



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 3 DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA NORTE PERÚ – BRASIL APLICANDO EL MÉTODO PCI”

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Luis Angel Muñoz Salazar

Asesor:

Ing. Luis Alfredo Colonio García

Lima – Perú

2018

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller **Luis Angel Muñoz Salazar**, denominada:

“EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 3 DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA NORTE PERÚ – BRASIL APLICANDO EL MÉTODO PCI”

Ing. Luis Alfredo Colonio García
ASESOR

Ing. Paolo Macetas Porras
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Gerson Elías Vega Rivera
JURADO

Ing. Ronald Villanueva Maguiña
JURADO

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres,
que en todo momento estuvieron a mi
lado, brindándome su apoyo y confianza;
y hacia toda mi familia y amigos que
siempre creyeron y confiaron en mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios por todo lo que me ha dado.

A mis padres y hermanos que siempre supieron apoyarme en todo momento.

A mi asesor, Ing. Luis Alfredo Colonio García, por su tiempo, guía, consejo, asesoramiento y paciencia para la culminación de esta tesis.

A la Universidad Privada del Norte por brindarme todas las herramientas para culminar mi carrera.

A todos los docentes que transmitieron sus conocimientos y ayudaron en mi formación académica.

A todas y cada una de las personas que participaron en la investigación realizada, ya que invirtieron su tiempo y conocimientos para ayudarme a completar este trabajo.

A mis compañeros de la Carrera de Ingeniería Civil con los que compartí conocimientos y gratos momentos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Antecedentes	13
1.2. Justificación	14
1.2.1. Objetivo	14
1.2.1.1. Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO 2. MARCOTEÓRICO	15
2.1. Pavimento	15
2.1.1. Definición de pavimento.	15
2.1.2. Elementos estructurales que integran un pavimento.	16
2.1.2.1. Subrasante.	16
2.1.2.2. Sub base.....	16
2.1.2.3. Base.	17
2.1.2.4. Capa de rodadura.	19
2.1.3. Clasificación de pavimentos.....	20
2.1.3.1. Pavimento rígido.	20
2.1.3.2. Pavimento semirrígido.	20
2.1.3.3. Pavimento flexible.	20
2.1.4. Ciclo de vida “fatal” de los pavimentos.	21
2.1.4.1. Fase A: Construcción.	21
2.1.4.2. Fase B: Deterioro imperceptible.	22
2.1.4.3. Fase C: Deterioro acelerado.	22
2.1.4.4. Fase D: Descomposición total.	23
2.1.5. Ciclo de vida “deseable” de los pavimentos.	23
2.2. Fallas en el pavimento	24
2.2.1. Definición de falla.	24
2.2.2. Clasificación de fallas.	25
2.2.2.1. Fallas estructurales.	25
2.2.2.2. Fallas superficiales.	25
2.2.3. Tipos de fallas en un pavimento flexible.	25

2.2.3.1.	<i>Piel de Cocodrilo.</i>	26
2.2.3.2.	<i>Exudación.</i>	27
2.2.3.3.	<i>Agrietamiento en bloque.</i>	27
2.2.3.4.	<i>Abultamientos y hundimientos.</i>	28
2.2.3.5.	<i>Corrugación.</i>	29
2.2.3.6.	<i>Depresión.</i>	30
2.2.3.7.	<i>Grieta de borde.</i>	30
2.2.3.8.	<i>Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento Portland).</i>	31
2.2.3.9.	<i>Desnivel carril/berma.</i>	32
2.2.3.10.	<i>Grietas longitudinales y transversales.</i>	32
2.2.3.11.	<i>Parches y acometidas de servicios públicos.</i>	33
2.2.3.12.	<i>Pulimento de agregados.</i>	34
2.2.3.13.	<i>Huecos.</i>	34
2.2.3.14.	<i>Cruce de vía férrea.</i>	35
2.2.3.15.	<i>Ahuellamiento.</i>	35
2.2.3.16.	<i>Desplazamiento.</i>	36
2.2.3.17.	<i>Grietas parabólicas.</i>	37
2.2.3.18.	<i>Hinchamiento.</i>	37
2.2.3.19.	<i>Meteorización / Desprendimiento de agregados.</i>	38
2.2.4.	<i>Nivel de severidad de fallas.</i>	39
2.2.4.1.	<i>Bajo (L)</i>	39
2.2.4.2.	<i>Medio (M).</i>	39
2.2.4.3.	<i>Alto (H).</i>	39
2.3.	<i>Evaluación de pavimentos</i>	40
2.3.1.	<i>Evaluación funcional.</i>	40
2.3.1.1.	<i>Índice de Serviciabilidad Presente (Present Serviceability Index - PSI)</i>	41
2.3.1.2.	<i>Índice de Regularidad Internacional (International Roughness Index - IRI)</i>	41
2.3.2.	<i>Evaluación estructural.</i>	41
2.3.2.1.	<i>Ensayos destructivos (ED).</i>	42
2.3.2.2.	<i>Ensayos no destructivos (END)</i>	42
2.3.3.	<i>Evaluación visual.</i>	42
2.3.3.1.	<i>Inspección visual de daños en carreteras (VIZIR)</i>	43
2.3.3.2.	<i>Evaluación superficial y rango de pavimentos (PASER)</i>	43
2.3.3.3.	<i>Consorcio de rehabilitación vial (CONREVIAl)</i>	44
2.4.	<i>Método PCI</i>	45
2.4.1.	<i>Introducción.</i>	45
2.4.2.	<i>Procedimiento para evaluación de la condición del pavimento.</i>	46
2.4.2.1.	<i>Unidades de Muestreo.</i>	46
2.4.2.2.	<i>Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.</i>	46
2.4.2.3.	<i>Selección de las muestras inspeccionadas</i>	47
2.4.2.4.	<i>Evaluación de la Condición.</i>	47
2.4.3.	<i>Calculo del PCI de las unidades de muestreo.</i>	49
2.4.3.1.	<i>Determinación de los valores deducidos (VD) y su Número Máximo Admisible (m).</i>	49

2.4.3.2.	<i>Determinación del Máximo Valor Deducido Corregido (CDV o VDC).</i>	49
2.4.3.3.	<i>Cálculo del valor de PCI.</i>	51
2.4.4.	<i>Cálculo del PCI de una sección de pavimento.</i>	51
2.4.5.	<i>Software para el cálculo del PCI.</i>	51
2.4.5.1.	<i>EvalPav Carreteras</i>	51
2.4.5.2.	<i>MicroPAVER</i>	51
2.4.5.3.	<i>UnalPCIA 2.0</i>	52
2.4.6.	<i>Actividades de mantenimiento de pavimentos basados en el PCI.</i>	52
2.5.	Definición de Términos Básicos	53
CAPÍTULO 3. DESARROLLO		54
3.1.	Organización	54
3.1.1.	<i>Ubicación del proyecto.</i>	55
3.1.2.	<i>Características de la vía.</i>	55
3.2.	Actividades realizadas	56
3.2.1.	<i>Recolección de información.</i>	56
3.2.2.	<i>Procesamiento de datos.</i>	60
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		64
4.1.	Tipos de fallas localizadas	64
4.2.	Severidad y densidad de fallas localizadas	65
4.3.	Clasificación del pavimento por sección de pavimento	66
4.4.	Clasificación del pavimento por unidades de muestreo	68
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN		69
CONCLUSIONES		70
RECOMENDACIONES		71
REFERENCIAS		72
ANEXOS		74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1. Requerimientos granulométricos para la sub base granular.	17
Tabla n.º 2. Requerimientos de ensayos especiales para la sub base.	17
Tabla n.º 3. Requerimientos granulométricos para base granular.	18
Tabla n.º 4. Requerimientos del agregado grueso para base granular.	18
Tabla n.º 5. Requerimientos del agregado fino para base granular.	19
Tabla n.º 6. Requerimientos de CBR para base granular.	19
Tabla n.º 7. Código y descripción de fallas	25
Tabla n.º 8. Clasificación del pavimento según el PCI.....	45
Tabla n.º 9. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.....	46
Tabla n.º 10. Intervención en base al rango de PCI	52
Tabla n.º 11. Calculo del máximo valor deducido corregido.	61
Tabla n.º 12. Índice PCI y clasificación del pavimento por sección de pavimento.	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1. Estructura típica de pavimento asfáltico.....	16
Figura n.º 2. Estructura típica de pavimento rígido.....	20
Figura n.º 3. Etapas de deterioro en el pavimento flexible.....	21
Figura n.º 4. Condición de la vía con y sin mantenimiento.....	23
Figura n.º 5. Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable”.....	24
Figura n.º 6. Falla tipo piel de cocodrilo.....	26
Figura n.º 7. Falla tipo exudación.....	27
Figura n.º 8. Falla tipo agrietamiento en bloque.....	28
Figura n.º 9. Falla tipo abultamiento.....	28
Figura n.º 10. Falla tipo hundimiento.....	29
Figura n.º 11. Falla tipo corrugación.....	29
Figura n.º 12. Falla tipo depresión.....	30
Figura n.º 13. Falla tipo grieta de borde.....	31
Figura n.º 14. Falla tipo grieta de reflexión de junta.....	31
Figura n.º 15. Falla tipo desnivel carril/berma.....	32
Figura n.º 16. Falla tipo grieta longitudinal.....	33
Figura n.º 17. Falla tipo grieta transversal.....	33
Figura n.º 18. Falla tipo parches.....	34
Figura n.º 19. Falla tipo pulimento de agregados.....	34
Figura n.º 20. Falla tipo huecos.....	35
Figura n.º 21. Falla tipo cruce de vía férrea.....	35
Figura n.º 22. Falla tipo ahuellamiento.....	36
Figura n.º 23. Falla tipo desplazamiento.....	36
Figura n.º 24. Falla tipo grietas parabólicas.....	37
Figura n.º 25. Falla tipo hinchamiento.....	38
Figura n.º 26. Falla tipo desprendimiento de agregados.....	38
Figura n.º 27. Formato de exploración para condición de carreteras con superficie asfáltica.....	48
Figura n.º 28. Formato para las iteraciones del cálculo del VDC.....	50
Figura n.º 29. Curvas para la obtención del VDC.....	50
Figura n.º 30. Carretera Interoceánica Norte Perú – Brasil.....	55
Figura n.º 31. Ubicación del Tramo 3: Corral Quemado – Rioja.....	55
Figura n.º 32. Fotografía del recorrido por la vía.....	56
Figura n.º 33. Falla: parche de severidad H.....	57
Figura n.º 34. Falla: pulimento de agregados.....	57
Figura n.º 35. Formato de exploración.....	58
Figura n.º 36. Falla: grieta de borde.....	59
Figura n.º 37. Falla: ahuellamiento.....	59
Figura n.º 38. Falla: grietas longitudinales.....	60
Figura n.º 39. Uso del gráfico para hallar el valor deducido.....	61
Figura n.º 40. Uso del gráfico para obtener el VDC.....	62
Figura n.º 41. Formato con el valor del índice de PCI de la unidad de muestreo evaluada.....	63
Gráfico n.º 1. Resultados de tipos de fallas localizadas.....	64
Gráfico n.º 2. Resultados por severidad y densidad de fallas localizadas.....	65
Gráfico n.º 3. Resultados según clasificación del pavimento por sección de pavimento.....	67
Gráfico n.º 4. Resultados de clasificación de pavimento por unidades de muestreo.....	68

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en la aplicación de la metodología PCI (Paviment Condition Index) en el diagnóstico del pavimento flexible del tramo 3 de la Carretera Interoceánica Norte Perú – Brasil, ubicada entre los Departamentos de San Martín y Amazonas; con la finalidad de determinar el deterioro superficial del pavimento en función de los daños existentes.

El proceso de evaluación se desarrolló en dos etapas, la primera correspondiente al trabajo de campo y la segunda a la de gabinete. La vía objeto de estudio cuenta con una longitud de 22 kilómetros, que fue dividida en 880 unidades de muestreo y agrupadas en 22 secciones de 1 kilómetro.

El trabajo de campo consistió en recorrer la vía e identificar las fallas, su grado de severidad y extensión, lo cual se registraba en el formato para recolección de datos. Concluida la inspección de la vía, se procedió al trabajo de gabinete para determinar el Índice de PCI de cada sección de pavimento.

Los resultados tras la evaluación muestran que, de las 22 secciones de pavimento inspeccionadas, el 41% tienen un pavimento clasificado como Bueno, el 32% tiene una clasificación de Muy Bueno, 22% clasifica como pavimento Regular y el 4% se encuentra en estado Excelente. Además, las fallas con mayor nivel de influencia fueron: grietas longitudinales y transversales, parches y acometidas de servicios, desnivel carril/berma, grieta de borde y piel de cocodrilo.

Por último, el índice de PCI de la vía fue de 64 con una desviación estándar de ± 13 , el cual se determinó promediando el PCI de todas las secciones del pavimento, con lo que se concluye que el pavimento de la vía se encuentra en un estado de conservación entre Bueno y Regular.

Palabras claves: Pavimento flexible, Fallas, Severidad, Densidad, Índice de PCI, Clasificación.

ABSTRACT

The present research work consists in the application of the PCI (Paviment Condition Index) methodology in the diagnosis of the flexible pavement of section 3 of the Interoceanic Highway North Peru - Brazil, located between the Departments of San Martín and Amazonas; with the purpose of determine the surface deterioration of the pavement based on the existing damages.

The evaluation process was developed in two stages, the first corresponding to the field work and the second to the cabinet. The road under study has a length of 22 kilometers, which was divided into 880 sampling units and grouped into 22 sections of 1 kilometer.

The field work consisted of traversing the road and identifying the faults, their degree of severity and extent, which was recorded in the data collection format. Once the inspection of the road was completed, the cabinet work was carried out to determine the PCI Index of each pavement section.

The results after the evaluation show that, of the 22 pavement sections inspected, 41% have a pavement classified as Good, 32% have a Very Good rating, 22% classify as Regular pavement and 4% are in state Excellent. In addition, the faults with the highest level of influence were: longitudinal and transversal cracks, patches and service connections, rail / berm, ravine and edge cropping.

Finally, the PCI index of the track was 64 with a standard deviation of ± 13 , which was determined by averaging the PCI of all sections of the pavement, which concludes that the pavement of the track is in a Conservation status between Good and Regular.

