.8	
1	0.200	0.200	4.1	50.7	
1	0.300	0.300	2.6	50.6	
1	0.400	0.400	2.8	51.5	
1	0.500	0.500	3.1	55.3	
1	0.600	0.600	2.4	53.9	
1	0.700	0.700	2.6	55.8	
1	0.800	0.800	2.5	53.7	
1	0.900	0.900	3.1	52.4	
1	0.940	0.940	5.4	52.4	
IRI Promedio de la sección			3.2		

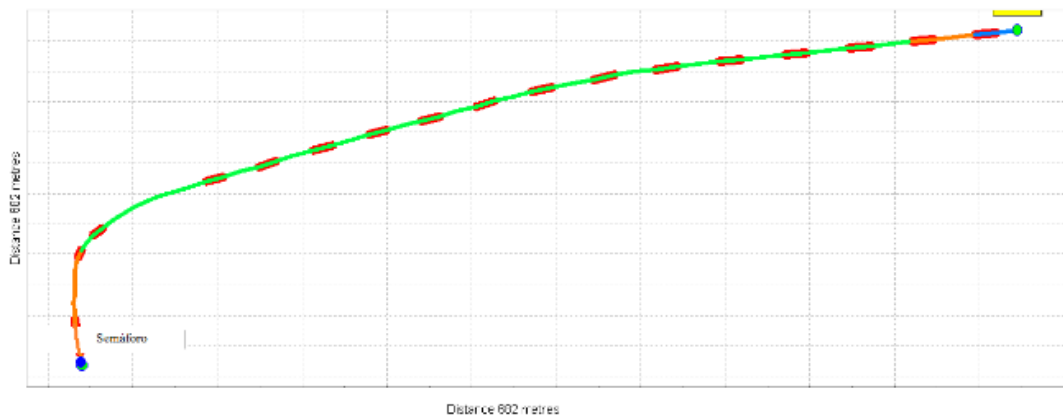
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.23. Perfil IRI, Semáforo de Huachi Grande - Mojón de kilometraje 18.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.24. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Semáforo de Huachi Grande - Mojón de kilometraje 18.



Fuente: El Autor.

REPORTE IRI No. 8.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Redondel del Terremoto.

SECCIÓN: Mojón de kilometraje 18 - Mojón de kilometraje 17.

REFERENCIA:

VEHÍCULO: Nissan Frontier

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26

OPERADOR: Diego Gabela Berrones.

HORA: 09:25:25.

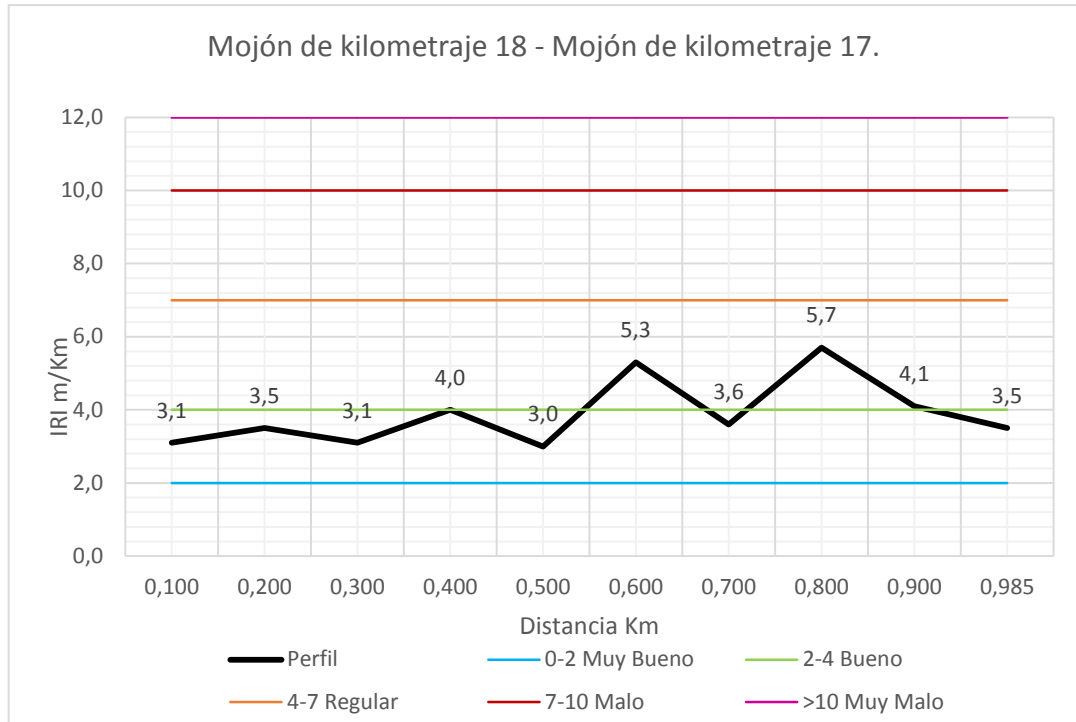
ADELANTAMIENTO: 25m

Tabla No. 5.22. IRI Mojón de kilometraje 18 - Mojón de kilometraje 17.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	3.1	49.2	
1	0.200	0.200	3.5	53.1	
1	0.300	0.300	3.1	55.9	
1	0.400	0.400	4.0	55.2	
1	0.500	0.500	3.0	53.8	
1	0.600	0.600	5.3	54.6	
1	0.700	0.700	3.6	52.8	
1	0.800	0.800	5.7	52.9	
1	0.900	0.900	4.1	55.9	
1	0.985	0.985	3.5	52.2	
IRI Promedio de la sección			3.9		

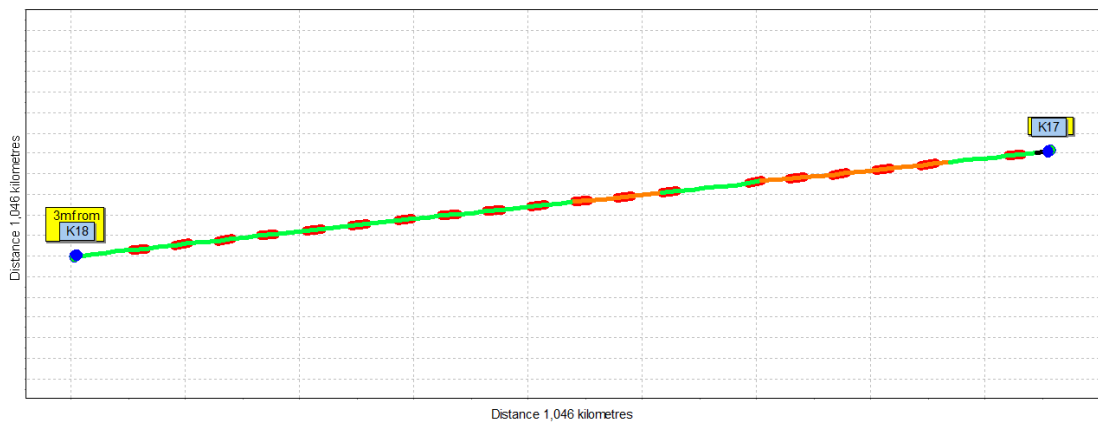
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.25. Perfil IRI, Mojón de kilometraje 18 - Mojón de kilometraje 17.



Fuente: El Autor.

Figura 5.26. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Mojón de kilometraje 18 - Mojón de kilometraje 17.



Fuente: El Autor.

REPORTE IRI No. 9.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Redondel del Terremoto.

SECCIÓN: Mojón de kilometraje 17 - Mojón de kilometraje 16.

REFERENCIA:

VEHÍCULO: Nissan Frontier

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26.

OPERADOR: Diego Gabela Berrones.

HORA: 09:27:28.

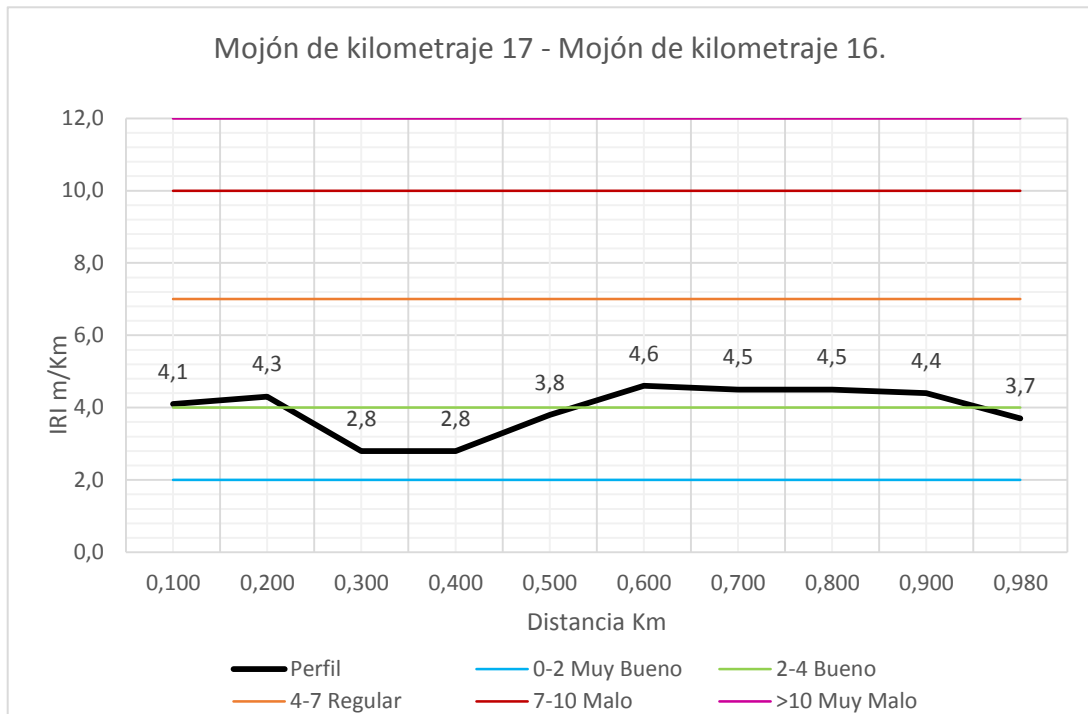
ADELANTAMIENTO: 23m

Tabla No. 5.23. IRI Mojón de kilometraje 17 - Mojón de kilometraje 16.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	4.1	47.4	
1	0.200	0.200	4.3	47.9	
1	0.300	0.300	2.8	51.7	
1	0.400	0.400	2.8	56.4	
1	0.500	0.500	3.8	54.5	
1	0.600	0.600	4.6	54.7	
1	0.700	0.700	4.5	53.3	
1	0.800	0.800	4.5	51.7	
1	0.900	0.900	4.4	57.3	
1	0.980	0.980	3.7	53.8	
IRI Promedio de la sección			4.0		

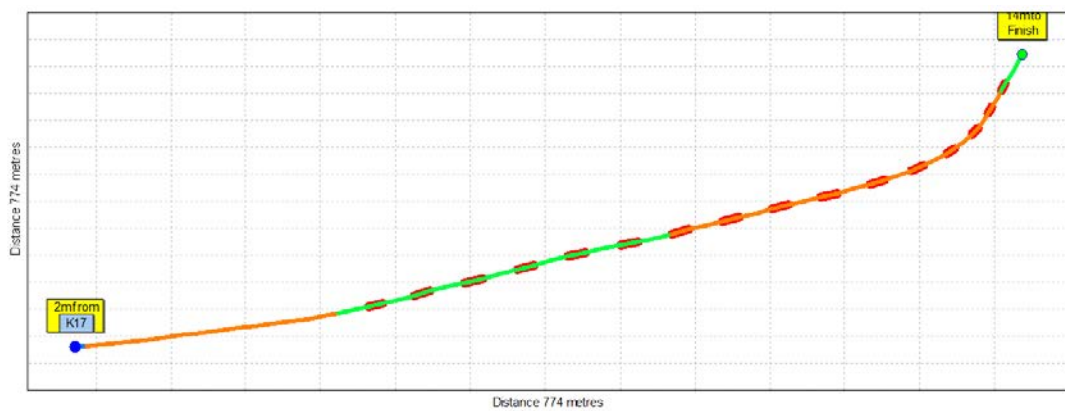
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.27. Perfil IRI, Mojón de kilometraje 17 - Mojón de kilometraje 16.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.28. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Mojón de kilometraje 17 - Mojón de kilometraje 16.



Fuente: El Autor.

REPORTE IRI No. 10.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Redondel del Terremoto.

SECCIÓN: Mojón de kilometraje 16 - Mojón de kilometraje 15.

REFERENCIA:

VEHÍCULO: Nissan Frontier

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26.

OPERADOR: Diego Gabela.

HORA: 09:29:37.

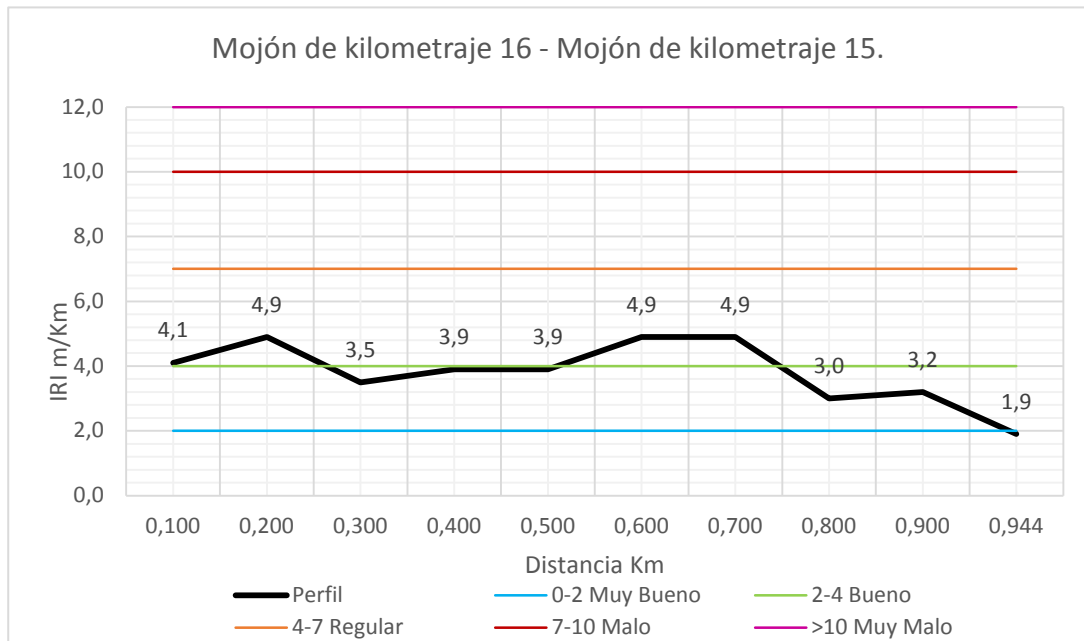
ADELANTAMIENTO: 20m

Tabla No. 5.24. IRI Mojón de kilometraje 16 - Mojón de kilometraje 15.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	4.1	54.4	
1	0.200	0.200	4.9	58.9	
1	0.300	0.300	3.5	55.3	
1	0.400	0.400	3.9	55.0	
1	0.500	0.500	3.9	53.0	
1	0.600	0.600	4.9	54.9	
1	0.700	0.700	4.9	54.4	
1	0.800	0.800	3.0	54.1	
1	0.900	0.900	3.2	54.2	
1	0.944	0.944	1.9	50.9	
IRI Promedio de la sección			3.9		

Fuente: El Autor.

Figura No.5.29. Perfil IRI, Mojón de kilometraje 16 - Mojón de kilometraje 15.



Fuente: El Autor.

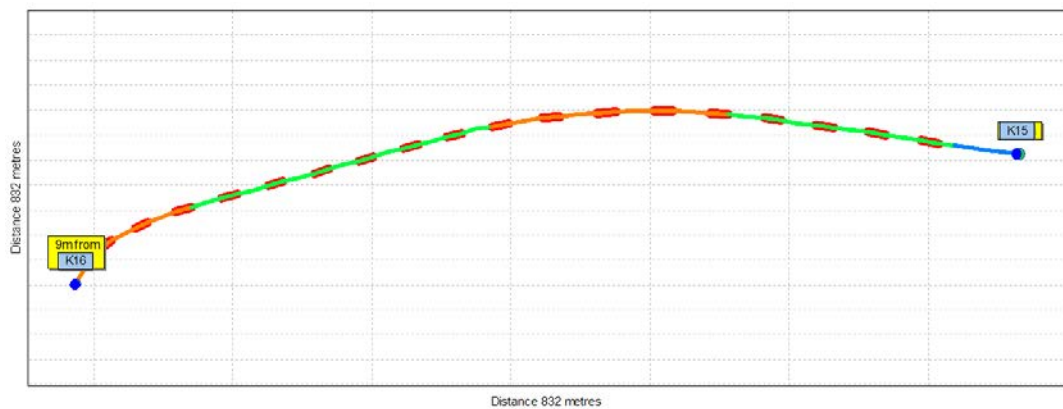


Figura No. 5.30. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Mojón de kilometraje 16 - Mojón de kilometraje 15.

REPORTE IRI No. 11.

NOMBRE DE LA VÍA: Paso Lateral de Ambato.

DIRECCIÓN DEL VIAJE: Redondel del Terremoto.

SECCIÓN: Mojón de kilometraje 15 – Redondel del Terremoto.

REFERENCIA:

VEHÍCULO: Nissan Frontier

FECHA DEL ESTUDIO: 2013-06-26.

ADELANTAMIENTO: 25m

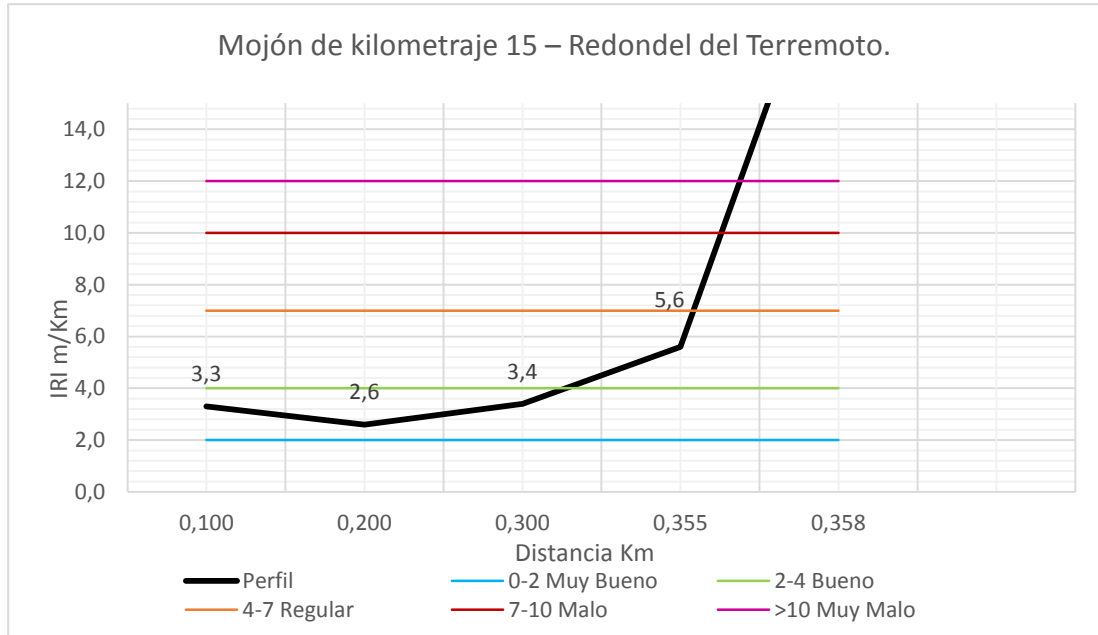
HORA: 09:31:34.

Tabla No. 5.25. IRI Mojón de kilometraje 15 – Redondel del Terremoto.

Sección	Distancia parcial (Km)	Distancia total (Km)	IRI (m/Km)	Velocidad Km/ h	Eventos
1	0.100	0.100	3.3	48.5	Velocidad baja
1	0.200	0.200	2.6	52.7	
1	0.300	0.300	3.4	50.7	
1	0.355	0.355	5.6	48.9	
1	0.002	0.358	22.6	46.6	Velocidad baja
IRI Promedio de la sección			3.6		

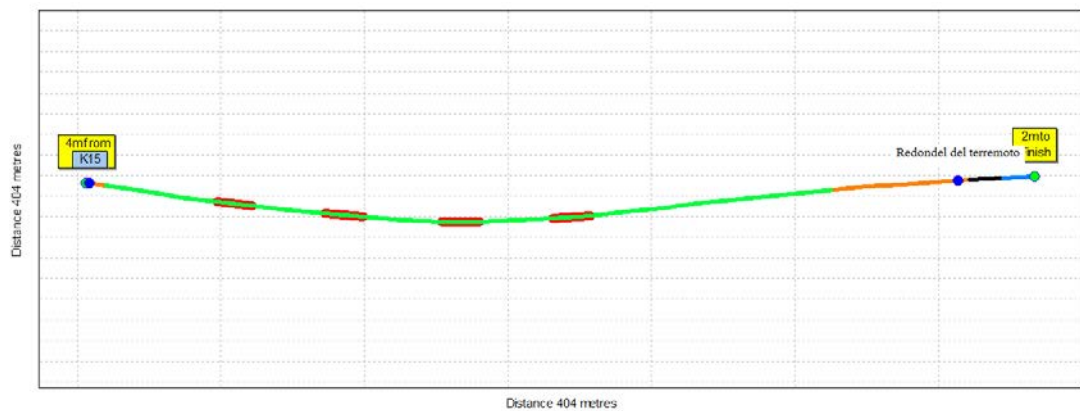
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.31. Perfil IRI, Mojón de kilometraje 15 – Redondel del Terremoto.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.32. Diagrama de la condición de acuerdo al IRI, Mojón de kilometraje 15 – Redondel del Terremoto.



Fuente: El Autor.

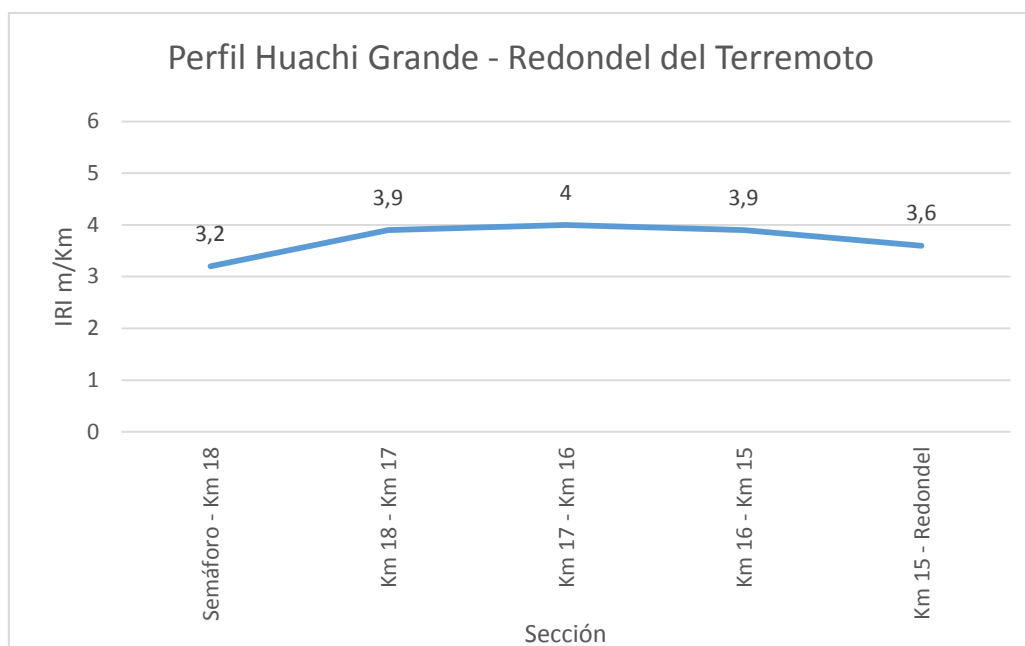
A continuación se resume cada una de las secciones del tramo: Huachi Grande - Redondel del Terremoto y se detalla el IRI promedio y su estado.

Tabla No.5.26. IRI promedio, Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

Sección	IRI Promedio	Estado
Semáforo - Km 18	3.2	Bueno
Km 18 - Km 17	3.9	Bueno
Km 17 - Km 16	4	Regular
Km 16 - Km 15	3.9	Bueno
Km 15 - Redondel	3.6	Bueno
IRI Promedio Huachi Grande - Redondel del Terremoto	3.7	Bueno

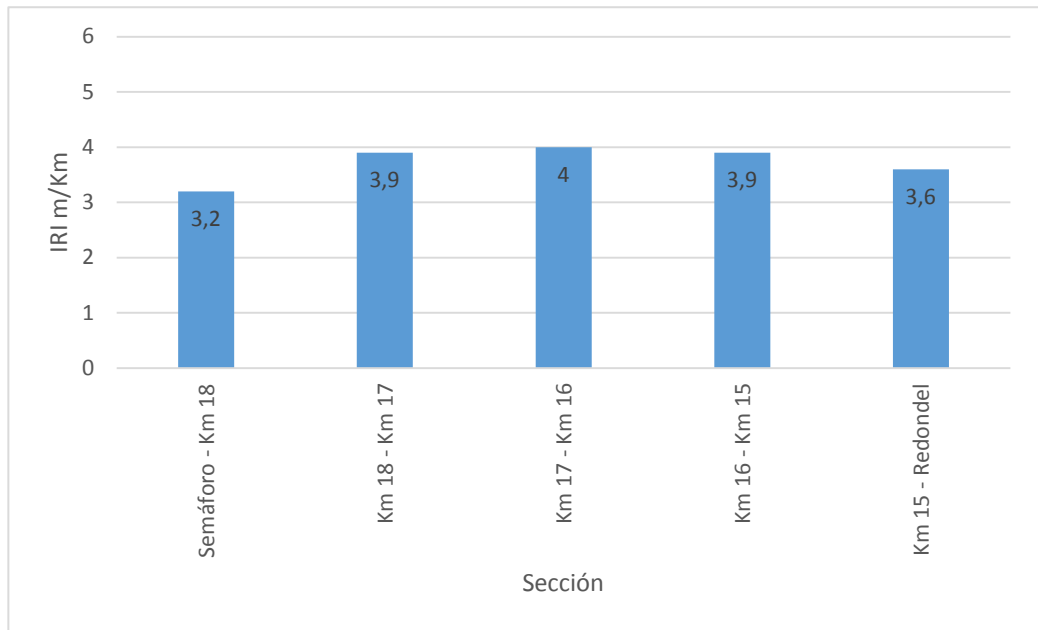
Fuente: El Autor.

Figura No. 5.33. Perfil IRI, Huachi Grande - Redondel del Terremoto.



Fuente: El Autor.

Figura No. 5.34. Comparación IRI en cada sección del tramo Guachi Grande - Redondel del Terremoto.



Fuente: El Autor.

5.3. PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA.

Como se puede observar en la *Tabla No. 5.9. % de afectación de acuerdo al tipo y categoría de fallas muestras Redondel del Terremoto – Huachi Grande* y en la *Tabla No. 5.13. % de afectación de acuerdo al tipo y categoría de fallas muestras Huachi Grande - Redondel del Terremoto*. En ambos casos la categoría de fisuras es la que más afecta a los dos tramos de la estructura.

Por otro lado, el valor del IRI correspondiente al tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande es de 4.25 con una calificación de REGULAR. Y el valor del IRI correspondiente al tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto es de 3.7 con una calificación de BUENO, ambas calificaciones de acuerdo a la *Tabla No. 3.2. Calificación del IRI en función de TPDA*.

Analizando tanto las fallas que más inciden y el IRI de la estructura, podemos darnos cuenta que este pavimento es candidato para un mantenimiento correctivo/preventivo, el cual básicamente consistirá primero en realizar actividades que reparen aquellas partes dañadas de la capa de rodadura seguido de la ejecución de labores de mantenimiento de aquellas fallas más “pequeñas” que si no son tratadas a tiempo llegaran a generar otras que lleguen a afectar con mayor rigor al pavimento y finalmente actividades de rejuvenecimiento de la superficie.

A continuación se muestran las actividades de mantenimiento para cada tramo de la sección de la vía analizada. Se muestra la categoría de la falla, el tipo de falla, la actividad de mantenimiento escogida, la cantidad promedio de las muestras

analizadas (PCI) y las cantidades que han sido extrapoladas de acuerdo a la densidad de las muestras (PCI) para cada tramo.

Las actividades de mantenimiento que se describen en las tablas 5.27. y 5.28. Tiene la intención de elevar el valor del PCI.

Tabla No. 5.27. Descripción de las actividades a realizar Tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande.

Categoría de la falla	Tipo de falla	Actividad de mantenimiento	Cantidad de falla	Cantidades Extrapoladas
Agrietamiento	Piel de cocodrilo	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	413.1 m ²	4314.6 m ²
	Fisuras en bloque	Clean and Seal	810.0 m ²	8460.0 m ²
	Fisuras longitudinales y transversales	Clean and Seal	565.0 m	5901.1 m
	Fisuras parabólicas	Clean and Seal	19.5 m ²	203.7 m ²
Deformación de la superficie	Desniveles localizados	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	62.0 m ²	647.6 m ²
	Depresión	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	5.2 m ²	54.3 m ²
	Ahuellamiento	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	98.9 m ²	1033.0 m ²
Pérdida de la capa de rodadura	Parche	Parche con mezcla asfáltica caliente	11.2 m ²	117.0 m ²

Fuente: El Autor.

Tabla No. 5.28. Descripción de las actividades a realizar Tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

Categoría de la falla	Tipo de falla	Actividad de mantenimiento	Densidad promedio de las muestras	Cantidades Extrapoladas
Agrietamiento	Piel de cocodrilo	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	110.3 m ²	1029.5 m ²
	Fisuras en bloque	Clean and Seal	1335 m ²	12460.0 m ²
	Fisuras longitudinales y transversales	Clean and Seal	390 m	3640.0 m
Deformación de la superficie	Depresión	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	4 m ²	37.3 m ²
	Ahuellamiento	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	67.5 m ²	630.0 m ²
Pérdida de la capa de rodadura	Parche	Parche con mezcla asfáltica caliente	12 m ²	112.0 m ²

Fuente: El Autor.

Adicionalmente se opta por realizar un tratamiento superficial de Slurry Seal con el fin de reducir los desniveles y las irregularidades para disminuir el valor del IRI, impermeabilizar la carpeta asfáltica (sellar fisuras pequeñas) y proveer una superficie nueva al pavimento, ya que en la inspección realizada para el cálculo del IRI y del PCI se pudo observar que la superficie comenzaba a presentar signos de rigidización.

Tabla No. 5.29. Tratamiento superficial Redondel del Terremoto – Huachi Grande.

Sección	Tratamiento superficial	Cantidad	
Redondel del Terremoto - Huachi Grande con espaldones	Slurry Seal	48410	m2
Redondel del Terremoto - Huachi Grande sin espaldones	Slurry Seal	33840	m2

Fuente: El Autor.

Tabla No. 5.30. Tratamiento superficial Huachi Grande – Redondel del Terremoto.

Sección	Tratamiento superficial	Cantidad
Huachi Grande - Redondel del Terremoto con espaldones	Slurry Seal	43260 m2
Huachi Grande - Redondel del Terremoto sin espaldones	Slurry Seal	30240 m2

Fuente: El Autor.

PRESUPUESTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

Para realizar el presupuesto se ha utilizado los precios unitarios definidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Para determinar las cantidades de obras se ha utilizado las cantidades extrapoladas de las tablas *Tabla No. 5.27. Descripción de las actividades a realizar Tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande* y *Tabla No. 5.28. Descripción de las actividades a realizar Tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto*. En donde para las siguientes fallas: Piel de cocodrilo, Desniveles localizados, Depresión y Ahuellamiento se ha considerado un espesor de 2 cm de profundidad y para las fisuras en bloque y parabólicas se ha considerado que en 1 m² hay aproximadamente 4 m de fisuras.

Para el tratamiento superficial con Slurry Seal se ha considerado dos alternativas, una en la que el tratamiento superficial abarca toda el área de la estructura y otra más “económica” en la cual es omitida el área de los espaldones.

Tabla No. 5.31. Presupuesto Redondel del Terremoto – Huachi Grande.