Keywords: Flexible pavement, Faults, Severity, Density, PCI Index, Classification.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del país, ya que tiene vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre centros poblados, transporte de bienes y servicios, y es parte fundamental para el aumento del turismo.

En el Perú, la Política Nacional del Sector Transporte establece dar prioridad a la conservación de la infraestructura vial y de manera específica, determina: ampliar la cobertura de conservación de la red de carreteras mejorando la transitabilidad y el nivel de servicio, fortalecer la gestión de conservación vial e incrementar las actividades de conservación mediante la modalidad de tercerización.

El presente trabajo de investigación es el resultado de la aplicación de la metodología del PCI en el diagnóstico del pavimento flexible del tramo 3 de la Carretera Interoceánica Norte, Perú – Brasil, ubicado entre los Departamentos de San Martín y Amazonas. La vía en estudio, conecta la Costa Norte con la Selva Norte del Perú, por lo que es importante ejecutar las obras de mantenimiento y rehabilitación del pavimento para asegurar la estabilidad y transitabilidad del paso vehicular durante toda la época del año.

La referida metodología se fundamenta en los resultados de una evaluación visual de la condición de pavimento, en el cual se establecen el tipo, nivel de severidad y cantidad que presenta cada falla. Con la información obtenida de campo, se procede a determinar el índice PCI, el cual clasifica el estado en que se encuentra el pavimento, que puede ser desde excelente hasta fallado.

La información y resultados obtenidos serán parte del Informe Técnico de Mantenimiento (ITM) de Pavimentos de los Tramos 3 y 4 de la Carretera Interoceánica Norte Perú – Brasil, que la empresa Geonaylamp S.A.C. presentará a la concesionaria responsable de los trabajos de mantenimiento y rehabilitación a la vía.

1.1. Antecedentes

Geonaylamp S.A.C. es una empresa dedicada a la elaboración de expedientes técnicos, estudios de ingeniería geotécnica y laboratorio de mecánica de suelos, asfalto y concreto. Cuenta con experiencia en la ejecución de ensayos de laboratorio, exploraciones y sondeos geotécnicos, estabilización de sectores inestables y diseño y evaluación de pavimentos, lo cual sustenta con la participación en proyectos como:

Elaboración del Proyecto “Estudio para el Mantenimiento Periódico del Tramo n°5 Corredor Vial interoceánica Sur Perú-Brasil, Tramo II: Sectores 4,5 y 6: Yura - Patahuasi - Santa Lucia”, en el Departamento de Arequipa.

Estudio geotécnico y ensayos de laboratorio para el proyecto “Diseño de Puentes y Obras de Arte y Evaluación de Estructuras de la Concesión Vial Tramo Dv Quilca – Dv Matarani – Dv Moquegua – Dv Ilo – Tacna – La Concordia, en el Departamento de Tacna.

Estudio de Mecánica de Suelos, Canteras y Geotecnia para el Estudio Definitivo de Ingeniería e Impacto Ambiental de la Segunda Calzada de la Autopista Puno – Juliaca, en el Departamento de Puno.

Estudio de Suelos, Canteras y Fuentes de Agua de Diseño de Pavimentos para la Carretera Andahuaylas, Pampachiri y Negro Mayo, en la ciudad de Andahuaylas.

ITM de Pavimentos de la Carretera Interoceánica Norte, Tramo IV: Olmos - Corral Quemado (Km 0+000 – Km 196+000), en el Departamento de Amazonas.

Actualmente se encuentra en la elaboración del Informe Técnico de Mantenimiento de Pavimentos de los Tramos 3 y 4 de la Carretera Interoceánica Norte Perú – Brasil, a solicitud de la concesionaria responsable de los trabajos de mantenimiento y rehabilitación en la vía.

1.2. Justificación

Por la necesidad de obtener información sobre el estado de conservación de la vía, con el fin de realizar los trabajos de mantenimiento o rehabilitación que permitan asegurar la estabilidad y transitabilidad del paso vehicular durante toda la época del año. La información y resultados serán parte del Informe Técnico de Mantenimiento (ITM) que la empresa Geonaylamp S.A.C. presentará a la concesionaria responsable del mantenimiento y rehabilitación de la Carretera Interoceánica Norte Perú – Brasil. Además, con la información obtenida, la concesionaria podrá realizar un plan de monitoreo del estado del pavimento, para verificar los trabajos de mantenimiento y evitar el aumento del nivel de severidad de las fallas. Así también, el presente trabajo servirá como antecedente para posteriores investigaciones académicas.

1.2.1. Objetivo

- ✓ Establecer el diagnóstico del pavimento flexible del Tramo 3 de Carretera Interoceánica Norte Perú - Brasil, mediante la aplicación del método del PCI.

1.2.1.1. Objetivos Específicos.

- ✓ Identificar los tipos de fallas presentes en el pavimento flexible a través de inspecciones visuales.
- ✓ Determinar los niveles de severidad y cantidad de las fallas existentes.
- ✓ Calcular el índice de condición de pavimento para cada sección de pavimento.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Pavimento

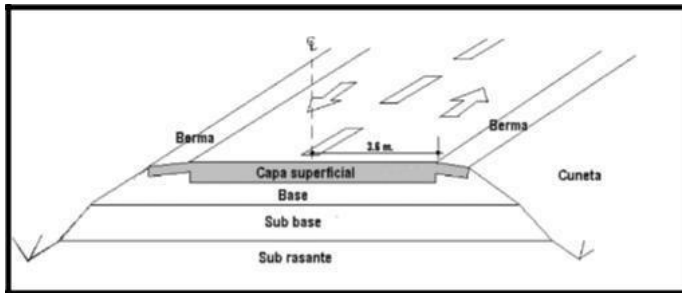
2.1.1. Definición de pavimento.

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2013), define al pavimento como una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura (MTC, 2013, pág. 23).

Para Montejo (2002), el pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas de varios centímetros de espesor, materiales de diversas características y adecuadamente compactados, que se construyen sobre la subrasante y que han de soportar las cargas del tránsito durante varios años sin presentar deterioros que afecten la seguridad y la comodidad de los usuarios o la propia integridad de la estructura (Montejo Fonseca, 2002, pág. 1).

En el Manual para la Revisión de Pavimentos publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (2008), el pavimento es definido como la estructura integral de capas superpuestas, generalmente horizontales, denominadas subrasante, subbase, base y carpeta, que se colocan hasta coronar la rasante y destinada a permitir el tránsito vehicular. Se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados (Corea y Asociados S.A., 2008, pág. 27).

Figura n.º 1. Estructura típica de pavimento asfáltico.



Fuente: (Sanchez Sabogal, 2009)

2.1.2. Elementos estructurales que integran un pavimento.

2.1.2.1. Sub rasante.

Esta capa es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se colocan las demás capas estructurales del pavimento. Su construcción se realiza con suelos seleccionados de características aceptables, que se compactan por capas, para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. La capacidad de soporte de la sub rasante influye en diseño de las capas superiores (MTC, 2013, pág. 23).

2.1.2.2. Sub base.

Es una capa construida a base de material granular ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento que soporta a la base y carpeta de rodadura. Tiene la función de servir como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Además, en algunos casos y dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse (MTC, 2013, pág. 24).

Los materiales para la construcción de la sub base granular deberán satisfacer los requisitos granulométricos (ver tabla n.º 1) y cumplir con las características físico-mecánicas y químicas (ver tabla n.º 2).

Tabla n.º 1. Requerimientos granulométricos para la sub base granular.

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9.5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-10
4.75 mm. (Nº4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm. (Nº10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (Nº40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (Nº200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Ensayo	Norma	Norma	Norma	Requerimientos altitud	
	MTC	ASTM	AASHTO	3 000 msnm	3 000 msnm
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	40% min.	40% min.
Limite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx.	4% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% min.	35% min.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.50% máx.	0.50% máx.

Fuente: (MTC, 2013)

2.1.2.3. Base.

Es la capa inferior a la capa de rodadura, construida con material granular drenante (CBR \geq 80%) o tratada con asfalto, cal o cemento. Tiene como función la de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito (MTC, 2013, pág. 24).

Los materiales para la construcción de la base granular deberán satisfacer requisitos granulométricos (ver tabla n.º 3) y, cumplir con ciertas características físico-mecánicas y químicas (ver tablas n.ºs 4, 5 y 6).

Tabla n.º 3. Requerimientos granulométricos para base granular.

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9.5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-10
4.75 mm. (Nº4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm. (Nº10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (Nº40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (Nº200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: (MTC, 2013)

Tabla n.º 4. Requerimientos del agregado grueso para base granular.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos altitud	
				3 000 msnm	3 000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.50% máx.	0.50% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: (MTC, 2013)

Tabla n.º 5. Requerimientos del agregado fino para base granular.

Ensayo	Norma MTC	Requerimientos altitud	
		3 000 msnm	3 000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% min.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% min.	45% min.
Sales solubles totales	MTC E 219	0.50% máx.	0.50% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209		15% máx.

Fuente: (MTC, 2013)

Tabla n.º 6. Requerimientos de CBR para base granular.

Trafico en ejes equivalentes	Valor de CBR (1)
Trafico en ejes equivalentes ($<10^6$)	Min. 80%
Trafico en ejes equivalentes ($\geq 10^6$)	Min. 100%

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5mm.)

Fuente: (MTC, 2013)

2.1.2.4. Capa de rodadura.

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos publicado por el ministerio de transportes y comunicaciones (2013), define la capa de rodadura como la parte superior del pavimento que tiene como función, la de sostener directamente el tránsito. Además, puede ser de tipo bituminoso (flexible), de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines (MTC, 2013, pág. 24).

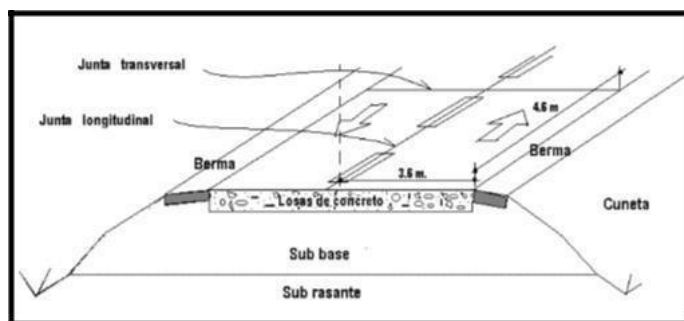
También cumple la función de impermeabilizar la superficie, evitando el ingreso de agua que podría saturar o causar la desintegración de las capas subyacentes. Así también, cuando tiene un espesor mayor a 2,5 cm, contribuye a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos. Además, por ser la capa más expuesta a la intemperie y al desgaste ocasionado por los vehículos, requiere de mantenimientos periódicos que garanticen su adecuado funcionamiento (Bolaños Tauma, 2015, pág. 14).

2.1.3. Clasificación de pavimentos

2.1.3.1. Pavimento rígido.

Es un pavimento constituido por un conjunto de losas de concreto de cemento que, dependiendo de las solicitaciones de cargas, pueden presentar acero de refuerzo. Se puede construir directamente sobre la subrasante preparada o sobre la base (o sub base). Recibe el nombre de pavimento rígido debido a las propiedades de la carpeta de concreto, que absorbe en mayor grado las cargas vehiculares. El costo inicial del pavimento rígido es mayor en comparación con el pavimento flexible, sin embargo, el costo por mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas (Sanchez Sabogal, 2009, pág. 86).

Figura n.º 2. Estructura típica de pavimento rígido.



Fuente: (Sanchez Sabogal, 2009)

2.1.3.2. Pavimento semirrígido.

El pavimento semirrígido es una estructura compuesta por una carpeta asfáltica (en caliente) sobre una base tratada con asfalto, concreto o cal. Se debe tener en cuenta que, para aplicar esta solución, la sub rasante de tener un CBR \geq 20%. Además, los pavimentos adoquinados, también son considerados pavimentos semirrígidos (MTC, 2013, pág. 24).

2.1.3.3. Pavimento flexible.

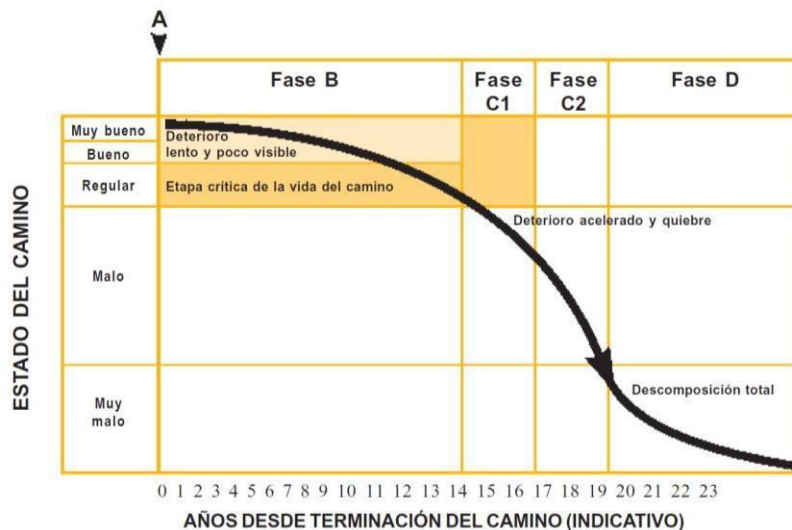
Es una estructura compuesta por base, sub base (capas granulares) y una capa de rodadura constituida con agregados, materiales bituminosos (aglomerantes) y aditivos (de ser el caso). Además, son considerados como capa de rodadura asfáltica: mortero

asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente (MTC, 2013, pág. 24).

2.1.4. Ciclo de vida “fatal” de los pavimentos.

Los pavimentos sufren deterioros constantes debido a las solicitaciones externas como la lluvia, el tránsito, condiciones ambientales, etc., que causan un efecto permanente y conlleva a un pavimento intransitable. El pavimento tiene un ciclo de vida que puede clasificarse en cuatro etapas, desde una etapa inicial donde el deterioro es casi imperceptible, hasta una etapa final donde el deterioro es total. Sin embargo, los pavimentos se proyectan para que sirvan un determinado número de años, esta proyección es denominada ciclo de vida útil (Gamboa Chicchón, 2009, pág. 12).

Figura n.º 3. Etapas de deterioro en el pavimento flexible.