Tipo de falla	Actividad de mantenimiento	Cantidades de obra	Precio unitario	Precio total
Piel de cocodrilo	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	86 m3	152.01	13 118.46
Fisuras en bloque	Clean and Seal	33840 m	0.33	11 167.20
Fisuras longitudinales y transversales	Clean and Seal	5901 m	0.33	1 947.36
Fisuras parabólicas	Clean and Seal	814.8 m	0.33	268.88
Desniveles localizados	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	13 m3	152.01	1 976.13
Depresión	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	1 m3	152.01	167.21
Ahuellamiento	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	21 m3	152.01	3 146.61
Parche	No necesita intervención	0 m3	152.01	0.00
TOTAL (Tratamiento superficial en los espaldones)		48410 m2	1.15	55 671.50
TOTAL (Sin tratamiento superficial en los espaldones)		33840 m2	1.15	38 916.00
TOTAL (Tratamiento superficial en los espaldones)				87 463.36
TOTAL (Sin tratamiento superficial en los espaldones)				70 707.86

Fuente: El Autor.

Tabla No. 5.32. Presupuesto Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

Tipo de falla	Actividad de mantenimiento	Cantidades de obra	Precio unitario	Precio total
Piel de cocodrilo	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	21 m3	152.01	3 131.41
Fisuras en bloque	Clean and Seal	49840 m	0.33	16 447.20
Fisuras longitudinales y transversales	Clean and Seal	3640 m	0.33	1 201.20
Depresión	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	1 m3	152.01	121.61
Ahuellamiento	Parche (Menor) con mezcla asfáltica caliente	13 m3	152.01	1 915.33
Parche	No necesita intervención	0 m3	152.01	0.00
Tratamiento superficial con Slurry Seal (incluido los espaldones)		43260 m2	1.15	49 749.00
Tratamiento superficial con Slurry Seal (incluido los espaldones)		30240 m2	1.15	34 776.00
TOTAL (Tratamiento superficial en los espaldones)				72 565.74
TOTAL (Sin tratamiento superficial en los espaldones)				57 592.74

Fuente: El Autor.

A continuación en la Tabla No. 5.33. Se muestra dos presupuestos del plan de mantenimiento. El primero es aquel en el que los espaldones reciben el tratamiento superficial con Slurry Seal y el segundo es en el que se ha omitido estas secciones por razones económicas, si se diera el caso.

Tabla No. 5.33. Presupuesto Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

Presupuesto total (Tratamiento superficial en los espaldones)	160 029.10
Presupuesto total (Sin tratamiento superficial en los espaldones)	128 300.60

Fuente: El Autor.

CAPÍTULO 6:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES.

6.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. CONCLUSIONES.

Una vez realizado la evaluación funciona PCI e IRI del tramo del paso lateral de Ambato comprendido entre Huachi Grande y el Redondel del Terremoto se puede concluir lo siguiente:

6.1.1. PCI DEL TRAMO REDONDEL DEL TERREMOTO – HUACHI GRANDE.

6.1.1.1. En la *Tabla No. 5.9. % de afectación de acuerdo al tipo y categoría de falla muestras Redondel del Terremoto – Huachi Grande*. Se observa que en el tramo a la que se refiere la tabla, la categoría correspondiente a FISURAS que generalmente no está asociada a fallas de carácter estructural lo afecta en un 88.8 %. Por otro lado, la categoría DEFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE que puede tener su origen en el ámbito estructural, representa el 10.5 %, y finalmente la categoría PÉRDIDA DE LA CAPA DE RODADURA representa apenas el 0.7 %.

6.1.1.2. De acuerdo a 6.1.1. se puede concluir que esta sección del pavimento se encuentra en buena condición estructural y por el

momento no es necesario una evaluación ni una intervención de este tipo.

6.1.1.3. De acuerdo a la *Figura No. 5.3. % de afectación de acuerdo al tipo de falla muestras Redondel del Terremoto – Huachi Grande* se describirá el tipo de falla, su porcentaje y las causas que las generaron en esta sección del pavimento.

Tabla No. 6.1. Causas de los deterioros tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande.

Categoría de la Falla	Nombre de la Falla	%	Causas que las generaron
agrietamiento	Piel de Cocodrilo	26	Falla por fatiga debido a la repetición continua de cargas de tránsito
	Fisuras en Bloque	51	Ciclos diarios de Esfuerzo - Deformación provocado por el gradiente térmico de la zona, rigidización de la mezcla asfáltica
	Fisuras Longitudinales y Transversales	10.7	Ciclos diarios de Esfuerzo - Deformación provocado por el gradiente térmico de la zona, rigidización de la mezcla asfáltica
	Fisuras Parabólicas	1.2	Tránsito de vehículos pesados por una sección con pendiente positiva un poco fuerte
Deformación de la superficie	Desniveles Localizados	3.9	Provocados en la etapa de construcción y por la introducción de material incompresible dentro de las fisuras
	Depresión	0.3	Provocados en la etapa de construcción
	Ahuellamiento	6.2	Tráfico pesado, se presentó solamente en el carril derecho (para vehículos pesados)
Pérdida de la Capa de Rodadura	Parche	0.7	Labores de bacheo menor

Fuente: El Autor.

6.1.1.4. El PCI del tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande es de 38 que le da una calificación POBRE, sin embargo como se puede observar en la *Figura No. 5.2. Perfil PCI Redondel del Terremoto – Huachi Grande* el perfil del PCI es ciertamente irregular, encontrando muestras con un PCI de 76 que otorga una calificación de MUY BUENO y por el contrario muestras con un PCI de 11 y 12 cuyas calificaciones son MUY POBRES. Lo que nos permite concluir que en el mismo tramo existen secciones en mejor estado que otras. Y que al realizar las actividades de mantenimiento se deberá prestar mayor atención en las secciones entre las abscisas 0+300 a 1+200, 1+800 a 3+600 y 4+500 a 4+700.

6.1.2. IRI DEL TRAMO REDONDEL DEL TERREMOTO – HUACHI GRANDE.

Como se puede observar en la *Tabla No. 5.20. IRI promedio, Redondel del Terremoto – Huachi Grande* y en la *Figura No. 5.21. Perfil IRI, Redondel del Terremoto – Huachi Grande*. El valor del IRI es de 4.25, con una calificación de REGULAR de acuerdo a la *Tabla No. 3.2. Calificación del IRI en función de TPDA*. En el perfil del IRI del tramo en consideración se puede ver que también tiene cierta variación, existen secciones con un IRI de 3.1 “BUENO” hasta secciones con IRI de 5.6 “REGULAR”. Lo que nos permite concluir que en el mismo tramo existen secciones más regulares que otras lo que es consistente con 6.1.4. Y que al realizar las actividades de mantenimiento se deberá prestar mayor atención en las secciones entre las abscisas 0+300 a 1+200, 1+800 a 3+600 y 4+500 a 4+700.

6.1.3. PCI DEL TRAMO HUACHI GRANDE - REDONDEL DEL TERREMOTO.

6.1.3.1. En la *Tabla No. 5.13. % de afectación de acuerdo al tipo y categoría de falla muestras Huachi Grande - Redondel del Terremoto*. Se observa que en el tramo a la que se refiere la tabla, la categoría correspondiente a FISURAS que generalmente no está asociada a fallas de carácter estructural lo afecta en un 94.9 %. Por otro lado, la categoría DEFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE que puede tener su origen en el ámbito estructural, representa el 4.3 %, y finalmente la categoría PÉRDIDA DE LA CAPA DE RODADURA representa apenas el 0.7 %.

6.1.3.2. De acuerdo a 6.3.1. se puede concluir que esta sección del pavimento se encuentra en buena condición estructural y por el momento no es necesario una evaluación ni una intervención de este tipo.

6.1.3.3. De acuerdo a la *Figura No. 5.6. % De afectación de acuerdo al tipo y categoría de falla muestras Huachi Grande - Redondel del Terremoto*. Se describirá el tipo de falla, su porcentaje y las causas que las generaron en esta sección del pavimento.

Tabla No. 6.2. Causas de los deterioros tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto.

Categoría de la Falla	Nombre de la Falla	%	Causas que las generaron
Agrietamiento	Piel de Cocodrilo	0.7	Falla por fatiga debido a la repetición continua de cargas de tránsito
	Fisuras en Bloque	81.1	Ciclos diarios de Esfuerzo - Deformación provocado por el gradiente térmico de la zona, rigidización de la mezcla asfáltica
	Fisuras Longitudinales y Transversales	7.1	Ciclos diarios de Esfuerzo - Deformación provocado por el gradiente térmico de la zona, rigidización de la mezcla asfáltica
Deformación de la superficie	Depresión	0.2	Provocados en la etapa de construcción
	Ahuellamiento	4.1	Tráfico pesado, se presentó solamente en el carril derecho (para vehículos pesados)
Pérdida de la Capa de Rodadura	Parche	0.7	Labores de bacheo menor y zanjas de servicios

Fuente: El Autor.

6.1.3.4. El PCI del tramo Huachi Grande - Redondel del Terremoto es de 50 que le da una calificación REGULAR, sin embargo como se puede observar en la *Figura No. 5.5. Perfil PCI Huachi Grande - Redondel del Terremoto* el perfil del PCI es irregular aunque no

tanto como en el tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande, encontrando muestras con un PCI de 92 que otorga una calificación de EXCELENTE y por el contrario muestras con un PCI de 10 cuya calificación es MU POBRE. Lo que nos permite concluir que en el mismo tramo existen secciones en mejor estado que otras. Y que al realizar las actividades de mantenimiento se deberá prestar mayor atención en las secciones entre las abscisas 0+000 a 0+390, 1+740 a 2+280 y 2+820 a 3+360.

6.1.4. IRI DEL TRAMO HUACHI GRANDE - REDONDEL DEL TERREMOTO.

Como se puede observar en la *Tabla No.5.26. IRI promedio, Huachi Grande - Redondel del Terremoto* y en la *Figura No. 5.33. Perfil IRI, Huachi Grande - Redondel del Terremoto*. El valor del IRI es de 3.7, con una calificación de BUENO de acuerdo a la *Tabla No. 3.2. Calificación del IRI en función de TPDA*, en el perfil del IRI del tramo en consideración se puede ver que es casi regular, con pequeñas variaciones tanto al inicio como al final.

6.1.5. ESTADO GENERAL DEL PAVIMENTO.

6.1.5.1. El estado general de los dos tramos es DETERIORADO pues ya ha prestado sus servicios aproximadamente 8 años, por lo que es necesario realizar labores de corrección y mantenimiento preventivo.

6.1.5.2. Comparando los valores del PCI de los dos tramos, se puede concluir que el tramo Huachi Grande – Redondel del Terremoto tiene una mejor condición conclusión a la que también se puede llegar analizando la *Tabla No. 5.20. IRI promedio, Redondel del Terremoto – Huachi Grande* y la *Tabla No.5.26. IRI promedio,*

Huachi Grande - Redondel del Terremoto en el cual se puede observar que el tramo Huachi Grande – Redondel del Terremoto presenta una mejor regularidad, lo cual se respalda al observar las tablas: *Tabla No. 5.4. Proyección a 2013 del TPDA Paso Lateral de Ambato sentido norte – sur* y *Tabla No. 5.5. Proyección a 2013 del TPDA Paso Lateral de Ambato sentido sur – norte.* en donde el tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande tiene un TPDA de 4853 versus un TPDA de 4454 del tramo Huachi Grande – Redondel del Terremoto.

6.1.6. PLAN DE MANTENIMIENTO.

6.1.6.1. De acuerdo a 6.1.1. y a 6.3.1. solo realizando un tratamiento de fisuras la condición del pavimento “PCI” se incrementaría notablemente.

6.1.6.2. Realizando un tratamiento superficial con Slurry Seal el valor del IRI disminuirá y el perfil del IRI será uniforme.

6.1.7. PRESUPUESTO.

6.1.7.1. El presupuesto ha sido analizado de forma separada el tramo Redondel del Terremoto – Huachi Grande y el tramo Huachi Grande – Redondel del terremoto con el único fin de poder ver la incidencia del costo tanto por la diferencia de longitudes (el primer tramo es 500 m más largo que el segundo) como por la cantidad y severidad de fallas que presentan cada uno de los tramos.

6.1.7.2. Para los dos tramos se ha realizado dos presupuestos, uno que contempla el tratamiento superficial en los espaldones de la vía y

el otro que los omite. Siendo el ahorro total (los dos tramos) en el segundo caso de 31 728.50 dólares.

6.2. RECOMENDACIONES.

- 6.1. Se recomienda realizar la medida del PCI y del IRI una vez terminadas las actividades de mantenimiento descritas en el capítulo 5 para medir la efectividad del programa de mantenimiento propuesto para validarlo o modificarlo.
- 6.2. Se recomienda realizar evaluaciones funcionales del pavimento PCI e IRI periódicamente para conocer y entender la tasa de deterioro de los tramos analizados con el fin de poder definir un programa de mantenimiento preventivo y anticiparse a corregir daños irreversibles y contar con los fondos necesarios para dicho fin.
- 6.3. Para que sea efectivo el mantenimiento y la vía se encuentre en buen estado las labores de mantenimiento preventivo deben ser realizadas de forma cíclica.
- 6.4. Se recomienda que el tratamiento de fisuras sea realizado en días fríos pero no lluviosos, con el fin de que la fisura esté más abierta y el sello pueda penetrar completamente.
- 6.5. Se recomienda un tratamiento superficial con micro pavimento o una capa delgada de mezcla asfáltica caliente a los 4 años después de realizado el tratamiento superficial con Slurry Seal una vez que su vida útil haya terminado. Desde luego previo al tendido del micro pavimento o la capa delgada de mezcla asfáltica caliente todos los deterioros como fisuras, baches, piel de cocodrilo, etc. deben ser corregidos

7.0. BIBLIOGRAFÍA.

Textos consultados.

- [1] Ann M. Johnson, P. E. *Best Practices Handbook on Asphalt Pavement Maintenance, Minnesota T2/LTAP Program, Center for Transportation Studies, University Of Minnesota.* Minnesota, 2000.
- [2] ASSHO ROAD TEST, Report 7, Summary Report, Highway Research, Special Report 61G, Washington, D.C., 1960
- [3] ASTM, *Standart Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, Designation: D 6433-07.* USA., 2008.
- [4] ASTM E 867-06 *Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems*
- [5] Badilla Vargas Gustavo, *Determinación de la Regularidad Superficial del Pavimento, Mediante el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)* Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Costa Rica 2009.
Recuperado de:

http://www.lanamme.ucr.ac.cr/riv/index.php?option=com_content&view=article&id=267&Itemid=269

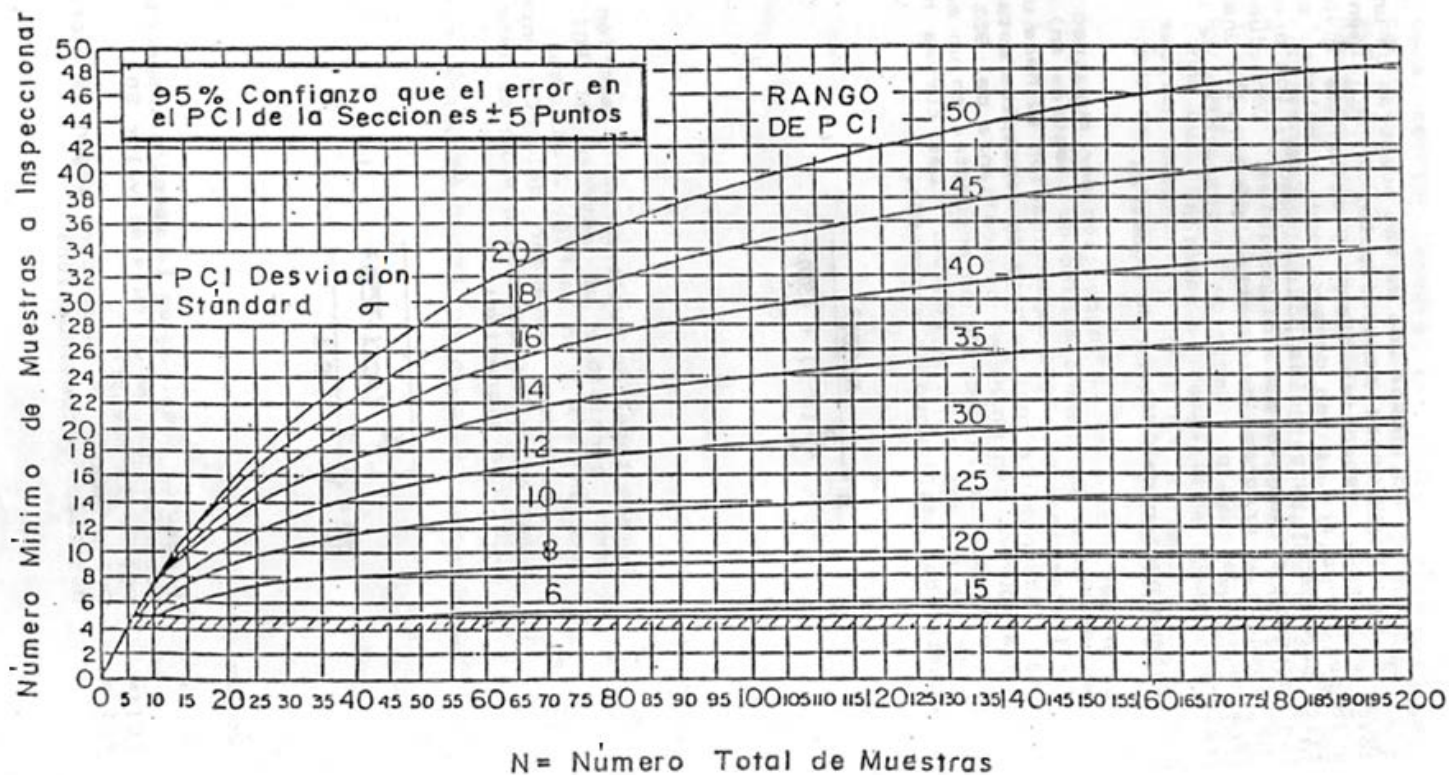
- [6] Baskar Al-Omari and Michael Darter, *Relationships between International Roughness Index and Present Serviceability Rating*, In-Terim Report, UILU-ENG-92-2013, Illinois, Department of Transportation, 1992.
- [7] California Department of Transportation. *Flexible Pavement Rehabilitation Manual*. 2001.
- [8] Caltrans Maintenance Technical Advisory Guide, Chapter 3 Crack Sealing, Crack Filling & Joint Sealing of Flexible & Rigid Pavements. 2003.
- [9] Caro Fernando y Germán Peña, *Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica*, Intekhnia | Vol. 7 | No. 1 | enero – junio de 2012 | ISSN: 1900-7612 | pp. 57 – 72.
- [10] Committee of Transport Officials. *Guidelines for Network Level Measurement of Road Roughness*. South Africa, 2007.
- [11] Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica, *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*. 2002.
- [12] Lu Sun. *Developing Spectrum-Based Models for International Roughness Index and Present Serviceability Index*. Texas, 2001. Recuperado de:
http://faculty.cua.edu/sunl/Publications/Papers/2001DEVELOPINGJTE_SpectrumRoughness.pdf

- [13] Michael S. Mamlouk and John P. Zaniewski, “*Pavement Preventive Maintenance: Description, Effectiveness, and Treatments*”, *Flexible Pavement Rehabilitation and Maintenance, ASTM STP 1348, P. S. Kandhal and M. Stroup-Gardiner, Eds., American Society for Testing and Materials, 1998.*
- [14] Michael W. Sayers, Steven M. Karamihas, *The Little Book of Profiling, Basic information about measuring and interpreting road profiles.* Michigan, 1998.
- [15] Michael W. Sayers, Thomas D. Gillespie, and William D. O. Paterson. *Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, World Bank Technical Paper Number 46.* Washington, D.C., U.S.A, 1986.
- [16] Ministerio de Obras Públicas, *Curso: Evaluación y diseño de rehabilitación de pavimentos por métodos no destructivos.* Quito, 1993.
- [17] Ministerio de Obras Públicas Dirección General de Obras Publicas Departamento de Mantenimiento Vial. *Manual de Mantenimiento Vial.* Quito, 1972.
- [18] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones Dirección de Mantenimiento Vial, *Manual de mantenimiento para ingenieros,* 1984.
- [19] Ministerio de Obras Públicas, Transporte, y De Vivienda y Desarrollo Urbano Viceministerio de Obras Públicas Unidad de Investigación y Desarrollo Vial, *Aspectos que inciden en la regularidad de una capa de rodadura, construida a base de mezcla asfáltica en caliente.* El Salvador, 2009.


- [20] M. G. Lay, *Handbook of Road Technology 4th Edition*, Spon Press, USA, Canada, 2010.
- [21] O'Brien, L.G., *Evolution and Benefits of Preventive Maintenance Strategies, NCHRP Synthesis of Highway Practices 153, Transportation Research Board, Washington, DC, 1989.*
- [22] Orozco Juan Manuel, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Ricardo Solorio Murillo, Alfonso Pérez Salazar, María Ariadna Sánchez Loo, Sandra Torras Ortiz, *Sistema de Evaluación de Pavimentos versión 2.0*, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Instituto Mexicano del Transporte, Publicación técnica No 245, Sanfandila 2004.
- [23] Torres Espinoza, Milton, *Pavimentos de carreteras*, 2010.
- [24] Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías República de Colombia. *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*. Bogotá, 2006.
- [25] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program (Fourth Revised Edition), Report No.FHWA-RD-03-031*. USA, 2003.
- [26] Vásquez Varela, Luis Ricardo, *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales, 2002.


ANEXOS.

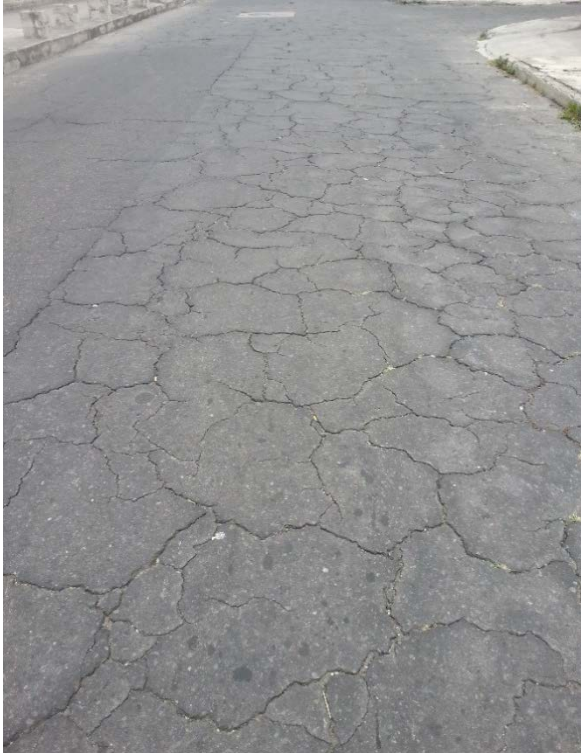
Figura No. Anexo 3.1. Número de muestras PCI.





Fuente: MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, CURSO: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS POR MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS, QUITO, ABRIL DE 1993.


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
1	FISURAS	PIEL DE COCODRILO
DESCRIPCIÓN	Serie de fisuras conectadas entre sí, formando piezas poligonales con ángulos agudos, cuyo lado mayor no supera los 0.50 m.	
	Este deterioro se atribuye a la falla por fatiga de las carpetas asfáltica por la aplicación repetitiva de cargas.	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Aparición de fisuras longitudinales paralelas entre sí, algunas pueden estar conectadas, las grietas no presentan desportillamientos.
	Media	Las grietas longitudinales paralelas se conectan entre sí formando paneles poligonales con ángulos agudos, las grietas presentan ligeros desportillamientos.
	Alta	Las fisuras han evolucionado de tal manera que las piezas están bien definidas, en las zonas que se aplican las cargas presentan una gran densidad de paneles, las fisuras presentan alto nivel de desportillamientos e incluso desprendimientos en casos extremos se puede producir movimiento de los paneles al paso de los vehículos.
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2)	


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
2	DAÑOS SUPERFICIALES	EXUDACIÓN
DESCRIPCIÓN	<p>Afloramiento del asfalto sobre la superficie de un pavimento asfáltico, generalmente la película de bitumen es brillante, cristalina y pegajosa.</p> <p>El proceso de exudación ocurre cuando la superficie de un pavimento está expuesto a altas temperaturas y como este proceso no es reversible, la película de asfalto se acumula en la superficie del pavimento</p>	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	La exudación se hace visible como una pequeña película de bitumen en la superficie del pavimento en puntos localizados lo cual ocurre con muy poca frecuencia, no llega a cubrir los agregados. El asfalto no se adhiere a los neumáticos de los vehículos
	Media	Se forma una película de asfalto con poca frecuencia que cubre parcialmente a los agregados, se localiza generalmente en las huellas del tránsito. El asfalto se adhiere a los neumáticos de los vehículos.
	Alta	Presencia de una película de asfalto de espesor significativo en la superficie del pavimento, que le da un aspecto húmedo de coloración negra que puede llegar a cubrir la totalidad de los agregados, este fenómeno ocurre con mucha frecuencia. El asfalto se pega en los neumáticos de los vehículos.
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2)	


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA		NOMBRE DE LA FALLA
3	FISURAS		FISURAS EN BLOQUE
DESCRIPCIÓN	Serie de grietas conectadas entre sí formando porciones de pavimento de forma más o menos rectangulares, cuyo lado promedio es mayor que 0.30 m.		
	Este tipo de falla no está asociada a las cargas y es usual que se presente en un área extensa del pavimento, sin embargo algunas veces aparecerán solamente en áreas sin tránsito.		
APARIENCIA			
SEVERIDAD	Baja	Los bloques se comienzan a formar pero no están claramente definidos, los bloques están conformados por fisuras de baja severidad, no presentan desportillamientos	
	Media	Bloques formados por fisuras de mediana severidad, o con sello que ha fallado, pueden presentar desportillamientos.	
	Alta	Bloques conformados por fisuras de alta severidad, presenta alto desportillamiento.	
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2)		


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
4	DEFORMACIONES	DESNIVELES LOCALIZADOS
DESCRIPCIÓN	Deformación de la superficie del pavimento asfáltico generada por abultamientos (desplazamientos pequeños y abruptos hacia arriba) y por hundimientos (desplazamientos pequeños y abruptos).	
	Nota: No confundir con desplazamientos ni con corrugación.	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Los desniveles provocan una calidad de rodadura de baja severidad
	Media	Los desniveles provocan una calidad de rodadura de mediana severidad.
	Alta	Los desniveles provocan una calidad de rodadura de alta severidad.
COMO MEDIR	Se mide en metros lineales (m). Si ocurre en combinación de una grieta, esta también es registrada.	


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
5	DEFORMACIONES	CORRUGACIÓN
DESCRIPCIÓN	Daño causado por la deformación plástica de la carpeta asfáltica, se manifiesta a través de ondas en la superficie del pavimento próximas entre sí, y perpendiculares a la dirección del tráfico, las separación entre crestas son menores a 3.0 m y ocurren a intervalos bastante regulares.	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Los desniveles provocan una calidad de rodadura de baja severidad
	Media	Los desniveles provocan una calidad de rodadura de mediana severidad.
	Alta	Los desniveles provocan una calidad de rodadura de alta severidad.
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2)	


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
6	DEFORMACIONES	DEPRESIÓN
DESCRIPCIÓN	<p>Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles más bajos con respecto de la superficie de la calzada de su alrededor, estas depresiones pueden ser longitudinales o transversales al eje de la vía aunque también pueden presentarse en forma parabólica (media luna). Los hundimientos pueden estar o no acompañada de fisuras.</p> <p>Estas depresiones suelen acumular agua en la superficie deteriorada lo que representa un serio problema de seguridad vial por que puede producir hidroplaneo de los vehículos.</p>	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Profundidad máxima del área afectada es mayor o igual a 13 mm y menor a 25 mm. No genera incomodidad al conductor.
	Media	Profundidad máxima del área afectada es mayor o igual a 25 mm y menor a 50 mm. Se acumula agua lo cual representa serio peligro para los usuarios.
	Alta	Profundidad máxima del área afectada es mayor a 50 mm. Esta acompañada de fisuras en la superficie afectada. Presenta acumulación de agua es la sección deteriorada produciendo un nivel de inseguridad muy alto para los usuarios.
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2)	


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA		NOMBRE DE LA FALLA
7	FISURAS		FISURAS DE BORDE
DESCRIPCIÓN	<p>Fisuras longitudinales y paralelas que aparecen en pavimentos sin espaldones, las fisuras se localizan cerca del borde de la calzada cuando los vehículos circulan muy cerca de éste.</p> <p>Las fisuras aparecen a una distancia entre 0.30 m y 0.50 m del borde exterior del pavimento.</p> <p>En casos extremos se puede producir desprendimiento de la capa de rodadura en el área entre la grieta y el borde del pavimento, provocando que ante el paso de los vehículos se produzca movimiento de pedazos de carpeta asfáltica y la infiltración de agua dentro de la estructura.</p>		
APARIENCIA			
SEVERIDAD	Baja	Se presenta fisuras de baja o mediana severidad, sin fragmentación o desprendimientos.	
	Media	Se forman fisuras de mediana severidad, pueden presentarse con patrones irregulares y desportillamientos leves, puede presentarse fragmentación y desprendimientos.	
	Alta	Definido por fisuras de alta severidad presenta patrones irregulares, desportillamiento considerable, presenta altos niveles de fragmentación y desprendimientos a lo largo del borde del pavimento.	
COMO MEDIR	Se mide en metros lineales (m).		


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA		NOMBRE DE LA FALLA
8	FISURAS		FISURAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS DE LOSAS DE PAVIMENTO RÍGIDO
DESCRIPCIÓN	Las fisuras de reflexión de las juntas de losas de hormigón rígido se producen cuando existe una carpeta asfáltica construida sobre una losa de hormigón de cemento portland.		
	Las fisuras se presentan como la proyección de las juntas de las losas de hormigón rígido en la superficie del “nuevo” pavimento asfáltico presentando un patrón regular. Si el pavimento rígido presenta agrietamiento en la superficie, éstas se proyectaran en la carpeta asfáltica de forma irregular.		
APARIENCIA	Esta falla no está relacionada con la acción de cargas de tráfico, sin embargo, éstas pueden agravarse provocando roturas y fisuras en la zona aledaña.		
			
SEVERIDAD	Baja	Fisuras abiertas cuyo ancho es menor que 10 mm o fisura sellada de cualquier ancho (el sello se halla en perfecto estado)	
	Media	Fisuras abiertas cuyo ancho es mayor o igual a 10 mm y menor a 75mm, puede presentarse como fisuras con patrones irregulares y desportillamientos leves.	
		Fisuras abiertas cuyo ancho es menor o igual que 75 mm, rodeada aleatoriamente de grietas pequeñas	
	Fisuras cerradas de cualquier ancho rodeadas aleatoriamente de grietas		
	Alta	Cualquier fisura abierta o cerrada que este rodeada de fisuras de mediana o alta severidad	
Fisuras abiertas cuyo ancho es mayor que 75 mm.			
	Fisuras de cualquier ancho, en donde el pavimento que se encuentra aproximadamente a 100 mm de la fisura se encuentra severamente desportillado o desprendido.		
COMO MEDIR	Se mide en metros lineales (m).		

CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
9	OTROS DAÑOS	DESNIVEL CARRIL-BERMA
DESCRIPCIÓN	<p>Deferencia de nivel entre la calzada y el espaldón o berma facilitando la infiltración de agua al interior de la estructura acelerando su deterioro.</p> <p>Una de las razones que generan desnivel carril-berma es el recapeo de la sección de la capa de rodadura, y el error que se suele cometer es el no nivelar los espaldones o berma, que además de permitir la infiltración de agua como ya se mencionó a medida que se coloca una capa encima de otra la sección de vía va disminuyendo con cada intervención.</p>	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Desnivel entre 25 y 50 mm.
	Media	Desnivel entre 50 y 100 mm.
	Alta	Desnivel mayor a 100 mm.
COMO MEDIR	Se mide en metros lineales (m).	

CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
10	FISURAS	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES
DESCRIPCIÓN	Las fisuras longitudinales se manifiestan a través de grietas a lo largo de la carpeta asfáltica, paralelas al eje de la vía. Y las fisuras transversales se extienden a lo ancho de la carpeta asfáltica, con un ángulo aproximadamente recto respecto del eje de la vía.	
	Este tipo de fisuras usualmente no está ligado a la aplicación de cargas sobre la estructura.	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Fisuras abiertas cuyo ancho es menor que 10 mm o fisura sellada de cualquier ancho (el sello se halla en perfecto estado).
	Media	Fisuras abiertas cuyo ancho es mayor o igual a 10 mm y menor a 75mm, puede presentarse como fisuras con patrones irregulares y desportillamientos leves.
		Fisuras abiertas cuyo ancho es menor o igual que 75 mm, rodeada aleatoriamente de grietas pequeñas
		Fisuras cerradas de cualquier ancho rodeadas aleatoriamente de grietas
	Alta	Cualquier fisura abierta o cerrada que este rodeada de fisuras de mediana o alta severidad.
		Fisuras abiertas cuyo ancho es mayor que 75 mm.
Fisuras de cualquier ancho, en donde el pavimento que se encuentra aproximadamente a 100 mm de la fisura se encuentra severamente desportillado o desprendido.		
COMO MEDIR	Se mide en metros lineales (m).	

CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
11	PERDIDA DE LA CAPA DE RODADURA	PARCHE
DESCRIPCIÓN	Parche es la sección del pavimento que ha sido removida y reemplazada por otra nueva ya sea para reparaciones de la capa de rodadura, incluso de las capas subyacentes o intervenciones de las redes de servicios como alcantarillado, agua potable, cableado eléctrico, etc.	
	Un parche se lo considera como un daño o defecto sin importar que tan bien sea su desempeño, ya que nos indica que allí hubo un deterioro anterior que debió ser intervenido. En el reporte se debe indicar las razones por las que el parche está presente.	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	El parche está en buenas condiciones y su desempeño es satisfactorio, la calidad de rodadura es de baja severidad.
	Media	El parche se encuentra moderadamente deteriorado, puede presentar fisuras y deficiencias en los bordes, la calidad de rodadura es de mediana severidad.
	Alta	El parche se encuentra gravemente deteriorado, la calidad de rodadura es de severidad alta.
COMO MEDIR	Se mide el área de la superficie del parche metros cuadrados (m ²). Sin embargo, si en un mismo parche hay áreas con diferentes niveles de severidad, éstas pueden ser medidas y registras por separado.	
	Cualquier otro tipo de falla que se presenten sobre el parche no debe ser registrada, sin embargo, esta debe ser considerada al momento de definir su nivel de severidad.	
	Si una gran parte del pavimento ha sido parchada ésta debe ser considerada como pavimento nuevo.	

CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
12	DAÑOS SUPERFICIALES	AGREGADOS PULIDOS
DESCRIPCIÓN	<p>Los agregados pulidos es un falla del pavimento que se la identifica a través de una minuciosa examinación la cual revelara que la porción de agregados extendidos en sima del asfalto es muy pequeña o no hay agregados lo suficiente ásperos o angulosos para proveer buena resistencia al deslizamiento.</p> <p>Cuando los agregados en la superficie del pavimento son suaves al tacto y la cantidad de agregados es pequeña, la adhesión entre los neumáticos de los vehículos y el pavimento se reduce considerablemente, y no contribuye de forma significativa a la reducción de la velocidad.</p>	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	No se define grados de severidad.	
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2)	


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
13	PERDIDA DE LA CAPA DE RODADURA	BACHES
DESCRIPCIÓN	Desintegración y desprendimiento de la carpeta asfáltica provocado cuando los neumáticos de los vehículos “arrancan” porciones de la superficie del pavimento formando “huecos” de bordes agudos y lados verticales que pueden llegar a exponer al material granular de las capas subyacentes lo que junto a la acumulación o filtración de agua y la acción de los vehículos lleva a la amplificación del área afectada y al aumento de la profundidad del bache.	
APARIENCIA		
COMO MEDIR	Se mide en metros lineales (m).	

SEVERIDAD Cuando el diámetro de los baches es menor que 75cm los niveles de severidad están en función del diámetro y de la profundidad como se muestra en la siguiente tabla.


Profundidad máxima del bache.	Diámetro promedio del Bache (cm)		
	10-20	20-45	45-75
1.3 a 2.5 cm	Bajo	Bajo	Medio
2.5 a 5.0 cm	Bajo	Medio	Alto
> 5.00 cm	Medio	Medio	Alto

- Si el diámetro es mayor que 75 cm., se debe determinar su área en metros cuadrados y dividida por 0.5 m², para hallar el número equivalente de baches.
- Si la profundidad es menor o igual que 2.5cm, los baches se consideran de mediana severidad.
- Si la profundidad es mayor de 2.5cm, se considera de alta severidad.


CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA		NOMBRE DE LA FALLA
14	OTROS DAÑOS		CRUCE DE VÍA FÉRREA
DESCRIPCIÓN	Son defectos relacionados con la presencia de líneas de ferrocarril que atraviesan la calzada formando desniveles alrededor y entre las líneas férreas muchas veces acompañado de agrietamiento y pérdidas de la capa de rodadura. Adicionalmente la sección donde se encuentran las líneas de ferrocarril puede presentar defectos constructivos como hundimientos y abultamientos.		
APARIENCIA			
SEVERIDAD	Baja	Provoca una calidad de rodadura de baja severidad.	
	Media	Provoca una calidad de rodadura de mediana severidad.	
	Alta	Provoca una calidad de rodadura de alta severidad	
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2)		
	Si el cruce de la línea férrea no afecta a la calidad de rodadura, ésta no debe ser registrada.		
	Cualquier abultamiento consecuencia de las vías férreas debe ser registrada como parte del deterioro		

CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA		NOMBRE DE LA FALLA
15	DEFORMACIONES		AHUELLAMIENTO
DESCRIPCIÓN	Depresión longitudinal en la superficie del pavimento localizada sobre la huella de las ruedas del tránsito, puede estar asociado a desplazamientos longitudinales lo que provoca una elevación del pavimento a lo largo de los lados de los surcos que se forman, generalmente está acompañado de fisuras en el área deteriorada.		
APARIENCIA			
SEVERIDAD	Baja	Profundidad de a deformación entre 6 y 13 mm.	
	Media	Profundidad de la deformación mayor a 13mm hasta 25 mm, existe alta posibilidad de almacenamiento de agua lo que facilita al hidropilano.	
	Alta	Profundidad de la deformación mayor a 25 mm. Puede presentarse corrimiento lateral de los materiales, en esta etapa del ahuellamiento es muy común que se presente acumulación de agua facilitando el hidropilano y la filtración de agua a las capas subyacentes de la estructura.	
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2) y la profundidad media a lo largo de la huella		

CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
16	DEFORMACIONES	DESPLAZAMIENTOS
DESCRIPCIÓN	Desplazamiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie de un pavimento asfáltico. Cuando los vehículos empujan contra el pavimento produce una onda abrupta en la superficie del pavimento.	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Los desplazamientos producen una calidad de rodadura de baja severidad.
	Media	Los desplazamientos producen una calidad de rodadura de mediana severidad.
	Alta	Los desplazamientos producen una calidad de rodadura de alta severidad.
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2).	

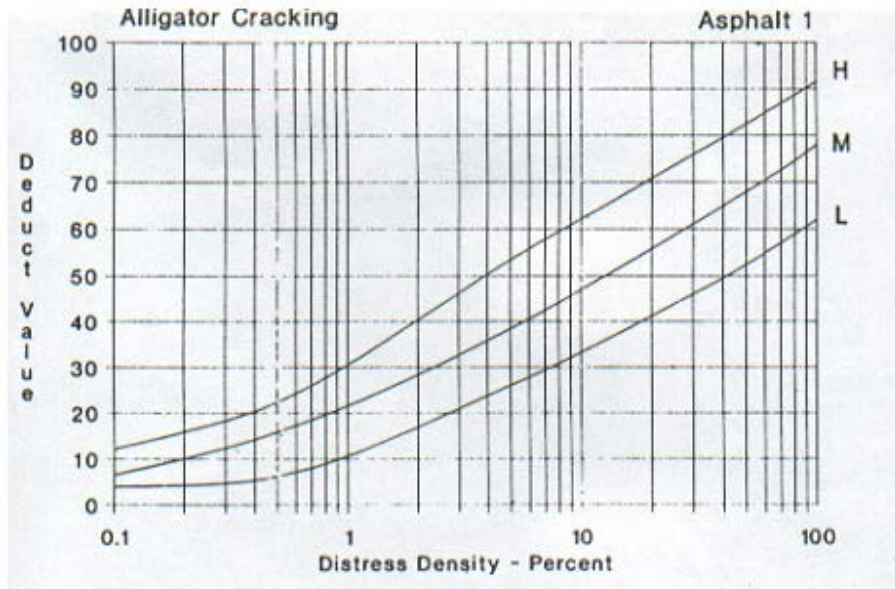
CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
17	FISURAS	FISURAS PARABÓLICAS
DESCRIPCIÓN	<p>Fisuras en forma de media luna, producto del deslizamiento longitudinal de una porción de la capa de rodadura debido a la tracción de los vehículos cuando éstos aceleran o frena.</p> <p>Este tipo de fisuras se presenta generalmente en zonas montañosas, en curvas, en intersecciones de vías o vías con pendiente pronunciada.</p>	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Formado por fisuras con ancho promedio menor a 10 mm.
	Media	Fisuras con aberturas mayor o igual a 10 mm y menor a 40 mm, el área alrededor de la fisura puede estar moderadamente fracturada o presentar fisuras con patrones irregulares y desportillamientos leves.
	Alta	Fisura con un ancho promedio de 40 mm, el área alrededor de la fisura esta tan fracturada que existe pedazos de pavimento que son fácilmente removibles. Presenta fisuras con patrones irregulares, desportillamiento considerable.
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2).	

CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
18	DEFORMACIONES	HINCHAMIENTO
DESCRIPCIÓN	Deformación del pavimento, que se presenta como el pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento formando una onda que puede superar los 3 metros de longitud, el área afectada puede estar acompañada de agrietamiento.	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Los desniveles provocan una calidad de rodadura de baja severidad.
	Media	Los desniveles provocan una calidad de rodadura de media severidad.
	Alta	Los desniveles provocan una calidad de rodadura de alta severidad.
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2).	

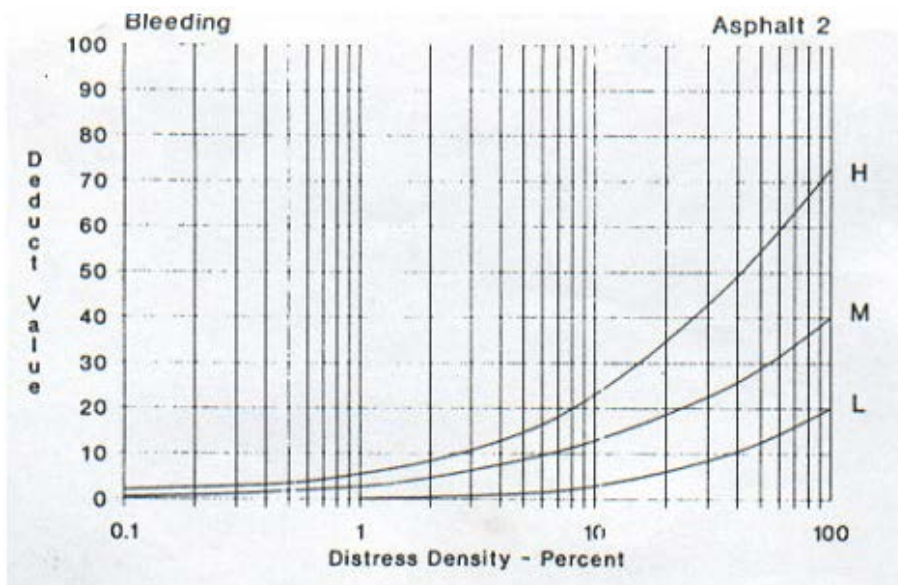
CÓDIGO	CATEGORÍA DE LA FALLA	NOMBRE DE LA FALLA
19	DAÑOS SUPERFICIALES	PERDIDA DE AGREGADO
DESCRIPCIÓN	Desintegración de la capa de rodadura de los pavimentos asfálticos que por acción del tránsito, agentes erosivos, acción del clima.	
	Esta falla se manifiesta como la pérdida del ligante asfáltico y el gradual desprendimiento de los agregados dejando la superficie del pavimento más rugosa y ahuecada, exponiendo de forma progresiva los materiales a la acción del tránsito y del clima.	
	Este problema se presenta de forma más común en tratamientos superficiales.	
APARIENCIA		
SEVERIDAD	Baja	Se ha comenzado a perder el ligante y los agregados. En caso de derrame de algún disolvente puede verse la mancha pero no se la puede penetrar con un punzón.
	Media	Se presenta pérdida de liga y de agregados, aumentando la rugosidad de la superficie del pavimento la misma que se muestra ahuecada. En caso de derrame de disolventes, el área afectada se puede penetrar con un punzón.
	Alta	Pérdida considerable de liga y agregados, la superficie de la capa de rodadura es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores a 10 mm y profundidades menores a 13mm. En el caso de derrame de algún disolvente en el área afectada el ligante ha perdido su efecto y los agregados están sueltos.
COMO MEDIR	Se mide el área afectada en metros cuadrados (m2).	