Fuente: (Menéndez, 2003)

2.1.4.1. Fase A: Construcción.

En esta fase, el pavimento entra en servicio apenas se concluye la obra, sin importar si ha sido de construcción sólida o evidencia algunos defectos. En ese momento, el pavimento se encuentra en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios (ver Punto A en la figura n.º 3). (Menéndez, 2003, pág. 5)

2.1.4.2. Fase B: Deterioro imperceptible.

Conforme pasan los años, el pavimento experimenta un proceso de desgaste y se debilita lentamente, principalmente en la superficie de rodadura, aunque también en menor grado, en el resto de su estructura. Este desgaste se produce en proporción al tránsito vehicular, la influencia del clima, el agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Por otro lado, la calidad de la construcción inicial también influye en la velocidad del desgaste (Menéndez, 2003, pág. 5).

Para reducir este proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación, principalmente en la capa de rodadura y en las obras de drenaje. Si no se efectúan tales medidas, la vida útil del camino se reduce sustancialmente. Durante esta fase (ver figura n.º 3), el pavimento se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas. El pavimento sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado en el pleno sentido del término. (Menéndez, 2003, pág. 6)

2.1.4.3. Fase C: Deterioro acelerado.

Después de varios años de uso, la capa de rodadura y otros elementos del pavimento están cada vez más “agotados”; el pavimento entra en un período de deterioro acelerado, reduciendo su resistencia al tránsito vehicular (ver figura n.º 3). Al inicio de esta fase, la estructura básica del pavimento se mantiene intacta y causa una percepción al usuario es que el pavimento se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así. Conforme se avanza más en la fase C (ver figura n.º 3), se observan cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, lo que, lamentablemente, no es visible. Por lo tanto, cuando la capa de rodadura presenta fallas graves que pueden verse a simple vista, es posible asegurar que la estructura básica del pavimento está siendo seriamente dañada. Aunque estos daños comienzan siendo puntuales, poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte del pavimento. El transcurso de esta fase es relativamente corto, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción se acelera. (Menéndez, 2003, pág. 6)

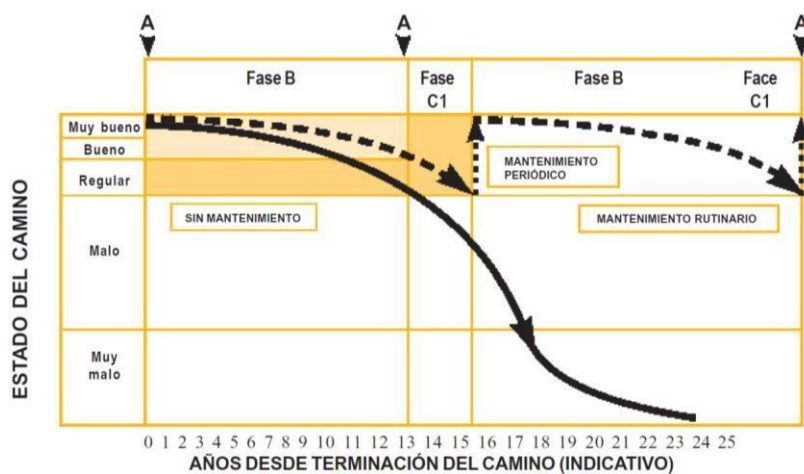
2.1.4.4. Fase D: Descomposición total.

La descomposición total del pavimento constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del pavimento puede quedar reducida a sólo una fracción de la original. Los vehículos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis, lo que genera el alza en los costos de operación de los vehículos y la cantidad de accidentes graves también aumenta (Menéndez, 2003, pág. 6).

2.1.5. Ciclo de vida “deseable” de los pavimentos.

El proceso de ciclo de vida del pavimento sin mantenimiento se le puede denominar “fatal”, porque conduce al deterioro total del mismo, pero con la aplicación de un sistema de mantenimiento adecuado, se puede llegar a mantener el pavimento dentro de un rango de deterioro aceptable (ver figura n.º 4) (Menéndez, 2003, pág. 7).

Figura n.º 4. Condición de la vía con y sin mantenimiento

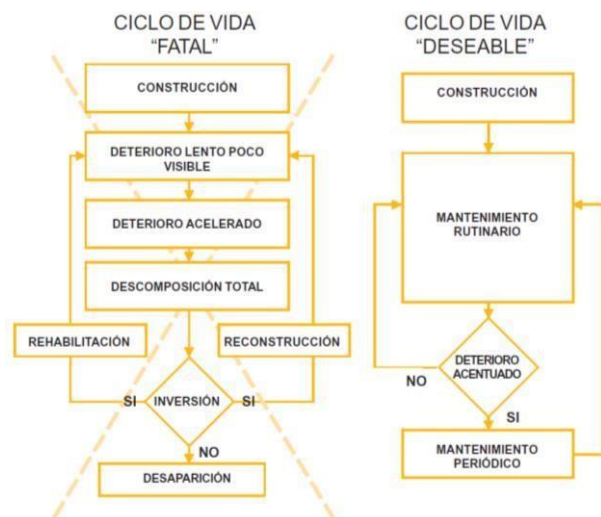


Fuente: (Menéndez, 2003)

Meléndez (2003), explica por medio de un diagrama de flujo (ver figura n.º 5) el proceso que sigue un camino sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que se observa que la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro total del camino, mientras que la atención constante del mismo mediante el

mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico. (Menéndez, 2003, pág. 7)

Figura n.º 5. Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable”.



Fuente: (Menéndez, 2003)

2.2. Fallas en el pavimento

2.2.1. Definición de falla.

Rodríguez V. (2009), define las fallas como el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. Estos factores combinados, son la causa del deterioro progresivo del pavimento que disminuyen la serviciabilidad y funcionalidad del mismo, situación que se agrava si no se da un mantenimiento adecuado a la vía. (Rodríguez Velásquez, 2009, pág. 11)

Según Rabanal P. (2014), un factor que influye en el comportamiento de los pavimentos es el tipo de carga que se le aplica y la velocidad con que ello se hace. Esto debido a que los pavimentos están sujetos a cargas móviles, y el hecho que las cargas actuantes sean repetitivas, afectan a la resistencia de las capas de pavimento de relativa rigidez, lo que generalmente se presenta en las carpetas asfálticas y bases estabilizadas (Rabanal Pajares, 2014, pág. 20).

2.2.2. Clasificación de fallas.

2.2.2.1. Fallas estructurales.

Según Montejo F. (2002) estas fallas comprenden los defectos de la superficie de rodamiento cuyo origen se da en una o varias capas de la estructura del pavimento, ocasionando el rompimiento del mismo. Pueden detectarse a través de inspección visual, sin embargo, en algunos casos es necesario realizar ensayos destructivos y/o ensayos no destructivos. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 506)

2.2.2.2. Fallas superficiales.

Para Montejo F. (2002), este tipo de fallas comprende los defectos de la superficie de rodadura debido a fallas de la carpeta asfáltica y no guardan relación con la estructura del pavimento. Estos tipos de fallas se pueden detectar por simple inspección visual. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 506)

2.2.3. Tipos de fallas en un pavimento flexible.

La norma ASTM D 6433-03, que detalla el procedimiento del método PCI, incluye los 19 tipos de fallas para pavimentos flexibles (ver tabla n.º 7). En el anexo n.º 4 (catálogo de fallas) se describen las posibles causas y las opciones de reparación que Vásquez Valera (2006) propone en el manual de PCI.

Tabla n.º 7. Código y descripción de fallas.

Nº	Nombre de falla	Medida
1	Piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²
4	Abultamientos (bumps) y hundimientos (sags)	m
5	Corrugación	m ²
6	Depresión	m ²
7	Grieta de borde	m
8	Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto)	m
9	Desnivel carril/berma	m
10	Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto)	m

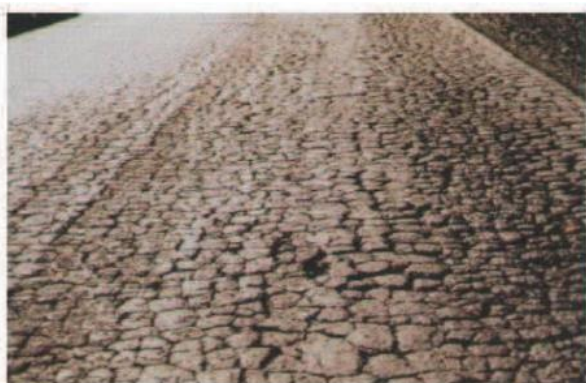
11	Parchado y acometidas de servicios públicos	m ²
12	Pulimento de agregados	m ²
13	Huecos	m ²
14	Cruce de vía férrea	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Desplazamiento	m ²
17	Grietas Parabólicas o por Deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Meteorización / Desprendimiento de agregados	m ²

Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

2.2.3.1. Piel de Cocodrilo.

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento (Vásquez Valera, 2006, pág. 10).

Figura n.º 6. Falla tipo piel de cocodrilo.



Fuente: (MTC, 2007)

2.2.3.2. Exudación.

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. Es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento (Vásquez Valera, 2006, pág. 12).

Figura n.º 7. Falla tipo exudación.



Fuente: (MTC, 2007)

2.2.3.3. Agrietamiento en bloque.

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.30 m a 3.0m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios. Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos (Vásquez Valera, 2006, pág. 14).

Figura n.º 8. Falla tipo agrietamiento en bloque.

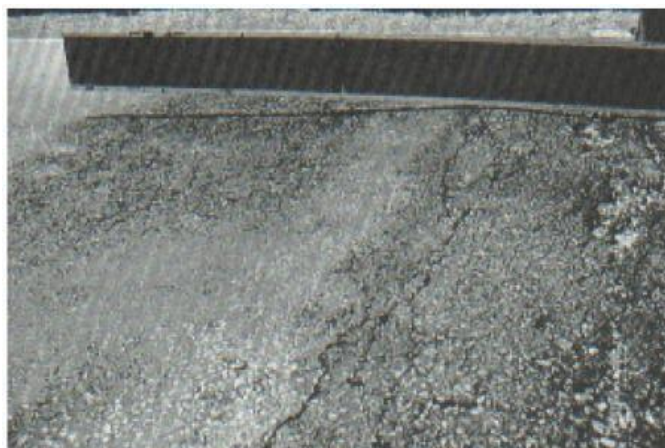


Fuente: *(Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A., 2009)*

2.2.3.4. Abultamientos y hundimientos.

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba, localizados en la superficie del pavimento. Pueden ser causados por varios factores, que incluyen: Levantamiento o combadura de losas de concreto, expansión por congelación, infiltración y elevación del material, etc. Por otro lado, los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie de pavimento (Vásquez Valera, 2006, pág. 16).

Figura n.º 9. Falla tipo abultamiento.



Fuente: *(Vásquez Valera, 2006)*

Figura n.º 10. Falla tipo hundimiento.

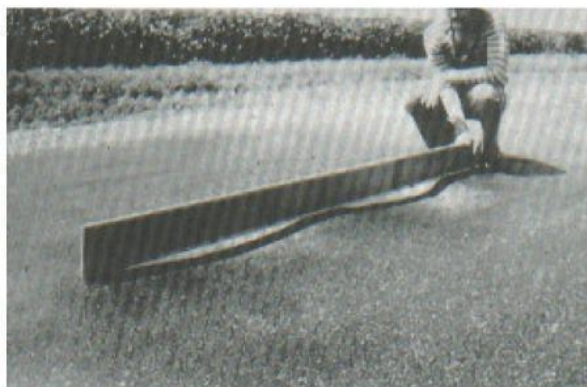


Fuente: (MTC, 2007)

2.2.3.5. Corrugación.

La corrugación es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta u una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, el daño se denomina corrugación (Vásquez Valera, 2006, pág. 18).

Figura n.º 11. Falla tipo corrugación.



Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

2.2.3.6. Depresión.

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves solo son visibles después de la lluvia. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las machas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrogante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidropilano. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel (Vásquez Valera, 2006, pág. 20).

Figura n.º 12. Falla tipo depresión.



Fuente: (MTC, 2007)

2.2.3.7. Grieta de borde.

Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse) (Vásquez Valera, 2006, pág. 22).

Figura n.º 13. Falla tipo grieta de borde.



Fuente: (Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A., 2009)

2.2.3.8. Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento Portland).

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, inducido por la temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta (Vásquez Valera, 2006, pág. 24).

Figura n.º 14. Falla tipo grieta de reflexión de junta.

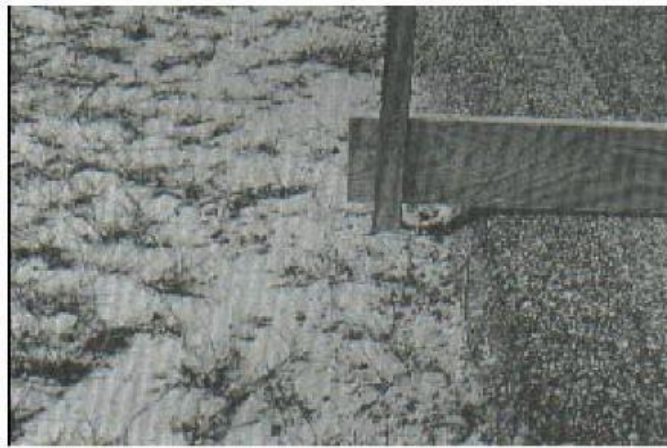


Fuente: (Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A., 2009)

2.2.3.9. Desnivel carril/berma.

El desnivel carril/berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobre carpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma (Vásquez Valera, 2006, pág. 26).

Figura n.º 15. Falla tipo desnivel carril/berma.



Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

2.2.3.10. Grietas longitudinales y transversales.

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por: Una junta de carril del pavimento pobremente construida, contracción de la superficie de concreto asfáltico, una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto. Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo (Vásquez Valera, 2006, pág. 28).

Figura n.º 16. Falla tipo grieta longitudinal.



Fuente: (MTC, 2013)

Figura n.º 17. Falla tipo grieta transversal.



Fuente: (MTC, 2007)

2.2.3.11. Parches y acometidas de servicios públicos.

Un parche es un área de pavimento que ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte. Si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche (Vásquez Valera, 2006, pág. 30).

Figura n.º 18. Falla tipo parches.



Fuente: (MTC, 2007)

2.2.3.12. Pulimento de agregados.

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente (Vásquez Valera, 2006, pág. 32).

Figura n.º 19. Falla tipo pulimento de agregados.