CURVAS DE DEDUCCIÓN PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

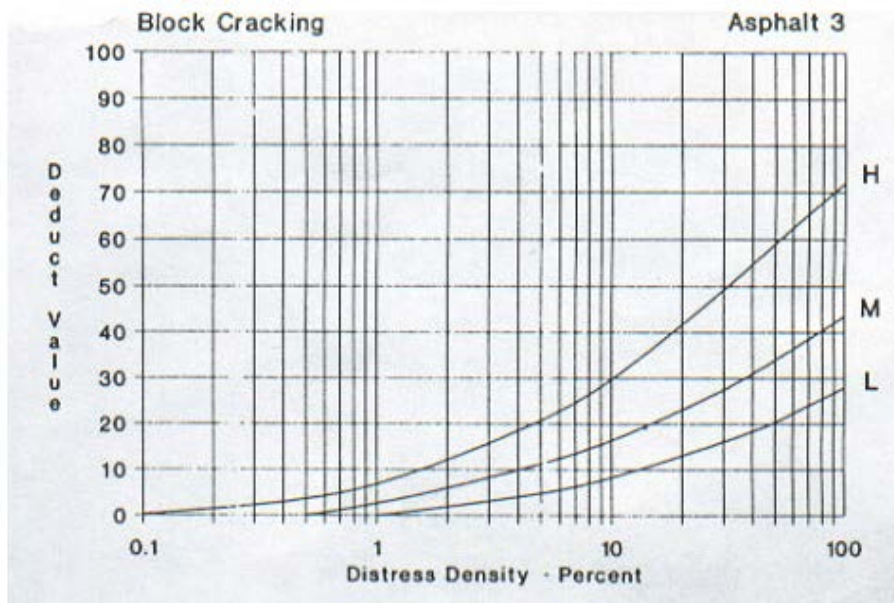
1.- Piel de Cocodrilo



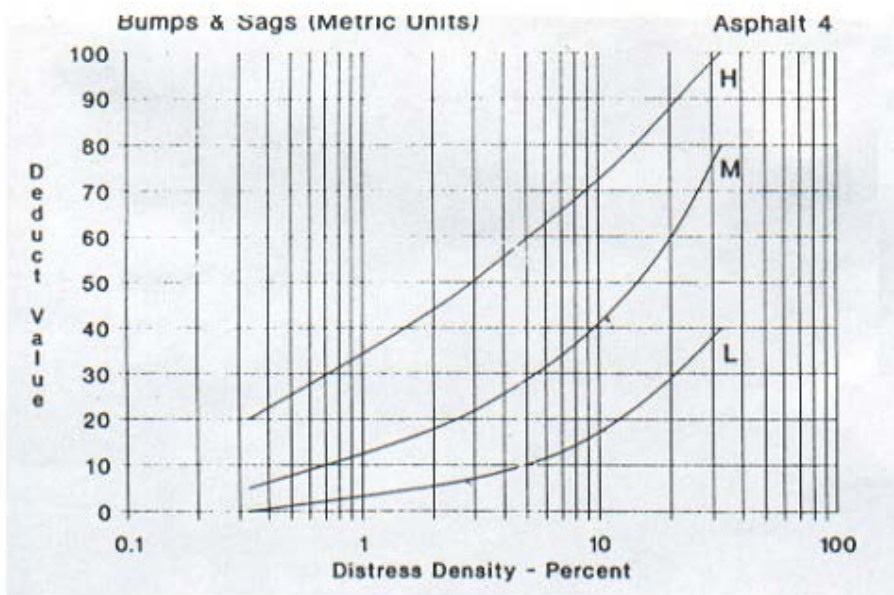
2.- Exudación



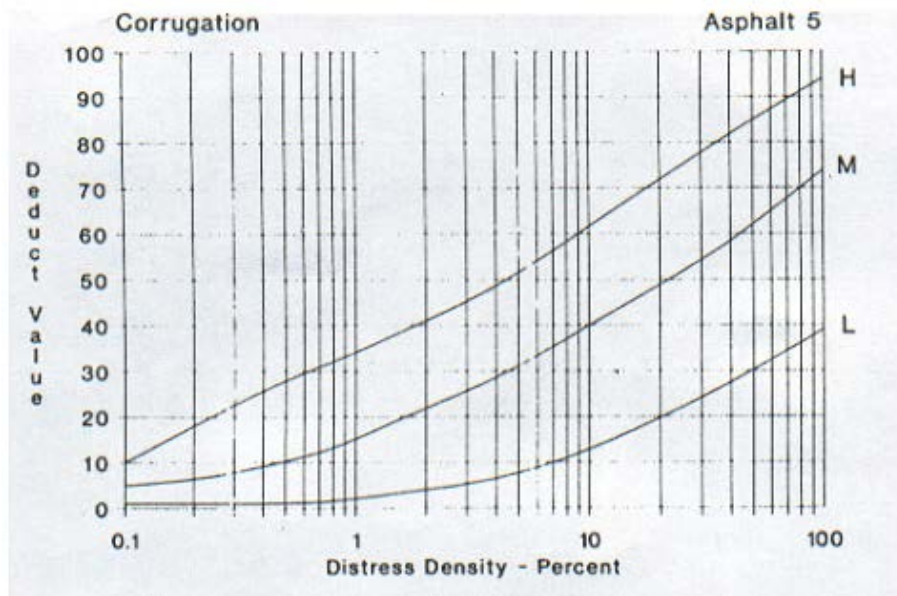
3.- Fisuras en Bloque



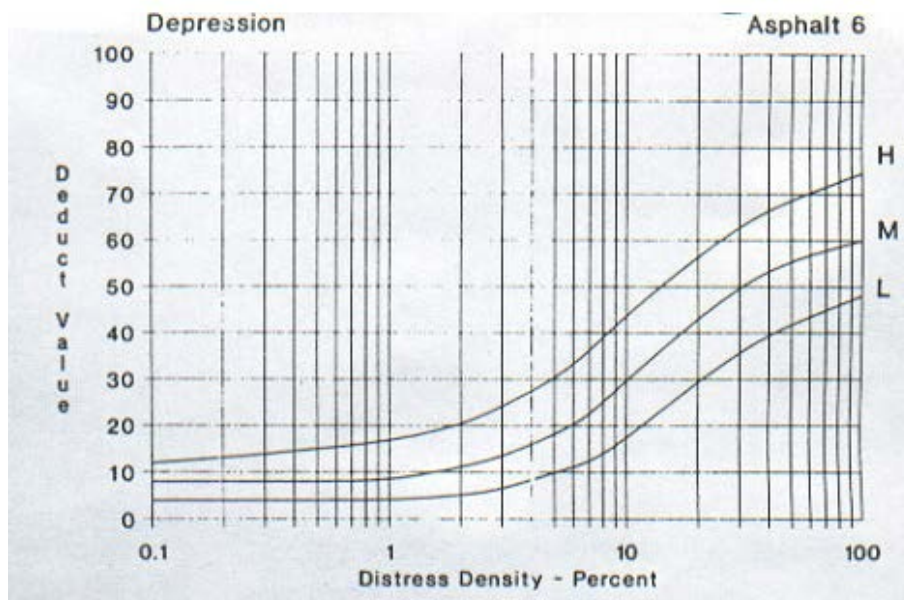
4.- Desniveles Localizados



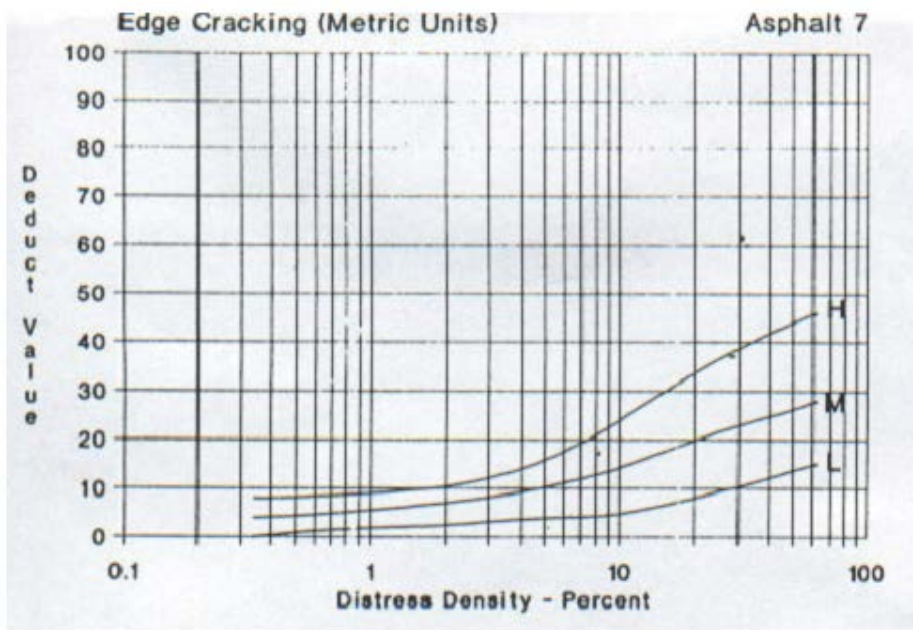
5.- Corrugación



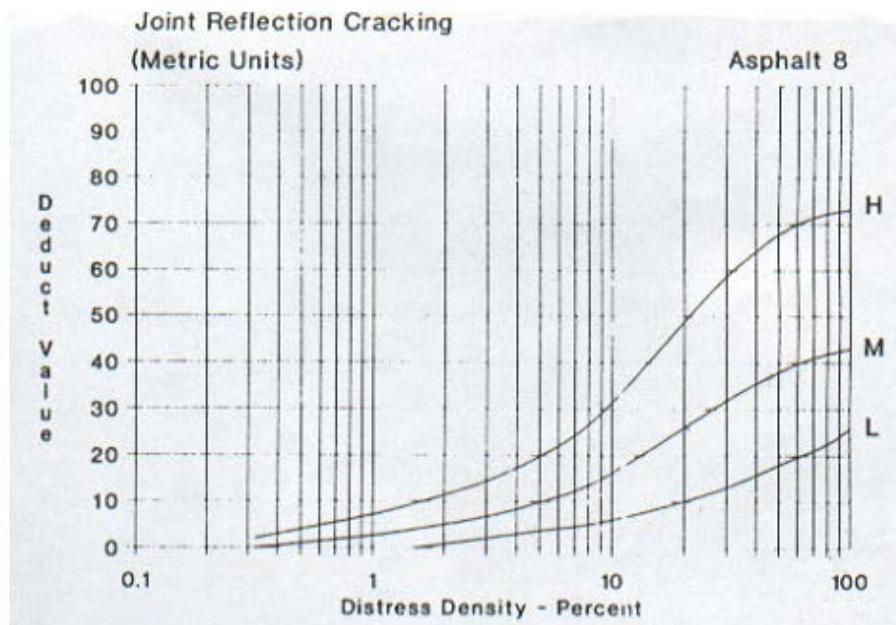
6.- Depresión



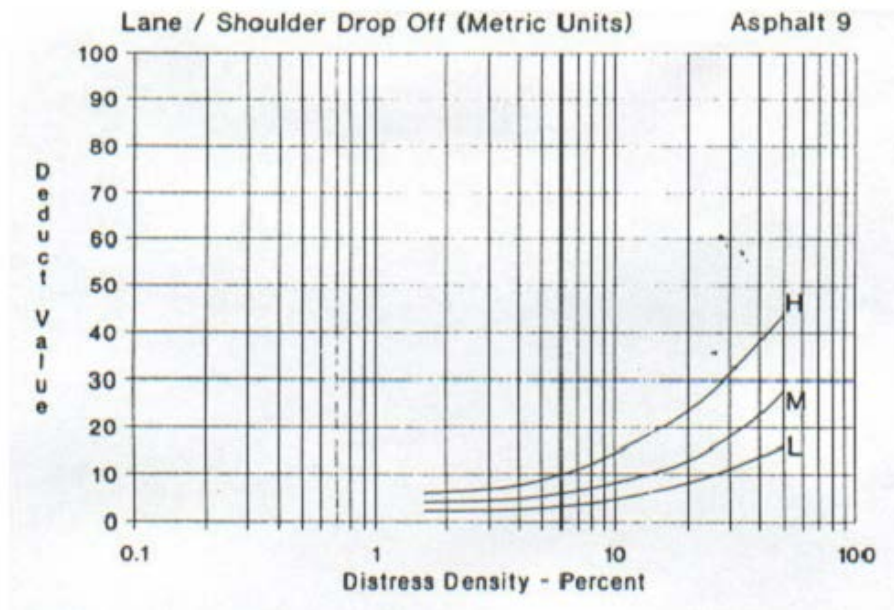
7.- Fisuras de Borde



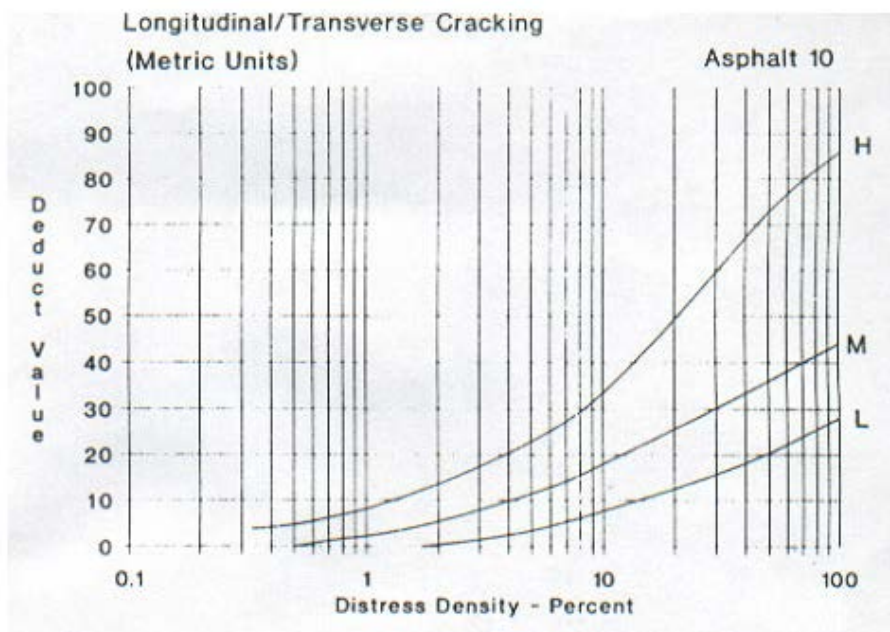
8.- Fisuras de Reflexión de Juntas de Pavimentos Rígidos



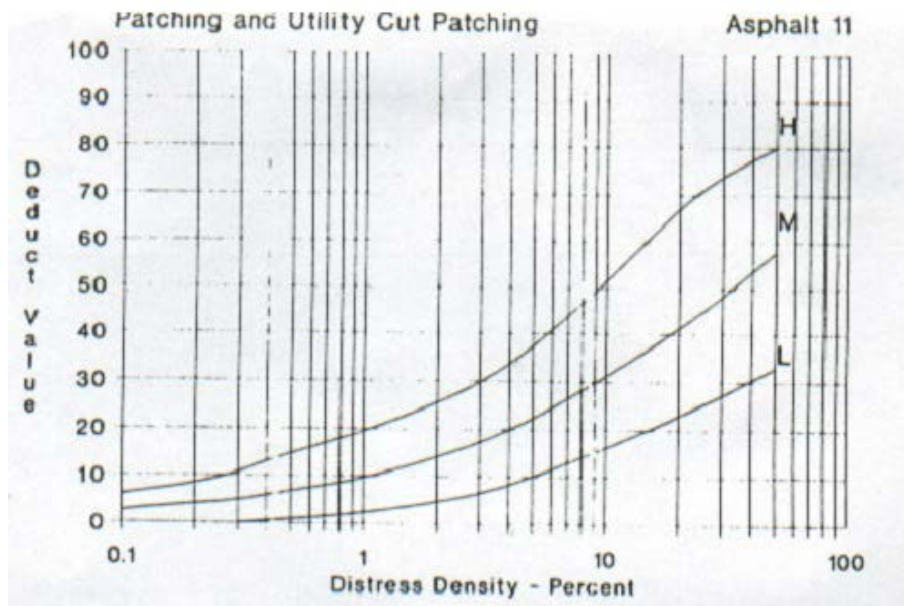
9. Desnivel Carril/ Espaldón



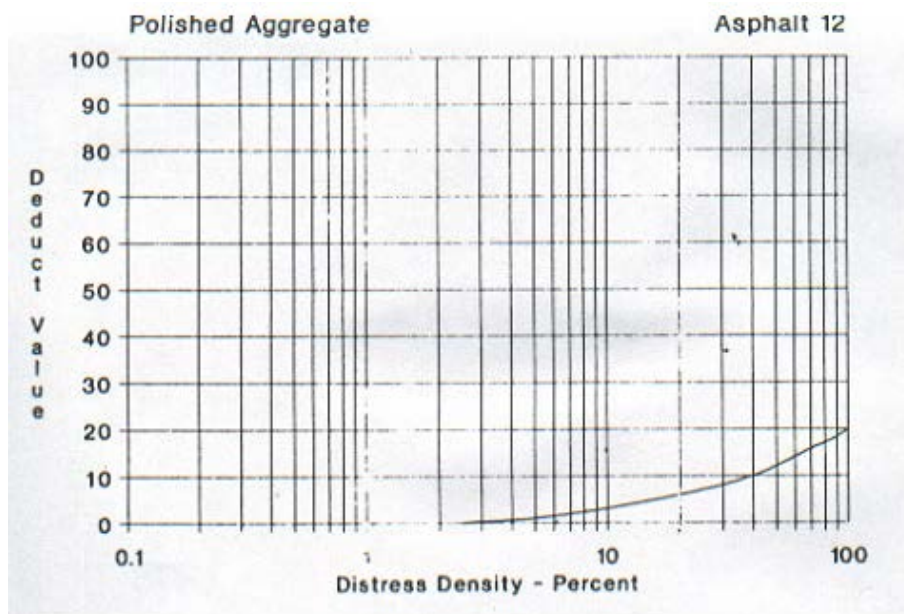
10.- Fisuras Longitudinales y/o Transversales



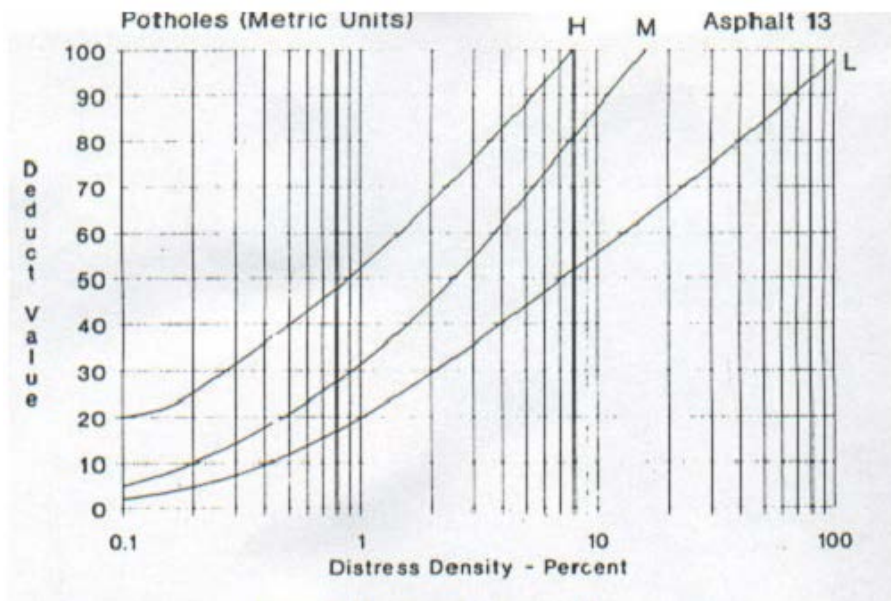
11.- Parche/Corte de Servicio



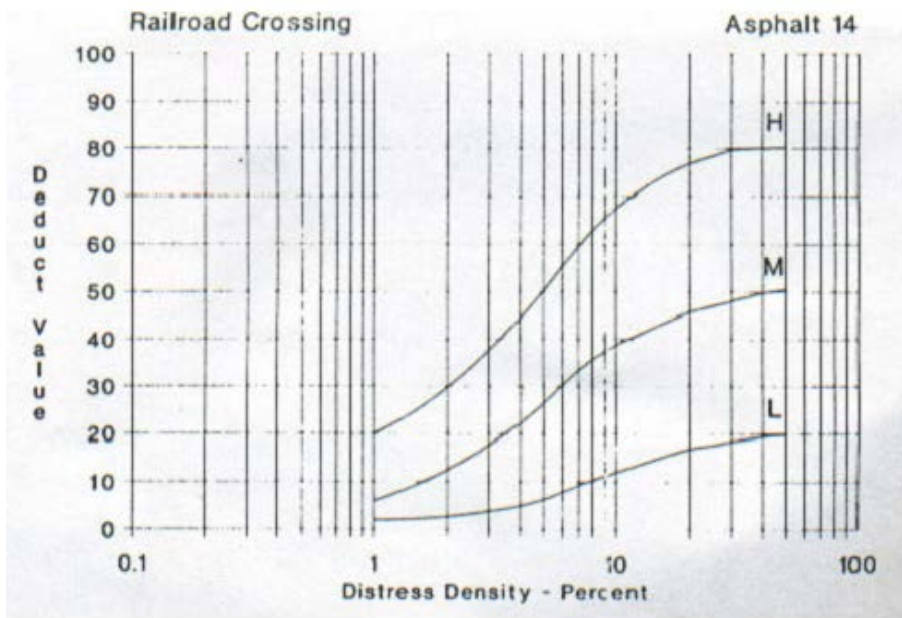
12.- Agregado Pulido



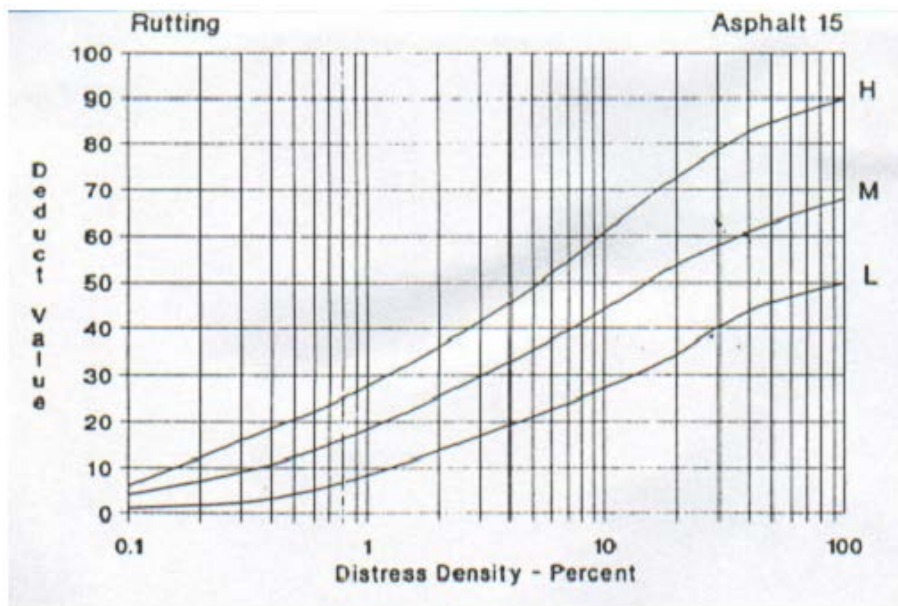
13.- Baches



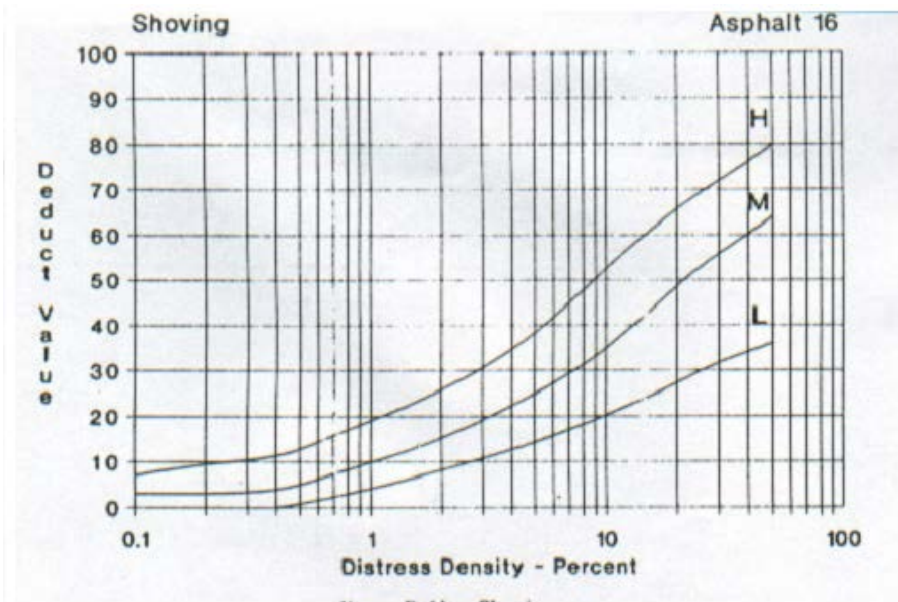
14.- Cruce de ferrocarril



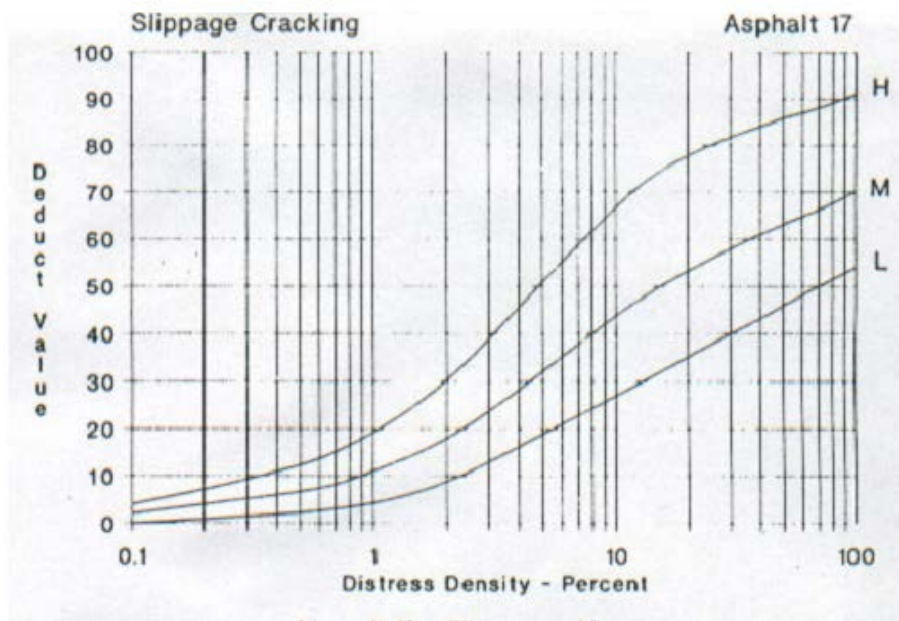
15.- Ahuellamiento



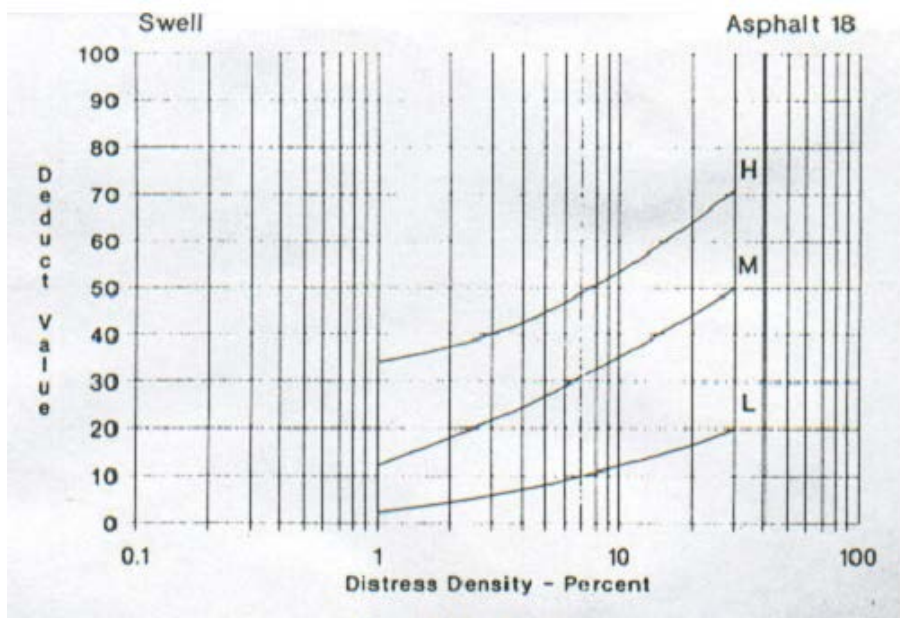
16.- Desplazamientos



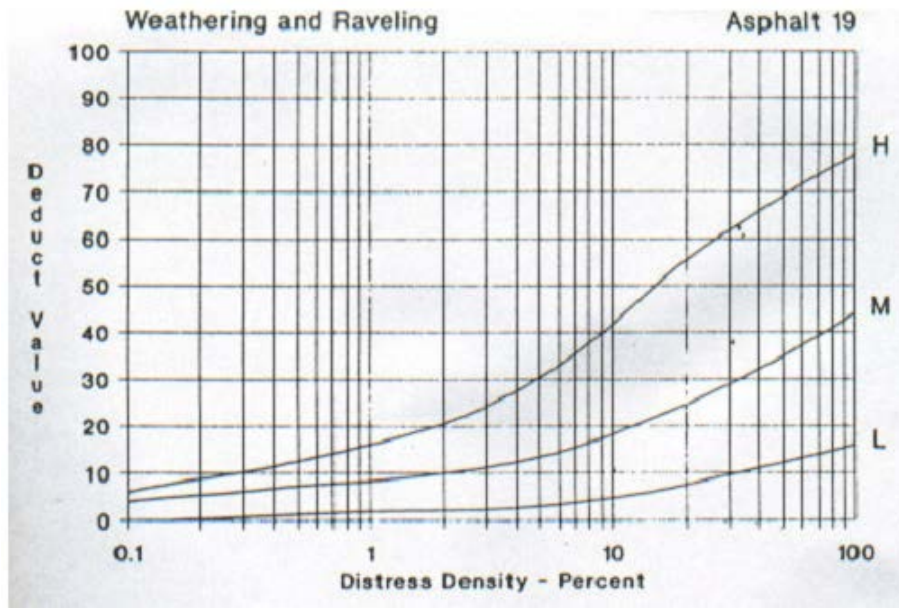
17.- Fisuras de Deslizamiento de Capas



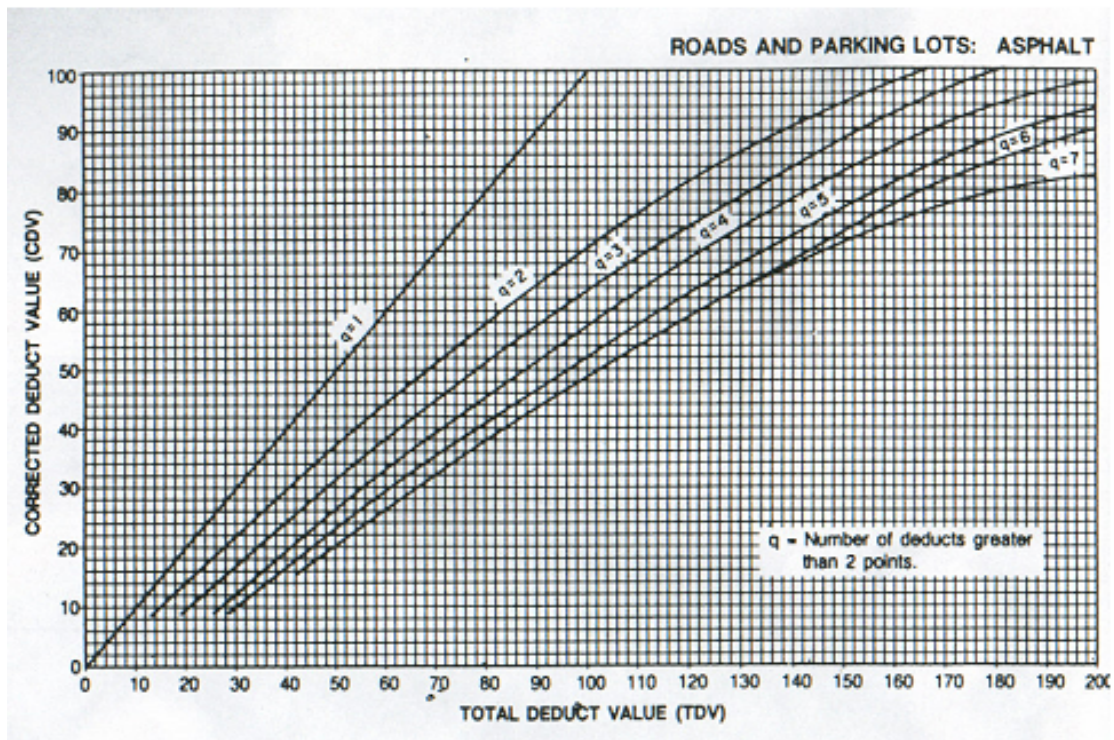
18.- Hinchamiento



19.- Desmoronamiento- Intemperismo



VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO



Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Vásquez Varela Luis Ricardo.

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000-4+700			km 00+270				10							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 Carriles			km 00+300				309 m²							
INSPECCIONADO POR							FECHA							
DIEGO GABELA BERRONES							30 - agosto - 2013							
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	4.0	14.3									18.3	5.9	42.0
10	M	10.0	30.0									40.0	12.9	22.0
11	L	0.2	0.2	0.2								0.5	0.2	
3	M	4.5	18.0									22.5	7.3	16.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
0+000-4+700		km 00+570				20								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
2 Carriles		km 00+800				309 m ²								
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
								19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	7.8	25.2									33.0	10.7	51.0
10	M	30.0	54.0									84.0	27.2	29.0
15	L	7.8										7.8	2.5	19.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)																																	
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO																										
0+000-4+700			km 00+870				30																										
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO																										
2 Carriles			km 00+900				309 m ²																										
INSPECCIONADO POR							FECHA																										
DIEGO GABELA BERRONES							01 - septiembre - 2013																										
DAÑOS																																	
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">1. Piel de cocodrilo</td> <td style="width: 33%;">7. Grieta de borde</td> <td style="width: 33%;">13. Huecos</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>8. Grieta de reflexión de juntas</td> <td>14. Cruce de vía ferrea</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en bloque</td> <td>9. Desnivel carril / berma</td> <td>15. Ahuellamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>10. Grietas longitudinales y transversales</td> <td>16. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>11. Parocheo</td> <td>17. Grieta parabólica (slippage)</td> </tr> <tr> <td>6. Depresión</td> <td>12. Pulimento de agregados</td> <td>18. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>19. Desprendimiento de agregados</td> </tr> </table>													1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos	2. Exudación	8. Grieta de reflexión de juntas	14. Cruce de vía ferrea	3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / berma	15. Ahuellamiento	4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento	5. Corrugación	11. Parocheo	17. Grieta parabólica (slippage)	6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento			19. Desprendimiento de agregados
1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos																															
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de juntas	14. Cruce de vía ferrea																															
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / berma	15. Ahuellamiento																															
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento																															
5. Corrugación	11. Parocheo	17. Grieta parabólica (slippage)																															
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento																															
		19. Desprendimiento de agregados																															
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																			
1	H	4.9	33.0									37.9	12.3	65.0																			
10	M	36.0	90.0									126.0	40.8	34.0																			
15	L	5.4										5.4	1.7	15.0																			