Fuente: (Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A., 2009)

2.2.3.13. Huecos.

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento que se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento, su crecimiento se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos son daños asociados a la condición de la estructura (Vásquez Valera, 2006, pág. 33).

Figura n.º 20. Falla tipo huecos.



Fuente: (MTC, 2007)

2.2.3.14. Cruce de vía férrea.

Vásquez V. (2006) define estos defectos como depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles (Vásquez Valera, 2006, pág. 35).

Figura n.º 21. Falla tipo cruce de vía férrea.



Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

2.2.3.15. Ahuellamiento.

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, este solo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento. El

ahuellamiento se mide en metros cuadrados y su severidad está definida por la profundidad de la huella (Vásquez Valera, 2006, pág. 37).

Figura n.º 22. Falla tipo ahuellamiento.



Fuente: (MTC, 2007)

2.2.3.16. Desplazamiento.

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño solo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestable (Vásquez Valera, 2006, pág. 39).

Figura n.º 23. Falla tipo desplazamiento.



Fuente: (Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A., 2009)

2.2.3.17. Grietas parabólicas.

Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento (Vásquez Valera, 2006, pág. 41).

Figura n.º 24. Falla tipo grietas parabólicas.



Fuente: (Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A., 2009)

2.2.3.18. Hinchamiento.

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento, una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos. (Vásquez Valera, 2006, pág. 43)

Figura n.º 25. Falla tipo hinchamiento.



Fuente: *(Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A., 2009)*

2.2.3.19. Meteorización / Desprendimiento de agregados.

La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del liante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado (Vásquez Valera, 2006, pág. 44)

Figura n.º 26. Falla tipo desprendimiento de agregados.



Fuente: *(MTC, 2007)*

2.2.4. Nivel de severidad de fallas.

2.2.4.1. Bajo (L)

Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero creando poca incomodidad. (Vásquez Valera, 2006, pág. 9)

2.2.4.2. Medio (M)

Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad. (Vásquez Valera, 2006, pág. 9)

2.2.4.3. Alto (H)

Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo. (Vásquez Valera, 2006, pág. 9)

2.3. Evaluación de pavimentos

La evaluación de un pavimento es la actividad de calificar y cuantificar las condiciones funcionales y estructurales de los pavimentos, con la finalidad de obtener información y plantear soluciones a los deterioros encontrados. Además, el estado o condición del pavimento a lo largo del tiempo depende de las estrategias seleccionadas, tales como tipo y oportunidad de aplicación de las actividades de mantenimiento y rehabilitación, para lo cual es necesario contar con un inventario detallado de la infraestructura. La evaluación del pavimento consiste de tres aspectos fundamentales: evaluación funcional, evaluación de la capacidad estructural y la evaluación visual del pavimento existente, los cuales se detallan a continuación. (Dávila Vidarte, Huangal Castañeda, & Salazar Bravo, 2017, pág. 16)

2.3.1. Evaluación funcional.

La evaluación funcional consiste en la inspección superficial efectuada en el pavimento, con el objeto de determinar los deterioros que afectan la regularidad superficial del pavimento, ya que afecta la calidad de la capa de rodadura, lo cual se relaciona con los efectos de las vibraciones, probabilidad de daños en las mercancías transportadas, desgaste de los vehículos y aumento en los tiempos de viaje (Dávila Vidarte, Huangal Castañeda, & Salazar Bravo, 2017, pág. 17).

En la actualidad, existen diferentes indicadores (expresados a través de fórmulas) para establecer el estado superficial de un pavimento. Además, para cada indicador existen tablas en las cuales se dan valores que, de acuerdo a los límites establecidos por cada país en su respectiva norma, indican en que condición se encuentra el pavimento. En el Perú no existe una norma específica con respecto a dichos indicadores. Sin embargo, se cuenta con las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras - EG-2013, donde se mencionan algunas técnicas de rehabilitación superficial para pavimentos asfálticos (Dávila Vidarte, Huangal Castañeda, & Salazar Bravo, 2017, pág. 17).

Entre los principales indicadores del estado superficial del pavimento tenemos:

2.3.1.1. Índice de Serviciabilidad Presente (Present Serviceability Index - PSI)

Fue desarrollado por AASTHO en los años sesenta, este tipo de índice está orientado a medir el confort (comodidad) que brinda el pavimento al usuario. Para su determinación, se desarrollaron fórmulas matemáticas que combinan distintos parámetros de deterioro. El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), consiste en calificar en una escala de 0 a 5 el grado de confort (definido en base a la calidad de rodamiento y su variación en el tiempo), que el usuario percibe al transitar por un camino a la velocidad de operación (Dávila Vidarte, Huangal Castañeda, & Salazar Bravo, 2017, pág. 18).

2.3.1.2. Índice de Regularidad Internacional (International Roughness Index - IRI)

El Índice de Regularidad Internacional es un indicador de la regularidad superficial, definido como el cociente entre el desplazamiento relativo acumulado por la suspensión de un vehículo y la distancia recorrida por dicho vehículo. Se puede expresar en unidades de mm/m, m/km, in/mi, etc. Cuanto menor es este índice, mejor es la regularidad superficial. Valores del IRI menores de 2 m/Km indican una buena regularidad superficial. El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable (Dávila Vidarte, Huangal Castañeda, & Salazar Bravo, 2017, pág. 19).

2.3.2. Evaluación estructural.

La evaluación estructural consiste en la apreciación de los tramos de la vía, cuyo estado de deterioro del pavimento ha reducido su capacidad de resistir cargas; y cualquier programa de mantenimiento tradicional ya no es factible. Por lo tanto, dichos tramos deben ser rehabilitados para que vuelvan a ser transitables. El principal objetivo de la evaluación estructural es determinar la capacidad estructural efectiva del pavimento existente, ya que de ella va depender que el refuerzo sea correctamente diseñado, se presentan los ensayos destructivos y los no destructivos (Dávila Vidarte, Huangal Castañeda, & Salazar Bravo, 2017, pág. 19).

2.3.2.1. Ensayos destructivos (ED)

En este tipo de ensayos se altera la integridad del sistema mediante perforación en el pavimento. Entre los ensayos destructivos más conocidos están las calicatas, que además permitir una visualización de las capas de la estructura, brindan la posibilidad de realizar ensayos “in situ” y la extracción de muestras para ensayos de laboratorio. Estas determinaciones permiten obtener el estado actual del perfil a través de las propiedades reales de los materiales que lo componen (Dávila Vidarte, Huangal Castañeda, & Salazar Bravo, 2017, pág. 20).

2.3.2.2. Ensayos no destructivos (END)

Estos ensayos se realizan mediante la medición y análisis de las deflexiones elásticas medidas en la superficie del pavimento, con lo cual no se altera la integridad del sistema. La deflexión es el parámetro empleado para la caracterización de la capacidad estructural de un pavimento y se puede medir a través de equipos como la Viga Benkelman o el Deflectómetro de Impacto (FWD) (Dávila Vidarte, Huangal Castañeda, & Salazar Bravo, 2017, pág. 20).

2.3.3. Evaluación visual.

La evaluación visual de un pavimento puede ser definida como la observación periódica del mismo, con el fin de determinar la naturaleza y extensión de los deterioros en el pavimento existente. Con la evaluación superficial se busca reflejar el estado del pavimento a través de sus características superficiales, presentes en el momento de la evaluación. Existen varios métodos utilizados para la evaluación visual de los pavimentos. Los más conocidos son:

Índice de Condición del Pavimento - Pavement Condition Index (PCI).

El método desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussés – VIZIR.

Evaluación y calificación superficial del pavimento – Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER).

Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL).

2.3.3.1. Inspección visual de daños en carreteras (VIZIR)

Es un sistema de evaluación desarrollado por el Laboratorio Central de Puentes y Calzadas de Francia (LCPC), que establece una distinción entre fallas estructurales y funcionales. El método Vizir define la condición del pavimento mediante el índice de deterioro superficial conocido como I_s , el cual es un valor adimensional que se calcula a partir del porcentaje vial del área afectada con respecto a partir de la longitud vial del tramo estudiado. El valor del índice de deterioro superficial I_s , está comprendido entre el rango de 1 a 7 (Pacheco Risco & Leguía Loarte, 2016, págs. 49-50).

Este método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías; “A” y “B”; cuya identificación y niveles de gravedad se presentan de acuerdo a tablas que establece el método. Las degradaciones del tipo A corresponden a una condición estructural del pavimento y se considera las siguientes: Ahuellamientos, grietas longitudinales por fatiga, piel de Cocodrilo, hundimientos, parches y otras deformaciones estructurales. Por otra parte, las degradaciones del tipo B, tienen su origen en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia, siendo las principales: Grieta longitudinal por junta de construcción, grietas de contracción térmica, grietas parabólicas, grietas de borde, abultamientos, desprendimientos, pulimiento de agregados, exudación, desintegración de los bordes, escalonamiento entre calzada berma y afloramientos (Pacheco Risco & Leguía Loarte, 2016, págs. 49-50).

2.3.3.2. Evaluación superficial y rango de pavimentos (PASER)

El método Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER), fue desarrollado en el Centro de Información del Transporte de la Universidad de Wisconsin, presenta un catálogo de fallas basado en una escala gráfica con categorías que varían de 1 a 10, donde 10 corresponde a las mejores condiciones de calidad. La metodología es aplicable para varios tipos de pavimento como también a sus obras de arte, según los diferentes manuales de la aplicación Paser con sus respectivas guías de evaluación. Para el caso de pavimentos, se selecciona el manual del SEALCOAT. Además, este método no considera escalas intermedias que permita mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada (Pacheco Risco & Leguía Loarte, 2016, pág. 51).

El Centro de Información de Transporte de la Universidad de Wisconsin - Madison, ha desarrollado publicaciones que muestran fotografías representativas del estado del pavimento que corresponden con las calificaciones PASER para ayudar a aquellos que realizan estudios de campo. Cabe señalar que la calificación PASER, refleja las condiciones de la superficie del pavimento, y no la condición estructural del pavimento, o de la vida de la superficie del pavimento restante. Además, en el sistema de evaluación superficial con el manual PASER, la condición del pavimento se evalúa visualmente, no cuantifica los deterioros encontrados ni proporciona valor deductivo alguno para indicar la calificación de la condición del pavimento, simplemente sobre la base de criterios de ingeniería, y experiencias se puede indicar una calificación según su catálogo de fallas. (Pacheco Risco & Leguía Loarte, 2016, págs. 52-53)

2.3.3.3. Consorcio de rehabilitación vial (CONREVIAL)

El consorcio de rehabilitación vial, presenta una metodología que realiza evaluaciones superficiales usando un catálogo de fallas que son obtenidas de la superficie del pavimento, además realiza evaluaciones estructurales mediante la medición de las deflexiones. La evaluación visual del estado de un pavimento se efectúa en base a la determinación detallada de todos los deterioros y fallas observables en la superficie transitable y visible del mismo, estableciéndose la ubicación, extensión y grado de magnitud de cada característica adversa (Pacheco Risco & Leguía Loarte, 2016, pág. 53).

La caracterización del estado de la superficie de la calzada, en este método considera tres aspectos, uno de ellos es el relevamiento de las distintas manifestaciones de deterioro observadas en la superficie (Identificación). El segundo es el análisis del tipo de falla observada, estableciendo las probables causas o mecanismos que la han originado (interpretación). Por último, el establecer la condición de servicio del pavimento en base a la magnitud, extensión, tipo de falla y mecanismo de deterioro, orientado hacia el futuro empleo de la información (Evaluación) (Pacheco Risco & Leguía Loarte, 2016, pág. 53).

2.4. Método PCI

2.4.1. Introducción.

La metodología del Índice de condición del pavimento-PCI, fue desarrollado por el Cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos entre los años 1974 y 1976, con el objetivo de obtener un procedimiento de administración del mantenimiento de pavimentos. Actualmente es considerado como la más completa para la evaluación de pavimentos, siendo aceptado y adoptado como procedimiento estandarizado por agencias como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), el APWA (American Public Work Association). Se encuentra detallado bajo la norma ASTM D6433-03 (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos) (Rabanal Pajares, 2014, págs. 27-28).

El método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) considera que el deterioro del pavimento depende del tipo, severidad y extensión del daño, por lo que proporciona un indicador numérico que otorga una clasificación a las condiciones superficiales del pavimento (ver tabla n.º 8), presentando como restricciones la medición de la capacidad estructural del pavimento y determinación de su rugosidad (Robles Bustios, 2015, pág. 36).

Tabla n.º 8. Clasificación del pavimento según el PCI.

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Pobre
25 – 10	Muy pobre
10 - 0	Fallado

Fuente: (ASTM, 2003)

2.4.2. Procedimiento para evaluación de la condición del pavimento.

La metodología del PCI especifica en forma detallada el procedimiento tanto para el pavimento flexible como para el rígido, siendo la secuencia como sigue:

2.4.2.1. Unidades de Muestreo.

La vía se divide en “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura (ver tabla n.º 9); por ejemplo, para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7,30m, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230,0 \pm 93,0 \text{ m}^2$, y para carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Portland y losas con inferior a 7,60m, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas (Vásquez Valera, 2006, pág. 3).

Tabla n.º 9. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.

Ancho de calzada	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46,0
5.5	41,8
6.0	38,3
6.5	35,4
7,3 (máximo)	31,5

Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

2.4.2.2. Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades de muestreo, lo que demandará tiempo y recursos considerables para realizar la inspección; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo con el fin de obtener un número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse, lo cual se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95% (Vásquez Valera, 2006, pág. 5).

Ecuación n.º 01: Determinación de unidades de muestreo

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{(E)^2}$$

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e = 5\%$)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Sin embargo, cuando se requieren cantidades de daño exactas para proyectos de rehabilitación, todas y cada una de las unidades de muestreo deberá ser inspeccionada, por lo que para el desarrollo del presente trabajo no fue necesario determinar las unidades mínimas de muestreo, ni calcular el espaciamiento entre dichas unidades (Vásquez Valera, 2006, pág. 5).

2.4.2.3. Selección de las muestras inspeccionadas

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento, eligiendo la primera de ellas al azar, para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$\frac{N}{n}$$

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

2.4.2.4. Evaluación de la Condición.

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños del manual para obtener un valor del PCI confiable. Además, la evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos (Vásquez Valera, 2006, pág. 6).

2.4.2.4.1 Equipos:

Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.

Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.

Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

2.4.2.4.2 Procedimiento de inspección:

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente.

Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños.

Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad (ver figura n.º 27)

Figura n.º 27. Formato de exploración para condición de carreteras con superficie asfáltica.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA			
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m²)				
INSPECCIONADA POR	FECHA					
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abullamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel camil / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

2.4.2.4.3 Seguridad:

El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

2.4.3. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo.

Al completar la inspección de campo, se utiliza la información recogida de los daños para calcular el PCI, lo que se puede realizar a través de un software o aplicando el siguiente procedimiento.

2.4.3.1. Determinación de los valores deducidos (VD) y su Número Máximo Admisible (m).

Los valores deducidos (VD) de cada daño, están establecidos de acuerdo a la densidad (ecuación n°2) obtenidas y el empleo de la curva “Valor Deducido” correspondiente al tipo de falla y pavimento (ver anexo n° 4).

Ecuación n° 02: Cálculo de la densidad. ———
= _____ * 100%

Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Si ninguno o tan solo uno de los valores deducidos es mayor a 2, se utiliza el Valor Deducido Total (TDV) en lugar del Valor Deducido Corregido (CDV), obtenido en la determinación del PCI; de lo contrario, debe ordenarse los valores deducidos individuales en orden descendente y se determina el “Máximo Número Admisible de Valores Deducidos - m” mediante la ecuación n°03:

Ecuación n° 03: Determinación del número máximo admisible de valores deducidos.

Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Donde:

mi: Número máximo admisible de Valores deducidos, incluyendo fracción.

HDVi: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo.

2.4.3.2. Determinación del Máximo Valor Deducido Corregido (CDV o VDC).

Se obtiene el “Valor Deducido Total” (VDT) sumando todos los valores deducidos individuales, asimismo se establece el número de valores deducidos “q” mayores que 2 y

se reduce el menor valor deducido individual mayor que 2 a 2, repitiendo el proceso hasta que se cumpla la condición que “q” sea igual a 1 (ver figura n.º 28).

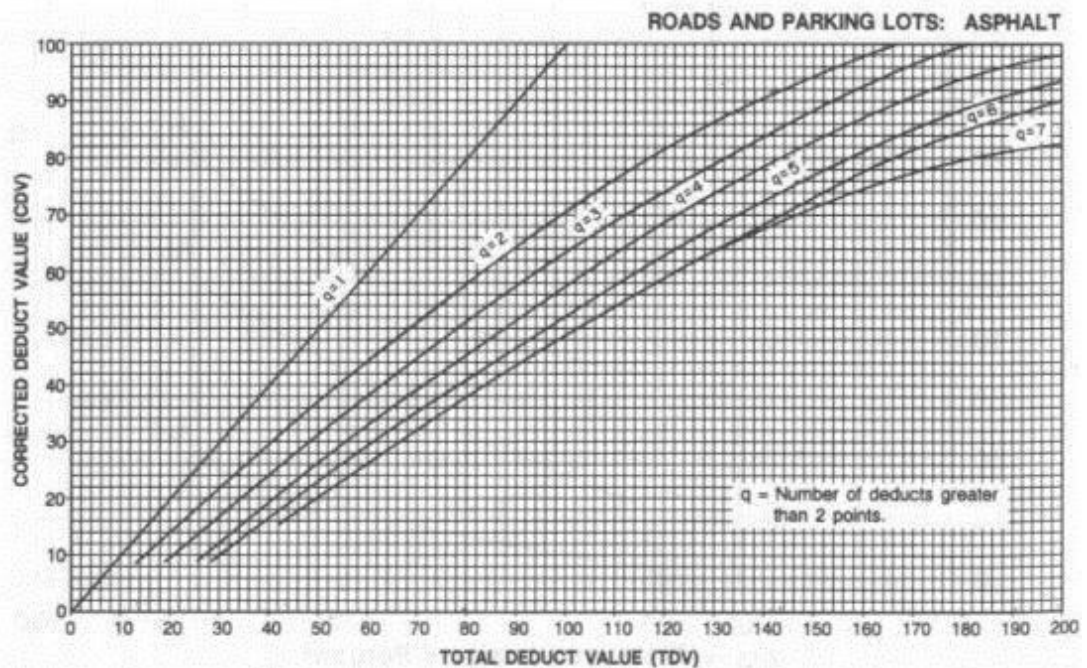
Figura n.º 28. Formato para las iteraciones del cálculo del VDC.

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Se calcula el VDC con “q” y el “Valor Deducido Total” en la Curva de Valores Deducidos Corregidos para pavimentos de asfalto (ver figura n.º 29) o concreto, según corresponda. El máximo valor deducido corregido es el mayor de los valores deducidos corregidos obtenidos en el proceso de iteración.

Figura n.º 29. Curvas para la obtención del VDC.



Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

2.4.3.3. Cálculo del valor de PCI.

A partir del máximo valor deducido corregido (VDC) se calcula el PCI de la unidad de muestreo analizada, según la siguiente expresión: $= 100 - \dot{a}$

2.4.4. Cálculo del PCI de una sección de pavimento.

Una sección de pavimento puede abarcar varias unidades de muestreo, los cuales deben tener el mismo tipo de pavimento, diseño y tráfico. La norma ASTM D-6433-03 indica que el PCI de la sección, es el promedio de los PCI calculados de cada unidad de muestreo.

2.4.5. Software para el cálculo del PCI.

2.4.5.1. EvalPav Carreteras

Software elaborado por: Ing. Gerber J. Zabala (Estudios Especiales-Dirección general de caminos y ferrocarriles–MTC). El software permite optimizar la recopilación de datos de campo y procesar la información en menor tiempo, facilitando el análisis mediante la interpretación de resultados y la proposición de alternativas de solución en el tiempo. El software EvalPav contiene tres versiones, vías Pavimentadas (ASTM D 6433-03), Aeropuertos (ASTM D 5340-04) y Carreteras No Pavimentadas (USACE TM 5-626). (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2018)

2.4.5.2. MicroPAVER

MicroPAVER fue desarrollado a mediados de 1980 por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de U.S.A. (US Army Corps of Engineers, USACE) para ayudar al Departamento de Defensa a gestionar el mantenimiento y reparación de su inventario de pavimentos. Este software permite el almacenamiento y creación de inventario de una red de pavimentos, clasificación de las condiciones del pavimento, comportamiento del pavimento según sus proyecciones de desarrollo, análisis de las proyecciones de las condiciones del pavimento, y determinación de las necesidades de mantenimiento y reparación a través del análisis de distintos escenarios de presupuesto. Los datos de la inspección de campo (tipo de falla, severidad y cantidades) pueden ser registrados en MicroPAVER para calcular el PCI e indicar la condición del segmento de pavimento. (Sotil Chávez, 2010, págs. 28-29)

2.4.5.3. UnalPCIA 2.0

El programa UNALPCI 2.0 de la empresa INGEPAV (de Vásquez Valera), permite procesar la información del inventario de daños superficiales y obtener el Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index - PCI) para vías y estacionamientos de acuerdo con el estándar ASTM D6433 (Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys). La aplicación del programa comienza luego de la inspección del pavimento con la metodología PCI. La información recogida en campo es digitada en una hoja de Microsoft Excel y se convierte al formato CVS (Valores separados por comas), para poder ejecutarse desde el software y generar los resultados (índice PCI y clasificación del pavimento) (Acosta Barreto & Rubiano Álvarez, 2017, págs. 36-37)

2.4.6. Actividades de mantenimiento de pavimentos basados en el PCI.

En base al valor de PCI obtenido de la evaluación de campo se podría determinar cuál es el nivel de intervención como se muestra en la tabla n.º 10.

Tabla n.º 10. Intervención en base al rango de PCI.

<u>Rango</u>	<u>Clasificación</u>	<u>Trabajo recomendado</u>
100-85	Excelente	Mantenimiento Preventivo
85-70	Muy bueno	Mantenimiento Correctivo
70-55	Bueno	Mantenimiento Correctivo
55-40	Regular	Rehabilitación Moderada
40-25	Pobre	Rehabilitación Moderada
25-10	Muy pobre	Rehabilitación Pesada
10-0	Fallado	Reconstrucción

Fuente: (Vásquez Valera, 2002)

2.5. Definición de Términos Básicos

CD: Valor Deducido, es el valor obtenido mediante cada tipo de daño y su nivel de severidad, en su interpolación en las curvas de “Valor Deducido del Daño”.

CDT: Valor Deducido Total, es la suma de todos los valores independientes de CD para una unidad de muestreo. **q:** Número de CD mayores que dos, en una unidad de muestreo.

CDV: Valor Deducido Corregido, es la corrección del CDT interpolándolo con el número “**q**” para cada unidad de muestreo en la curva de “Corrección del Valor Deducido”.

Clasificación de la condición del pavimento: Es una descripción verbal de la condición del pavimento en función al valor del PCI, varía de colapsado a excelente.

Índice De Condición De Pavimento (PCI): Es una calificación numérica asociada a la condición del pavimento que varía entre 0 y 100, siendo "0" la peor condición posible y 100 la mejor.

Densidad: Es porcentaje obtenido de la división del área total de daño entre el área total de la unidad de muestreo.

Fallas del pavimento: Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por cargas, factores atmosféricos, deficiencias en su construcción, o una combinación de estas.

Nivel de severidad: Percepción que se tiene sobre la gravedad del daño sobre el pavimento. Puede ser bajo, mediano y alto.

Sección de pavimento: Área de pavimento con el mismo tipo de pavimento, diseño y tránsito.

Unidad de Muestreo de Pavimento: Es una subdivisión de la sección del pavimento que tiene un rango estandarizado de tamaño.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

3.1. Organización

Geonaylamp S.A.C. inició sus actividades en enero del año 2012 y proporciona a la fecha servicios de Elaboración de Expedientes Técnicos y Estudios de Ingeniería Geotécnica, Estudio de Mecánica de Suelos, Asfalto y Concreto, teniendo como clientes a empresas como:

Naylamp Ingenieros S.A.C.

Construcción y Administración S.A. (CASA)

GMI S.A. Ingenieros Consultores

Corporación Mayo

Concesionaria Vial del Sur S.A.

(COVISUR) Concesionaria Iirsa Norte S.A.

Consortio Collao 63

La empresa cuenta con la Gerencia de Desarrollo, donde se ubican los Departamentos de Geotecnia, Pavimentos, Geología y Riesgo Sísmico; y la Gerencia Técnica, que corresponde al Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto, así como al Departamento de Trabajos de Campo, el cual se encarga de realizar las exploraciones a cielo abierto (calicatas), perforaciones diamantinas y sondeos geotécnicos.

En la empresa, tengo asignado el cargo de jefe de laboratorio, teniendo como actividades principales: la emisión de informes de ensayos, evaluación superficial de pavimentos aplicando el método PCI y la elaboración del informe de dicha evaluación.

La experiencia en la aplicación del método PCI inicia en el año 2014, con el proyecto “Elaboración del Proyecto Estudio para el Mantenimiento Periódico del Tramo n°5 Corredor Vial Interoceánico Sur Perú-Brasil, Tramo II: Sectores 4,5 y 6: Yura - Patahuasi - Santa Lucia, que la empresa realizó a solicitud de la Concesionaria Vial del Sur (COVISUR).

3.1.1. Ubicación del proyecto.

El tramo 3 de la carretera Interoceánica Norte, inicia en el Km 196+000, en el centro poblado Corral Quemado, distrito El Milagro, provincia Utcubamba, departamento de Amazonas; y finaliza en el Km 218+000, en la provincia de Rioja, departamento de San Martín (ver figuras n. os 30 y 31).

Figura n.º 30. Carretera Interoceánica Norte Perú – Brasil.



Fuente: (Iirsa Norte, 2018)

Figura n.º 31. Ubicación del Tramo 3: Corral Quemado – Rioja.



Fuente: (Google, 2018)

3.1.2. Características de la vía.

La vía tiene una longitud total de 22 kilómetros y presenta una calzada de dos carriles, los cuales tienen un ancho de 3,30m cada uno. Con respecto al espesor de las capas estructurales, no se tuvo acceso al expediente técnico.

3.2. Actividades realizadas

3.2.1. Recolección de información.

La evaluación del pavimento del tramo 3 de la carretera Interoceánica Norte se realizó por secciones de 1 kilómetro. Además, cada sección de pavimento estaba conformada por 40 unidades de muestreo de 25m cada una.

Antes de empezar la evaluación, se hizo un reconocimiento de la vía con la finalidad de delimitar las unidades de muestreo y ubicar posibles lugares de riesgo.

La recolección de información se hizo recorriendo la vía a pie, se inspeccionó todas las secciones de pavimento, identificando y cuantificando en cada unidad de muestreo los tipos de fallas, calificando su nivel de severidad y registrando los datos en el formato para la recolección de datos (ver figura n.º 35). Los instrumentos necesarios para la recolección de información fueron:

Formatos impresos.

Cámara fotográfica.

Tablilla y lapiceros.

Odómetro, regla rígida y escuadra.

Manual PCI.

Figura n.º 32. Fotografía del recorrido por la vía.



Nota: en la figura se observan los diferentes tipos de fallas localizadas en la unidad de muestreo a evaluar.

Fuente: del autor.

Figura n.º 33. Falla: parche de severidad H.



Nota: el tipo de falla que se muestra en la figura, corresponde al tipo parche y su nivel de severidad “H” fue determinada por el deterioro avanzado del mismo, el cual estaba influyendo de gran manera en la calidad de servicio al usuario, causando incomodidad al momento de circular por la vía. Aunque dentro del parche se localizaron otras fallas del tipo grietas longitudinales, estas no se tomaron en cuenta.

Fuente: del autor.


Figura n.º 34. Falla: pulimento de agregados.



Nota: la figura muestra el tipo de falla pulimento de agregados con una severidad “M”, la cual se determinó al notar que el agregado de la zona afectada no contribuía a la disminución de velocidad de los vehículos, además de sentirse suave al contacto.

Fuente: del autor.

Figura n.º 35. Formato de exploración.

		MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASTM D 6433 - 03										RESPONSABLE: LUIS ANGEL MUÑOZ SALAZAR		
ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO ASFALTICO DE LA CARRETERA TRAMO III: CORRAL QUEMADO - BAGUA (KM 196+000 AL KM 218+000)		CROQUIS: 												
AREA:	165 m ²													
SECCION:	13													
UNIDAD DE MUESTRA:	M-485													
UNIDAD DE AREA:	m ²													
FECHA:	oct-17													
1. Grieta piel de cocodrilo	m ²	6. Depresion	m ²	11. Parcheo y Acometidas de Servicios	m ²	16. Desplazamiento	m ²							
2. Exudación	m ²	7. Grietas de Borde	m	12. Pulmientos y Agregados	m ²	17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento	m ²							
3. Agrietamiento en bloque	m ²	8. Grietas de Reflexion de Junta	m	13. Huecos	m ²	18. Hinchamiento	m ²							
4. Abultamientos y Hundimientos	m	9. Desnivel Camil / Berma	m	14. Cruce de Via Ferrea	m ²	19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados	m ²							
5. Corugacion	m ²	10. Grietas Longitudnales y Transversa	m	15. Ahuellamiento	m ²									
DEFECTO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
7	M	10.0	15.0	8.0	7.0	6.0	2.0							
10	L	15.0	20.0	25.0										
10	M	25.0	10.0	8.0										
11	M	2.0	5.0											
11	H	25.0												
12	M	5.5												
15	M	25.0												

Nota: para los tipos de fallas con el mismo nivel de severidad y diferente medida, se hace el registro en la misma fila; si en la vía se identifica el mismo tipo de falla, pero diferente nivel de severidad, estos se anotan en una fila diferente.

Fuente: del autor.

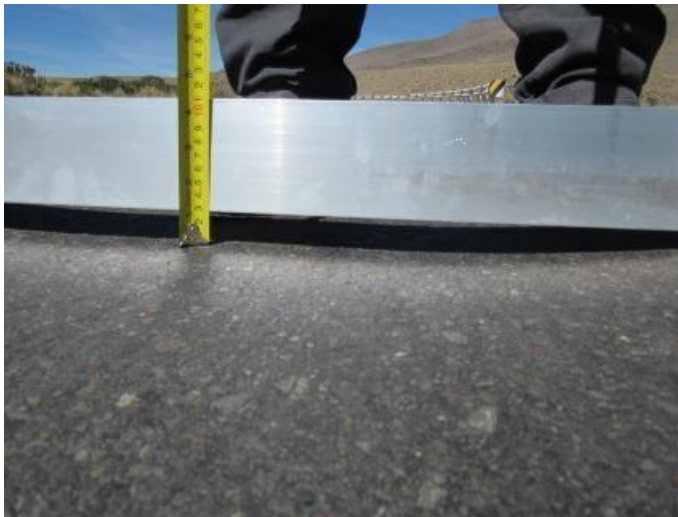
Figura n.º 36. Falla: grieta de borde.



Nota: en la figura encerrada se muestra el tipo de falla grieta de borde de severidad “M”, aunque había evidencia de haberle realizado un sellado, empezaba a mostrar mediana fragmentación y desprendimiento.

Fuente: del autor.

Figura n.º 37. Falla: ahuellamiento.



Nota: medición de la profundidad del tipo de falla ahuellamiento para determinar el grado de severidad “M”, ya que se encontraba en el rango de >13.0 mm y ≤ 25.0 mm.

Fuente: del autor.

Figura n.º 38. Falla: grietas longitudinales.



Nota: grietas longitudinales de severidad “M”, determinadas así por su tamaño (entre 10.0 mm y 76.0 mm.) y por estar rodeadas de grietas pequeñas.

Fuente: del autor.

3.2.2. Procesamiento de datos.

Finalizado el registro de cada falla, su nivel de severidad y cantidad, se procedió a realizar el cálculo del PCI de las unidades de muestreo. A continuación, se detallará el procedimiento a seguir.

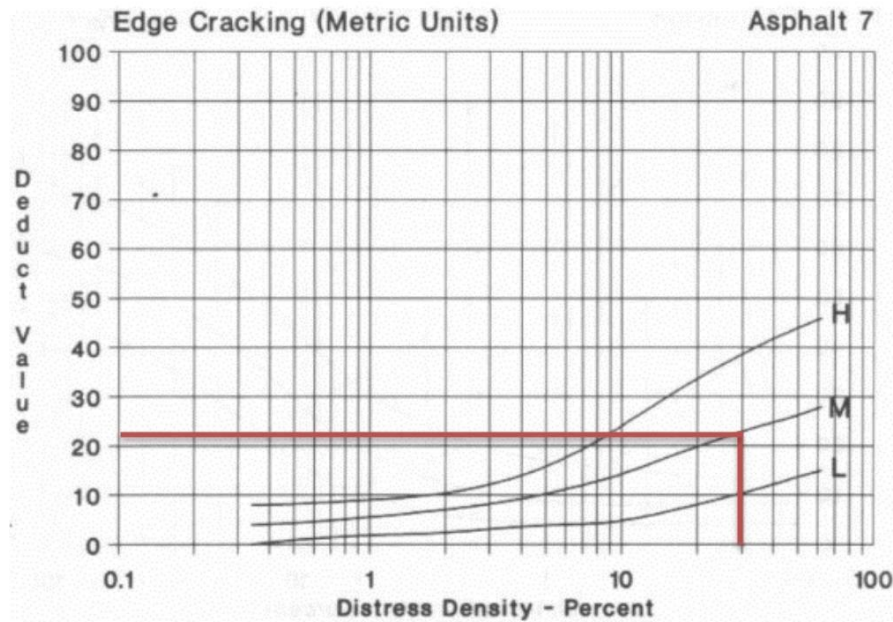
De la figura n.º 32, la primera falla localizada es del tipo “grieta de borde”, con una severidad de grado “M” y el metro lineal como unidad de medida. Para calcular su densidad, dividimos la cantidad de falla entre el área de la unidad de muestreo.

= 165 / 100% = 1,65

48

Realizado el cálculo de la densidad, hacemos uso de los gráficos de curva de valor deducido correspondiente al tipo de falla. Siguiendo el ejemplo, para la falla “grieta de borde”, severidad “M” y una densidad de 29,1, el valor deducido será, 21,45.

Figura n.º 39. Uso del gráfico para hallar el valor deducido.



Elaboración: *del autor*.

Los valores deducidos se ordenan de mayor a menor y se identifica el valor de “q”, para nuestro ejemplo es igual a 6. El valor deducido total (VDT), es la suma de los valores deducidos y, de forma iterativa se va reemplazando los últimos valores deducidos de cada fila por el valor de 2.

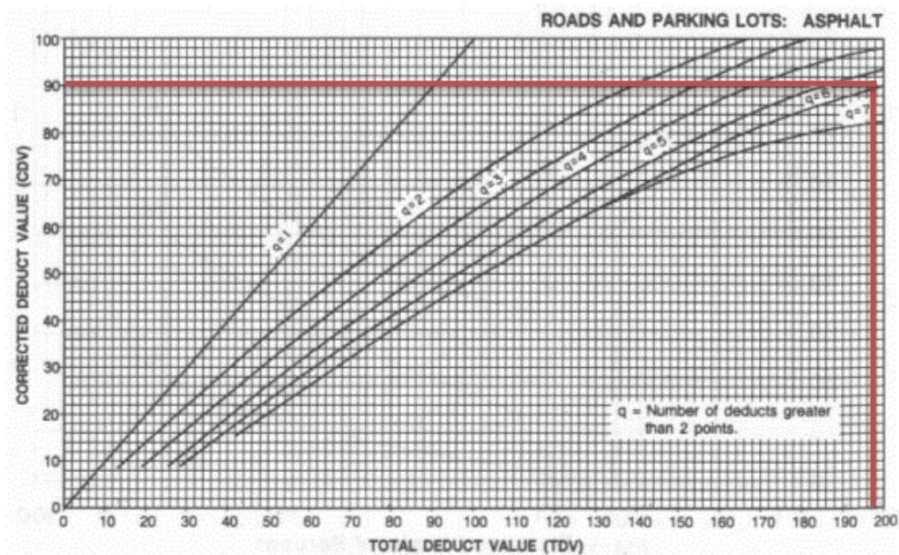
Tabla n.º 11. Calculo del máximo valor deducido corregido.

Nº	Valores Deducidos						VDT	q	VDC	
1	58.96	48.90	28.92	21.45	20.63	16.97	0.00	196	6	91
2	58.96	48.90	28.92	21.45	20.63	2.00		181	5	90
3	58.96	48.90	28.92	21.45	2.00	2.00		162	4	86
4	58.96	48.90	28.92	2.00	2.00	2.00		143	3	84
5	58.96	48.90	2.00	2.00	2.00	2.00		116	2	80
6	58.96	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		69	1	69
								VDC	91	

Elaboración: *del autor*.

El Valor Deducido Corregido (CDV), se determina a partir de “q” y el “Valor Deducido Total”, para lo cual utilizamos la curva de corrección para pavimento flexible. En nuestro ejemplo, para el **VDT = 196** y “q” = 6, obtenemos un **CDV = 91**. El PCI de la unidad de muestreo se calcula usando la expresión: **PCI=100-máxVDC**. Para nuestro ejemplo, el máxVDC es 91, lo que nos da un índice PCI = 9, clasificando al pavimento como “fallado”.

Figura n.º 40. Uso del grafico para obtener el VDC.



Elaboración: del autor.

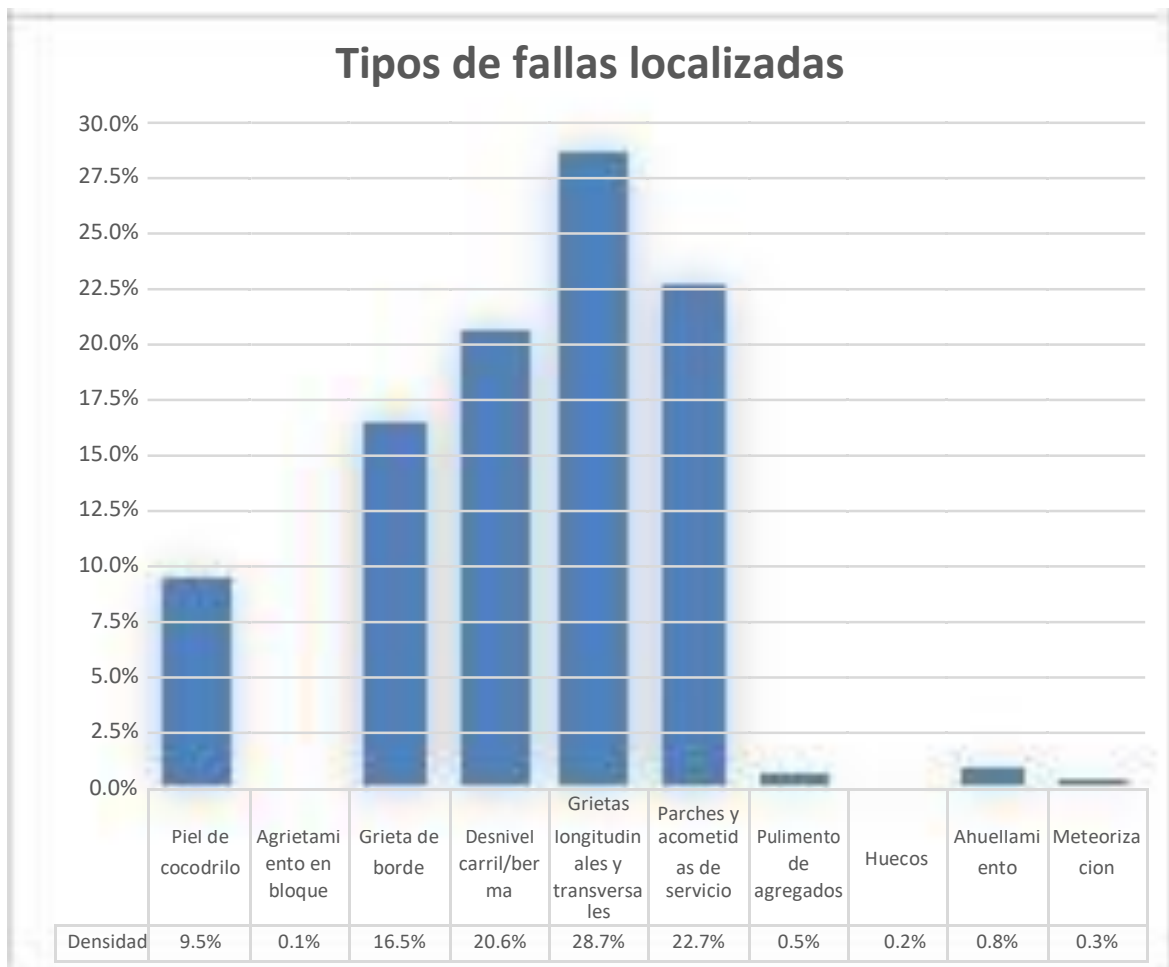
Para el presente trabajo, el cálculo del índice de PCI de las unidades de muestreo, se realizó mediante hojas de cálculo de Excel programadas, las cuales se generaron siguiendo el procedimiento establecido en la norma ASTM D 6433-03.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Tipos de fallas localizadas

En el gráfico n° 1 se muestran los diferentes tipos de fallas localizadas y su densidad en toda la vía. En el anexo n° 2 se muestran los datos de forma más detallada.

Gráfico n.º 1. Resultados de tipos de fallas localizadas.



Nota: porcentajes en base a la densidad total de fallas.