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000-4+700			km 01+170				40							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 Carriles			km 01+200				309 m²							
INSPECCIONADO POR											FECHA			
DIEGO GABELA BERRONES											01 - septiembre - 2013			
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía férrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	18.0										18.0	5.8	54.0
10	M	30.0										30.0	9.7	19.0
15	L	18.0										18.0	5.8	29.0
3	M	100.0										100.0	32.4	23.0
8	L	2.5	2.7									5.2	1.7	5.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000-4+700			km 01+470				50							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 Carriles			km 01+500				309 m ²							
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	0.3										0.3	0.1	7.0
10	M	20.0										20.0	6.5	14.0
15	L	5.5										5.5	1.8	15.0
3	L	30.2										30.2	9.8	9.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000-4+700			km 01+770				60							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 Carriles			km 01+800				309 m ²							
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	23.4										23.4	7.6	46.0
10	M	25.0										25.0	8.1	17.0
3	M	18.9										18.9	6.1	15.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
0+000-4+700		km 02+070				70								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
2 Carriles		km 02+100				309 m ²								
INSPECCIONADO POR						FECHA								
DIEGO GABELA BERRONES						01 - septiembre - 2013								
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
								19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	10.0	21.6	60.0								91.6	29.6	75.0
10	M	30.0										30.0	9.7	19.0
11	M	1.0	1.8	2.1								4.9	1.6	13.0
3	H	108.0										108.0	35.0	52.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000-4+700			km 02+370				80							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 Carriles			km 02+400				309 m ²							
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parocheo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	3.0	6.4	8.0	32.4							49.8	16.1	55.0
10	H	30.0										30.0	9.7	33.0
10	M	20.0										20.0	6.5	14.0
11	M	0.2	0.2									0.3	0.1	3.0
15	L	9.0										9.0	2.9	21.0
17	L	4.2	14.0									18.2	5.9	20.0
3	M	108.0										108.0	35.0	25.0
4	L	14.0										14.0	4.5	9.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
0+000-4+700		km 02+670				90								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
2 Carriles		km 02+700				309 m²								
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	12.0										12.0	3.9	49.0
10	M	6.0	45.0									51.0	16.5	24.0
11	H	5.0										5.0	1.6	23.0
17	M	1.3										1.3	0.4	6.0
3	L	14.4										14.4	4.7	5.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000-4+700			km 02+970				100							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 Carriles			km 03+000				309 m²							
INSPECCIONADO POR											FECHA			
DIEGO GABELA BERRONES											01 - septiembre - 2013			
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
19. Desprendimiento de agregados														
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	2.3	10.5									12.8	4.1	50.0
10	M	6.0	20.0									26.0	8.4	17.0
11	H	0.2	0.3									0.5	0.2	8.0
15	L	16.9										16.9	5.5	28.0
4	H	48.0										48.0	15.5	70.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL					UNIDAD DE MUESTREO						
0+000-4+700			km 03+270					110						
CARRIL			PROGRESIVA FINAL					AREA DE MUESTREO						
2 Carriles			km 03+300					309 m²						
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo					7. Grieta de borde					13. Huecos				
2. Exudación					8. Grieta de reflexión de juntas					14. Cruce de vía ferrea				
3. Agrietamiento en bloque					9. Desnivel carril / berma					15. Ahuellamiento				
4. Abultamientos y hundimientos					10. Grietas longitudinales y transversales					16. Desplazamiento				
5. Corrugación					11. Parcheo					17. Grieta parabólica (slippage)				
6. Depresión					12. Pulimento de agregados					18. Hinchamiento				
										19. Desprendimiento de agregados				
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	39.0										39.0	12.6	65.0
10	M	10.0	15.0									25.0	8.1	17.0
15	L	30.0										30.0	9.7	28.0
3	H	120.0										120.0	38.8	54.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
0+000-4+700		km 03+570				120								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
2 Carriles		km 03+800				309 m ²								
INSPECCIONADO POR								FECHA						
DIEGO GABELA BERRONES								01 - septiembre - 2013						
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
								19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	9.6										9.6	3.1	33.0
10	M	12.0	15.0									27.0	8.7	18.0
15	L	6.3										6.3	2.0	17.0
3	M	54.0										54.0	17.5	17.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000-4+700			km 03+870				130							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 Carriles			km 03+900				309 m ²							
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
19. Desprendimiento de agregados														
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	13.5										13.5	4.4	37.0
10	M	4.0	6.0									10.0	3.2	8.0
3	M	72.0										72.0	23.3	19.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000-4+700			km 04+170				140							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 Carriles			km 04+200				309 m ²							
INSPECCIONADO POR											FECHA			
DIEGO GABELA BERRONES											01 - septiembre - 2013			
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parchoe				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
19. Desprendimiento de agregados														
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	M	8.0	15.0									21.0	6.8	15.0
3	L	108.0										108.0	35.0	18.0

Redondel del Terremoto - Huachi Grande

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000-4+700			km 04+470				150							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 Carriles			km 04+500				309 m ²							
INSPECCIONADO POR											FECHA			
DIEGO GABELA BERRONES											01 - septiembre - 2013			
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
								19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	54.0										54.0	17.5	69.0
3	H	54.0										54.0	17.5	39.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 00+090				4							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 00+120				309 m ²							
INSPECCIONADO POR											FECHA			
DIEGO GABELA BERRONES											01 - septiembre - 2013			
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
19. Desprendimiento de agregados														
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
15	M	27.0										27.0	8.7	42.0
3	H	309.0										309.0	100.0	71.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 00+380				13							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 00+390				309 m ²							
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	M	3.0	10.0									13.0	4.2	10.0
6	M	2.5										2.5	0.8	8.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 00+830				22							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 00+860				309 m ²							
INSPECCIONADO POR							FECHA							
DIEGO GABELA BERRONES							01 - septiembre - 2013							
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	L	4.0	20.0									24.0	7.8	8.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL					UNIDAD DE MUESTREO						
0+000 - 4+200			km 00+900					31						
CARRIL			PROGRESIVA FINAL					AREA DE MUESTREO						
2 CARRILES			km 00+930					309 m ²						
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo					7. Grieta de borde					13. Huecos				
2. Exudación					8. Grieta de reflexión de juntas					14. Cruce de vía ferrea				
3. Agrietamiento en bloque					9. Desnivel carril / berma					15. Ahuellamiento				
4. Abultamientos y hundimientos					10. Grietas longitudinales y transversales					16. Desplazamiento				
5. Corrugación					11. Parcheo					17. Grieta parabólica (slippage)				
6. Depresión					12. Pulimento de agregados					18. Hinchamiento				
										19. Desprendimiento de agregados				
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	5.0										5.0	1.6	25.0
10	M	2.0										2.0	0.7	1.0
11	H	1.4										1.4	0.5	14.0
11	L	8.4										8.4	2.7	5.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 01+170				40							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 01+200				309 m²							
INSPECCIONADO POR											FECHA			
DIEGO GABELA BERRONES											01 - septiembre - 2013			
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
								19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	6.3										6.3	2.0	28.0
10	M	10.0	20.0									30.0	9.7	19.0
3	M	108.0										108.0	35.0	25.0
6	L	1.5										1.5	0.5	4.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 01+440				49							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 01+470				309 m ²							
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
								19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	0.6	0.9	3.0								4.5	1.5	14.0
10	M	30.0										30.0	9.7	19.0
3	M	108.0										108.0	35.0	25.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO														
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA														
ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 01+710				58							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 01+740				309 m²							
INSPECCIONADO POR						FECHA								
DIEGO GABELA BERRONES						01 - septiembre - 2013								
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	M	25.0	30.0									55.0	17.8	25.0
11	M	0.6										0.6	0.2	4.0
15	M	15.0										15.0	4.9	35.0
3	H	108.0										108.0	35.0	52.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 01+980				67							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 02+010				309 m ²							
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	54.0										54.0	17.5	69.0
10	M	5.0	20.0									25.0	8.1	17.0
11	M	0.2	0.3	0.5								1.0	0.3	5.0
15	L	19.2										19.2	6.2	29.0
3	H	108.0										108.0	35.0	52.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 02+250				76							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 02+280				309 m ²							
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
								19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	M	20.0										20.0	6.5	14.0
3	H	108.0										108.0	35.0	52.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 02+520				85							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 02+550				309 m ²							
INSPECCIONADO POR											FECHA			
DIEGO GABELA BERRONES											01 - septiembre - 2013			
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parocho				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
								19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	2.1										2.1	0.7	18.0
10	M	6.0	10.0									16.0	5.2	12.0
3	M	108.0										108.0	35.0	25.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
0+000 - 4+200		km 02+790				94								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
2 CARRILES		km 02+820				309 m²								
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	12.5										12.5	4.1	50.0
10	M	10.0	20.0									30.0	9.7	19.0
3	M	54.0										54.0	17.5	17.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)																																		
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO																											
0+000 - 4+200			km 03+080				103																											
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO																											
2 CARRILES			km 03+090				309 m ²																											
INSPECCIONADO POR										FECHA																								
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013																								
DAÑOS																																		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">1. Piel de cocodrilo</td> <td style="width: 33%;">7. Grieta de borde</td> <td style="width: 33%;">13. Huecos</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>8. Grieta de reflexión de juntas</td> <td>14. Cruce de vía ferrea</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en bloque</td> <td>9. Desnivel carril / berma</td> <td>15. Ahuellamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>10. Grietas longitudinales y transversales</td> <td>16. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>11. Parcheo</td> <td>17. Grieta parabólica (slippage)</td> </tr> <tr> <td>6. Depresión</td> <td>12. Pulimento de agregados</td> <td>18. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>19. Desprendimiento de agregados</td> </tr> </table>														1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos	2. Exudación	8. Grieta de reflexión de juntas	14. Cruce de vía ferrea	3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / berma	15. Ahuellamiento	4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento	5. Corrugación	11. Parcheo	17. Grieta parabólica (slippage)	6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento			19. Desprendimiento de agregados
1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos																																
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de juntas	14. Cruce de vía ferrea																																
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / berma	15. Ahuellamiento																																
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento																																
5. Corrugación	11. Parcheo	17. Grieta parabólica (slippage)																																
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento																																
		19. Desprendimiento de agregados																																
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																						
1	H	4.5								4.5	1.5	35.0																						
10	M	10.0	20.0							30.0	9.7	19.0																						
3	H	108.0								108.0	35.0	52.0																						

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO														
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA														
ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
0+000 - 4+200			km 03+330				112							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
2 CARRILES			km 03+380				309 m ²							
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	2.8										2.8	0.9	29.0
10	M	4.0	36.0									40.0	12.9	22.0
3	H	120.0										120.0	38.8	54.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
0+000 - 4+200		km 03+800				121								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
2 CARRILES		km 03+830				309 m ²								
INSPECCIONADO POR						FECHA								
DIEGO GABELA BERRONES						01 - septiembre - 2013								
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
								19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	2.4	4.0	5.6								12.0	3.9	36.0
10	M	15.0										15.0	4.9	12.0
3	M	30.0										30.0	9.7	16.0

Huachi Grande - Redondel del Terremoto

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO														
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA														
ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
0+000 - 4+200		km 03+870				130								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
2 CARRILES		km 03+900				309 m²								
INSPECCIONADO POR										FECHA				
DIEGO GABELA BERRONES										01 - septiembre - 2013				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
19. Desprendimiento de agregados														
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	0.4	6.3									6.7	2.2	41.0
10	M	10.0	50.0									60.0	19.4	26.0
11	M	0.1	0.2	0.2								0.5	0.2	4.0
15	L	6.3										6.3	2.0	17.0
3	L	66.0										66.0	21.4	15.0

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO MR-112
 Sellado de fisuras
 RUBRO superficiales
 OBRA
 UBICACIÓN Ambato
 FECHA 22-sep-13

UNIDAD m
 RENDIMIENTO (U/H) 90

A:- EQUIPOS		POTENCIA	No	COSTO HORARIO	COSTO	
COMPRESOR DE AIRE 375 cfm.		125	0.5	12.55	0.070	
CAMIONETA			0.5	5.00	0.028	
SUBTOTAL EQUIPOS					0.098	
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BÁSICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
Compresor	0.25	1.002	2.096	1	2.350	0.026
Peón	0.25	0.908	2.115	2	2.171	0.048
Licencia TIPO E	0.25	1.575	2.032	1	3.450	0.038
SUBTOTAL MANO DE OBRA					0.113	
C:- HERRAMIENTAS						
HERRAMIENTAS MANUALES					0.000	
D:- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO		
ASFALTO (ESMERALDAS)	LTS	0.0800	0.268	0.021		
ARENA PARA HORMIGÓN	M3	0.0050	4.362	0.022		
SUBTOTAL DE MATERIALES					0.043	
E:- TRANSPORTE	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO	
ASFALTO (ESMERALDAS)	LTS	702.385	0.00010	0.08	0.006	
ARENA PARA HORMIGÓN	M3	9.860	0.22500	0.005	0.011	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE					0.017	

COSTO DIRECTO				0.270
COSTO INDIRECTO	G. Generales		0.08	0.022
	Utilidades		0.08	0.022
	Imprevistos		0.03	0.008
	Impuestos		0.0241	0.007
PRECIO UNITARIO				0.328
PRECIO UNITARIO OFERTADO				0.33

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO 405-7.1
 RUBRO Capa de sello Slurry Seal
 OBRA
 UBICACIÓN Ambato
 FECHA 22-sep-13

UNIDAD m2
 RENDIMIENTO (U/H) 300

A:- EQUIPOS		POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO	
ESCOBA AUTOPROPULSADA		76	1	17.00	0.057	
TANQUERO DE AGUA DE 6000 LTS		210	1	15.21	0.051	
MAQUINA PAVIMENTADORA DE MORTERO ASFALTICO			1	77.80	0.259	
CARGADORA FRONTAL CAT 926E		110	1	22.13	0.074	
SUBTOTAL EQUIPOS					0.440	
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BÁSICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
Barredora autopropulsada	0.25	1.002	2.096	2	2.350	0.016
Acabadora Pav. Asfáltico	0.25	1.002	2.096	1	2.350	0.008
Maestro de obra	0.25	0.908	2.115	4	2.171	0.029
Cargadora frontal	0.25	1.036	2.091	1	2.416	0.008
Peón	0.25	0.908	2.115	1	2.171	0.007
SUBTOTAL MANO DE OBRA					0.068	
C:- HERRAMIENTAS						
HERRAMIENTAS MANUALES		0.05				0.003
D:- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO		
EMULSIÓN ASFÁLTICA	LTS	1.0600	0.344	0.365		
AGREGADOS PARA EMULSIÓN ASFÁLTICA	M3	0.0080	8.000	0.064		
AGUA	M3	0.0003	3.000	0.001		
SUBTOTAL DE MATERIALES					0.430	
E:- TRANSPORTE	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO	
EMULSIÓN ASFÁLTICA	LTS	0.000	0.00014	1.06	0.000	
AGREGADOS PARA EMULSIÓN ASFÁLTICA	M3	0.000	0.00000	0.008	0.000	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE					0.000	
COSTO DIRECTO						0.941
COSTO INDIRECTO				G. Generales	0.08	0.075
				Utilidades	0.08	0.075
				Imprevistos	0.03	0.028
				Impuestos	0.0241	0.027
PRECIO UNITARIO						1.147
PRECIO UNITARIO OFERTADO						1.15

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO MR-113 Menor

RUBRO Bacheo asfáltico en caliente (Menor)

OBRA

UBICACIÓN Ambato

FECHA 22-sep-13

UNIDAD m3

RENDIMIENTO (U/H) 3

A:- EQUIPOS		POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO	
CORTADORA DE ASFALTO		0	1	3.00	1.000	
MARTILLO NEUMÁTICO		0	1	15.00	5.000	
COMPRESOR DE AIRE 250 cfm.		95	1	10.09	3.363	
RETROEXCAVADORA		0	0.5	20.00	3.333	
RODILLO VIBRATORIO LISO CS-431		107	0.25	25.50	2.125	
SUBTOTAL EQUIPOS					14.822	
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BÁSICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
Operador equipo liviano	0.25	0.908	2.115	1	2.171	0.724
Martillo-punzón neumático	0.25	1.002	2.096	1	2.350	0.783
Compresor	0.25	1.002	2.096	1	2.350	0.783
Retroexcavadora	0.25	1.036	2.091	1	2.416	0.805
Rodillo autopropulsado	0.25	1.002	2.096	1	2.350	0.783
Ayudante maquinaria	0.25	0.949	2.106	1	2.249	0.750
Maestro de obra	0.25	0.908	2.115	1	2.171	0.724
Peón	0.25	0.908	2.115	1.000	2.171	0.724
SUBTOTAL MANO DE OBRA					6.077	
C:- HERRAMIENTAS						
HERRAMIENTAS MANUALES			0.1			0.608
D:- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO		
MEZCLA ASFÁLTICA	M3	1.2500	74.282	92.852		
ASFALTO (ESMERALDAS)	LTS	8.0000	0.268	2.144		
DISCO DE CORTE	UNIDAD	0.0250	350.000	8.750		
SUBTOTAL DE MATERIALES					103.746	
E:- TRANSPORTE	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO	
MEZCLA ASFÁLTICA	M3	0.000	0.00000	1.25	0.000	
ASFALTO (ESMERALDAS)	LTS	702.385	0.00010	8.00	0.562	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE					0.562	
COSTO DIRECTO						125.206
COSTO INDIRECTO		G. Generales		0.08	10.017	
		Utilidades		0.08	10.017	
		Imprevistos		0.03	3.756	
		Impuestos		0.0241	3.017	
PRECIO UNITARIO						152.013
PRECIO UNITARIO OFERTADO						152.01