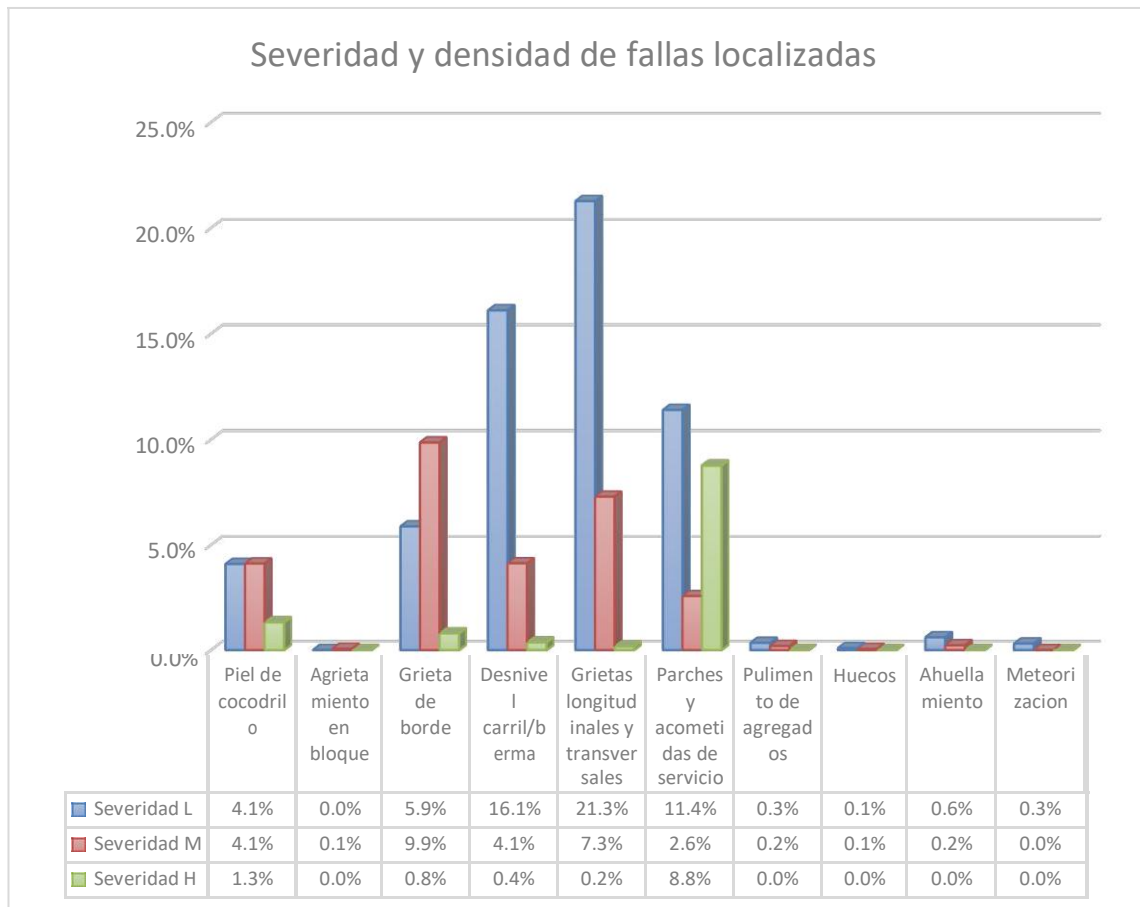
Elaboración: del autor.

De los resultados, el tipo de falla en mayor cantidad en la vía es “grietas longitudinales y transversales”, con el 28,7% sobre la cantidad total de fallas identificadas, seguida de la falla tipo “parches y acometidas de servicios” con el 22,7%, en tercer lugar con el 20,6%, se encuentran las fallas tipo “desnivel carril/berma”, por ultimo tenemos las fallas “grieta de borde” y “piel de cocodrilo” con 16,5% y 9,5% respectivamente.

4.2. Severidad y densidad de fallas localizadas

En el gráfico n° 2 se muestran los tipos de fallas y su cantidad (en porcentaje) por nivel de severidad localizada en todas las secciones de pavimento inspeccionadas. En el anexo n° 2 se muestran los datos de forma más detallada.

Gráfico n. ° 2. Resultados por severidad y densidad de fallas localizadas.



Elaboración: del autor.

El 60,1% de las fallas localizadas en el pavimento son de severidad “L” (Bajo), seguido de las fallas de severidad “M” (Medio) con el 28,5% y por último las fallas de severidad “H” (Alto) con el 11,4%. Además, de las fallas con nivel de severidad “H”, la falla del tipo “parches y acometidas de servicios” ocupa la mayor densidad en la vía con el 8,8%.

4.3. Clasificación del pavimento por sección de pavimento

A continuación, se presentan los resultados del PCI de las secciones de pavimento, el cual es igual al promedio de los datos obtenidos de cada unidad de muestreo. Así también, el gráfico n° 3 muestra los resultados en porcentaje.

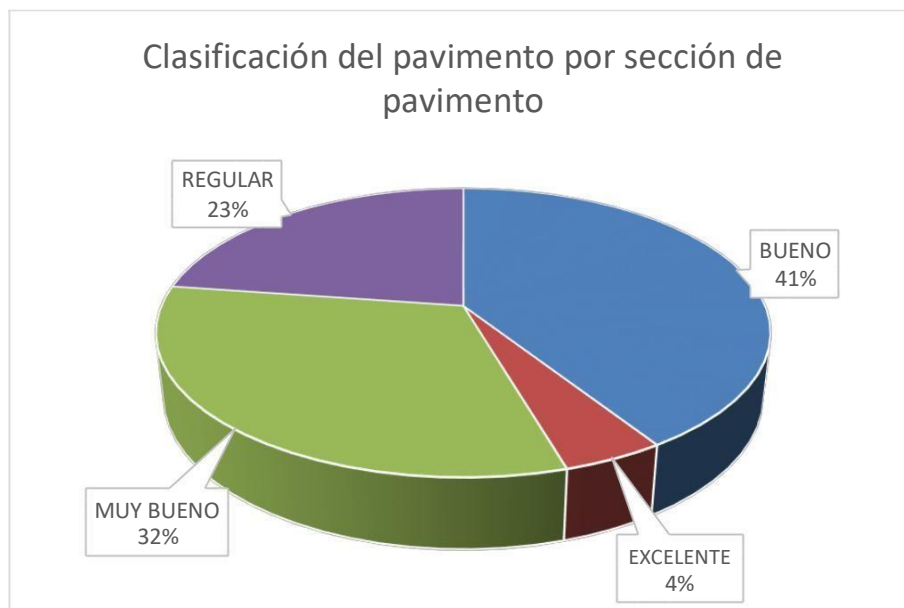
Tabla n.º 12. Índice PCI y clasificación del pavimento por sección de pavimento.

Sección	Unidades de muestreo	Progresiva		PCI	Clasificación
		Inicial	Final		
1	40	196+000	197+000	82.7	Muy bueno
2	40	197+000	198+000	73.9	Muy bueno
3	40	198+000	199+000	82.2	Muy bueno
4	40	199+000	200+000	74.2	Muy bueno
5	40	200+000	201+000	71.6	Muy bueno
6	40	201+000	202+000	60.6	Bueno
7	40	202+000	203+000	90.5	Excelente
8	40	203+000	204+000	69.0	Bueno
9	40	204+000	205+000	42.1	Regular
10	40	205+000	206+000	54.1	Regular
11	40	206+000	207+000	71.1	Muy bueno
12	40	207+000	208+000	42.2	Regular
13	40	208+000	209+000	54.9	Bueno
14	40	209+000	210+000	63.8	Bueno

15	40	210+000	211+000	68.1	Bueno
16	40	211+000	212+000	62.3	Bueno
17	40	212+000	213+000	71.1	Muy bueno
18	40	213+000	214+000	67.4	Bueno
19	40	214+000	215+000	57.9	Bueno
20	40	215+000	216+000	42.3	Regular
21	40	216+000	217+000	53.9	Regular
22	40	217+000	218+000	66.1	Bueno

Elaboración: del autor

Gráfico n. ° 3. Resultados según clasificación del pavimento por sección de pavimento.



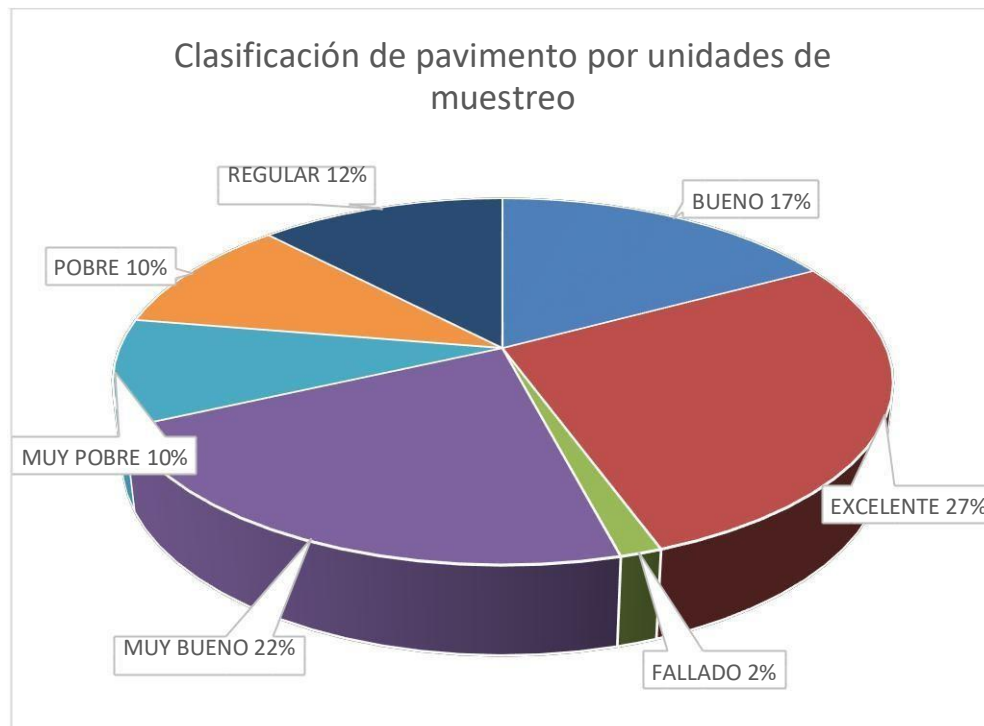
Elaboración: del autor

De las 22 secciones de pavimento inspeccionadas, el 41% (9) presentan un estado de pavimento Bueno, el 32% (7) tienen una clasificación de Muy Bueno, seguido del 23% (5) que clasifica como pavimento Regular y el 4% se encuentra en estado Excelente (1).

4.4. Clasificación del pavimento por unidades de muestreo

En el gráfico n° 4, se presentan los resultados según la clasificación de pavimentos de las unidades de muestreo.

Gráfico n. ° 4. Resultados de clasificación de pavimento por unidades de muestreo.



Elaboración: del autor

Los resultados muestran que el 27% (238) de las 880 unidades de muestreo inspeccionadas tienen una clasificación de pavimento “Excelente”, seguido del 22% (194) y 17% (150) de unidades de muestreo clasificados como “Muy bueno” y “Bueno”, respectivamente; las unidades de muestreo con una clasificación “Regular” conforman el 12% (105), y lo siguen las unidades con una clasificación “Pobre” y “Muy pobre”, ambas con el 10% (88); por último, las unidades de muestreo clasificadas como pavimento “Fallado”, con el 2% (17).

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

La aplicación del método PCI nos ayudó a identificar los tipos de fallas con mayor densidad en la vía en estudio, las cuales fueron: grietas longitudinales y transversales, parches, grieta de borde, desnivel carril/berma y piel de cocodrilo. Además, el 60,1% de las fallas son de severidad “L” (bajo), lo que nos indica que el pavimento del tramo 3 de la carretera se encuentra en un estado donde las fallas no afectan la calidad de servicio o son apenas percibidas por el usuario. Esto se debe a los trabajos de sellado de grietas que se vienen realizando a lo largo de la vía.

Aunque los resultados indican que el 77% (17) de las 22 secciones de pavimento inspeccionadas presentan un estado de pavimento entre bueno y excelente, el 22% (190) de las 880 unidades evaluadas tienen un estado de pavimento entre Pobre y Fallado, lo cual es causado por las fallas con un nivel de severidad alto y pueden clasificar como fallas estructurales, las cuales afectan a una o más capas estructurales del pavimento.

Aunque el método del PCI permite evaluar y determinar de forma práctica y eficiente el grado de severidad de los diferentes tipos de fallas, no proporciona la medición directa de la resistencia de rodadura, rugosidad o capacidad estructural del pavimento. Por lo que en algunos casos es conveniente realizar otros tipos de estudios, a fin de complementar la información obtenida.

CONCLUSIONES

Tras la evaluación, se identificaron 10 tipos de fallas en el pavimento de la vía en estudio, de los cuales, el 98,1% corresponden a las fallas del tipo: grietas longitudinales y transversales, parches y acometidas de servicios, desnivel carril/berma, grietas de borde y piel de Cocodrilo.

El 60,1% de las fallas localizadas en el pavimento son de baja severidad (L), lo que indica que la mayor parte de la vía sufre daño superficial, ya que estas fallas solo causan deterioro a la capa de rodadura; por otra parte, las fallas de mediana severidad (M), que abarcan el 28,5%, podrían estar causando deterioro a la estructura del pavimento, para lo cual se debe realizar las acciones de mantenimiento y evitar que su severidad sea mayor; por último están las fallas de alta severidad (H) con el 11,4%, siendo el 8,8% del tipo “parches y acometidas de servicios”, a este nivel de severidad, el deterioro de la estructura del pavimento es mayor, por lo que los trabajos de rehabilitación pueden ser necesarios.

El 77% de las 22 secciones de pavimento inspeccionadas se encuentran en un estado de pavimento entre bueno y excelente. Esto se puede atribuir a que las fallas de baja severidad se encuentran en mayor cantidad por la vía.

El índice de PCI de la vía fue de 64 con una desviación estándar de ± 13 , el cual se determinó promediando el PCI de todas las secciones del pavimento, con lo que se concluye que el pavimento de la vía se encuentra en un estado de conservación entre bueno y regular.

En comparación con el método VIZIR, el método PCI es más conservador, ya que posee 7 rangos para calificar el estado del pavimento, que va desde 0 para un pavimento fallado hasta 100 para uno en excelente estado. Además, cuenta con 19 tipos de fallas para evaluar la superficie del pavimento asfáltico, incluyendo los daños estructurales y superficiales. Por su parte, el método VIZIR, sólo tiene 3 rangos de calificación las cuales son: 1-2 superficie en buenas condiciones, 3-4 superficies en regular estado y 5-6 y 7 superficies en deficiente condición. Así mismo, el método VIZIR sólo considera los daños tipo A que son daños estructurales, y desprecia los daños tipo B que son superficiales. Sin embargo, un punto a favor del método VIZIR, es su sencillez, facilidad y rapidez para realizar los cálculos para ponderar la calificación, mientras que el método PCI es un poco más compleja.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar ensayos destructivos (calicatas en pavimento) en las zonas donde se ubican las unidades de muestreo cuyo índice de PCI indica que el estado del pavimento es entre pobre y fallado.

Es recomendable realizar ensayos de evaluación estructural con el fin de verificar la información de la evaluación realizada con ensayos destructivos.

Con el propósito de verificar la calidad de la carpeta asfáltica, se recomienda realizar la extracción de muestras diamantinas del pavimento y realizar el ensayo de Lavado Asfáltico en las zonas donde se realicen los ensayos destructivos.

Se recomienda realizar un plan de monitoreo del estado del pavimento, para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se puede identificar con anticipación las necesidades de rehabilitación y mantenimiento de la vía.

REFERENCIAS

- Acosta Barreto, C. L., & Rubiano Álvarez, A. C. (2017). *Identificación de Patologías en Pavimentos del Corredor Siberia – Tenjo por medio del Método PCI E INVIAS y Reconocimiento de Especies Arbóreas Contiguas al Tramo*. Bogotá, D.C: Universidad Santo Tomás.
- ASTM. (2003). *ASTM D-6433-03, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. Pensilvania - USA: ASTM.
- Bolaños Tauma, J. J. (2015). *Identificación, diagnóstico y remediación de las patologías del Pavimento Flexible del Jr. Amalia Puga y la Av. De los héroes - Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Corea y Asociados S.A., C. (2008). *Manual para la Revisión de Diseños de Pavimentos*. Managua: Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- Dávila Vidarte, D. J., Huangal Castañeda, N. E., & Salazar Bravo, W. A. (2017). *Aplicación del Método del PCI en la Evaluación Superficial del Pavimento Rígido de la Vía Canal de la Av. Chiclayo, Distrito José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, Periodo 2016*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruis Gallo.
- Gamboa Chicchón, K. P. (2009). *Cálculo del Índice de Condicion Aplicado en el Pavimento Flexible en la Av. Las Palmeras de Piura*. Piura: Universidad de Piura.
- Google. (2018, 07 15). *googleearth*. Retrieved from <https://earth.google.com/web/>
- Iirsa Norte, C. (2018, 07 15). *iirsanorte web*. Retrieved from <https://www.iirsanorte.com.pe/mapa/>
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2018, 08 18). <http://dev2.construccion.org/>. Retrieved from <http://dev2.construccion.org/biblioteca/articulo/software-para-evaluacion-pavimentos-aeropuertos-carreteras-superficie-asfaltica-carreteras-pavimentadas-1513>
- Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A. (2009). *Manual de Evaluación de Pavimentos*. Venezuela: INVEAS.
- Menéndez, J. R. (2003). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual técnico*. Lima: Organización Internacional del Trabajo.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Bogotá: Agora Editores.
- MTC. (2007). *Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras*. Lima: MTC.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras: Conservación Vial*. Lima: MTC.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - (EG 2013)*. Lima: MTC PERÚ.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: MTC PERÚ.
- Pacheco Risco, H. F., & Leguía Loarte, P. B. (2016). *Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) en las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colón Y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)*. Lima: Universidad de San Martín de Porres.

- Rabanal Pajares, J. E. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del Pavimento*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Robles Bustios, R. (2015). *Calculo del Indice de Condicion del Pavimento (PCI) Barranco - Surco - Lima*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Rodríguez Velásquez, E. D. (2009). *Cálculo del Índice de Condicion del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla*. Piura: Universidad de Piura.
- Sanchez Sabogal, F. (2009). *Curso Básico de Pavimentos*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sotil Chávez, A. (2010). *Sistematización de Información sobre Diseño, Gestión, Construcción y Reparación de Pavimentos Urbanos*. Lima: SENCICO.
- Vásquez Valera, L. R. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*. Manizales: INGEPAV.
- Vásquez Valera, L. R. (2006). *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras*. Manizales - Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

ANEXOS

Anexo n° 1. Resultados de PCI y clasificación de pavimento por unidades de muestreo.....	75
Anexo n° 2. Tipo, cantidad y densidad de fallas identificadas por sección de pavimento....	97
Anexo n° 3. Fotografías.	105
Anexo n° 4. Catálogo de fallas	111
Anexo n° 5. Curvas para determinar VD y CDV en pavimentos asfálticos.....	126
Anexo n° 6. Formatos de la evaluación del estado del pavimento	136

Anexo n° 1. Resultados de PCI y clasificación de pavimento por unidades de muestreo.

Seccion	Unidad de muestreo	Progresiva		PCI	Clasificación
		Inicial	Final		
1	1	196+000	196+025	100	Excelente
1	2	196+025	196+050	40	Regular
1	3	196+050	196+075	99	Excelente
1	4	196+075	196+100	100	Excelente
1	5	196+100	196+125	100	Excelente
1	6	196+125	196+150	100	Excelente
1	7	196+150	196+175	100	Excelente
1	8	196+175	196+200	100	Excelente
1	9	196+200	196+225	97	Excelente
1	10	196+225	196+250	93	Excelente
1	11	196+250	196+275	100	Excelente
1	12	196+275	196+300	77	Muy bueno
1	13	196+300	196+325	99	Excelente
1	14	196+325	196+350	94	Excelente
1	15	196+350	196+375	93	Excelente
1	16	196+375	196+400	100	Excelente
1	17	196+400	196+425	93	Excelente
1	18	196+425	196+450	95	Excelente
1	19	196+450	196+475	93	Excelente
1	20	196+475	196+500	87	Excelente
1	21	196+500	196+525	74	Muy bueno
1	22	196+525	196+550	21	Muy pobre
1	23	196+550	196+575	45	Regular
1	24	196+575	196+600	85	Muy bueno
1	25	196+600	196+625	51	Regular
1	26	196+625	196+650	85	Muy bueno
1	27	196+650	196+675	26	Pobre
1	28	196+675	196+700	100	Excelente
1	29	196+700	196+725	75	Muy bueno
1	30	196+725	196+750	88	Excelente
1	31	196+750	196+775	73	Muy bueno
1	32	196+775	196+800	35	Pobre
1	33	196+800	196+825	46	Regular
1	34	196+825	196+850	64	Bueno
1	35	196+850	196+875	94	Excelente
1	36	196+875	196+900	83	Muy bueno
1	37	196+900	196+925	66	Bueno

1	38	196+925	196+950	87	Excelente
1	39	196+950	196+975	78	Muy bueno
1	40	196+975	197+000	89	Excelente
2	41	197+000	197+025	77	Muy bueno
2	42	197+025	197+050	92	Excelente
2	43	197+050	197+075	86	Excelente
2	44	197+075	197+100	69	Bueno
2	45	197+100	197+125	85	Muy bueno
2	46	197+125	197+150	82	Muy bueno
2	47	197+150	197+175	83	Muy bueno
2	48	197+175	197+200	81	Muy bueno
2	49	197+200	197+225	91	Excelente
2	50	197+225	197+250	87	Excelente
2	51	197+250	197+275	98	Excelente
2	52	197+275	197+300	94	Excelente
2	53	197+300	197+325	100	Excelente
2	54	197+325	197+350	94	Excelente
2	55	197+350	197+375	77	Muy bueno
2	56	197+375	197+400	72	Muy bueno
2	57	197+400	197+425	93	Excelente
2	58	197+425	197+450	91	Excelente
2	59	197+450	197+475	79	Muy bueno
2	60	197+475	197+500	77	Muy bueno
2	61	197+500	197+525	100	Excelente
2	62	197+525	197+550	83	Muy bueno
2	63	197+550	197+575	100	Excelente
2	64	197+575	197+600	67	Bueno
2	65	197+600	197+625	72	Muy bueno
2	66	197+625	197+650	79	Muy bueno
2	67	197+650	197+675	72	Muy bueno
2	68	197+675	197+700	82	Muy bueno
2	69	197+700	197+725	67	Bueno
2	70	197+725	197+750	68	Bueno
2	71	197+750	197+775	87	Excelente
2	72	197+775	197+800	63	Bueno
2	73	197+800	197+825	22	Muy pobre
2	74	197+825	197+850	52	Regular
2	75	197+850	197+875	50	Regular
2	76	197+875	197+900	12	Muy pobre
2	77	197+900	197+925	10	Muy pobre
2	78	197+925	197+950	68	Bueno

2	79	197+950	197+975	66	Bueno
2	80	197+975	198+000	27	Pobre
3	81	198+000	198+025	85	Muy bueno
3	82	198+025	198+050	90	Excelente
3	83	198+050	198+075	49	Regular
3	84	198+075	198+100	73	Muy bueno
3	85	198+100	198+125	68	Bueno
3	86	198+125	198+150	82	Muy bueno
3	87	198+150	198+175	82	Muy bueno
3	88	198+175	198+200	88	Excelente
3	89	198+200	198+225	41	Regular
3	90	198+225	198+250	94	Excelente
3	91	198+250	198+275	75	Muy bueno
3	92	198+275	198+300	81	Muy bueno
3	93	198+300	198+325	77	Muy bueno
3	94	198+325	198+350	64	Bueno
3	95	198+350	198+375	77	Muy bueno
3	96	198+375	198+400	78	Muy bueno
3	97	198+400	198+425	74	Muy bueno
3	98	198+425	198+450	76	Muy bueno
3	99	198+450	198+475	77	Muy bueno
3	100	198+475	198+500	100	Excelente
3	101	198+500	198+525	90	Excelente
3	102	198+525	198+550	85	Muy bueno
3	103	198+550	198+575	85	Muy bueno
3	104	198+575	198+600	83	Muy bueno
3	105	198+600	198+625	92	Excelente
3	106	198+625	198+650	90	Excelente
3	107	198+650	198+675	94	Excelente
3	108	198+675	198+700	88	Excelente
3	109	198+700	198+725	88	Excelente
3	110	198+725	198+750	88	Excelente
3	111	198+750	198+775	100	Excelente
3	112	198+775	198+800	94	Excelente
3	113	198+800	198+825	90	Excelente
3	114	198+825	198+850	93	Excelente
3	115	198+850	198+875	90	Excelente
3	116	198+875	198+900	41	Regular
3	117	198+900	198+925	90	Excelente
3	118	198+925	198+950	90	Excelente
3	119	198+950	198+975	90	Excelente

3	120	198+975	199+000	85	Muy bueno
4	121	199+000	199+025	81	Muy bueno
4	122	199+025	199+050	100	Excelente
4	123	199+050	199+075	85	Muy bueno
4	124	199+075	199+100	94	Excelente
4	125	199+100	199+125	63	Bueno
4	126	199+125	199+150	100	Excelente
4	127	199+150	199+175	96	Excelente
4	128	199+175	199+200	100	Excelente
4	129	199+200	199+225	82	Muy bueno
4	130	199+225	199+250	74	Muy bueno
4	131	199+250	199+275	97	Excelente
4	132	199+275	199+300	67	Bueno
4	133	199+300	199+325	75	Muy bueno
4	134	199+325	199+350	70	Muy bueno
4	135	199+350	199+375	72	Muy bueno
4	136	199+375	199+400	87	Excelente
4	137	199+400	199+425	88	Excelente
4	138	199+425	199+450	72	Muy bueno
4	139	199+450	199+475	75	Muy bueno
4	140	199+475	199+500	76	Muy bueno
4	141	199+500	199+525	85	Excelente
4	142	199+525	199+550	73	Muy bueno
4	143	199+550	199+575	90	Excelente
4	144	199+575	199+600	88	Excelente
4	145	199+600	199+625	93	Excelente
4	146	199+625	199+650	95	Excelente
4	147	199+650	199+675	90	Excelente
4	148	199+675	199+700	93	Excelente
4	149	199+700	199+725	84	Muy bueno
4	150	199+725	199+750	71	Muy bueno
4	151	199+750	199+775	100	Excelente
4	152	199+775	199+800	18	Muy pobre
4	153	199+800	199+825	15	Muy pobre
4	154	199+825	199+850	26	Pobre
4	155	199+850	199+875	13	Muy pobre
4	156	199+875	199+900	17	Muy pobre
4	157	199+900	199+925	35	Pobre
4	158	199+925	199+950	62	Bueno
4	159	199+950	199+975	39	Pobre
4	160	199+975	200+000	90	Excelente

5	161	200+000	200+025	82	Muy bueno
5	162	200+025	200+050	96	Excelente
5	163	200+050	200+075	70	Muy bueno
5	164	200+075	200+100	100	Excelente
5	165	200+100	200+125	100	Excelente
5	166	200+125	200+150	100	Excelente
5	167	200+150	200+175	100	Excelente
5	168	200+175	200+200	100	Excelente
5	169	200+200	200+225	42	Regular
5	170	200+225	200+250	19	Muy pobre
5	171	200+250	200+275	28	Pobre
5	172	200+275	200+300	34	Pobre
5	173	200+300	200+325	27	Pobre
5	174	200+325	200+350	13	Muy pobre
5	175	200+350	200+375	23	Muy pobre
5	176	200+375	200+400	23	Muy pobre
5	177	200+400	200+425	22	Muy pobre
5	178	200+425	200+450	20	Muy pobre
5	179	200+450	200+475	94	Excelente
5	180	200+475	200+500	90	Excelente
5	181	200+500	200+525	94	Excelente
5	182	200+525	200+550	96	Excelente
5	183	200+550	200+575	100	Excelente
5	184	200+575	200+600	94	Excelente
5	185	200+600	200+625	97	Excelente
5	186	200+625	200+650	92	Excelente
5	187	200+650	200+675	93	Excelente
5	188	200+675	200+700	91	Excelente
5	189	200+700	200+725	96	Excelente
5	190	200+725	200+750	70	Bueno
5	191	200+750	200+775	85	Excelente
5	192	200+775	200+800	90	Excelente
5	193	200+800	200+825	95	Excelente
5	194	200+825	200+850	58	Bueno
5	195	200+850	200+875	60	Bueno
5	196	200+875	200+900	92	Excelente
5	197	200+900	200+925	77	Muy bueno
5	198	200+925	200+950	51	Regular
5	199	200+950	200+975	55	Bueno
5	200	200+975	201+000	96	Excelente
6	201	201+000	201+025	95	Excelente

6	202	201+025	201+050	92	Excelente
6	203	201+050	201+075	94	Excelente
6	204	201+075	201+100	97	Excelente
6	205	201+100	201+125	100	Excelente
6	206	201+125	201+150	95	Excelente
6	207	201+150	201+175	96	Excelente
6	208	201+175	201+200	100	Excelente
6	209	201+200	201+225	97	Excelente
6	210	201+225	201+250	95	Excelente
6	211	201+250	201+275	97	Excelente
6	212	201+275	201+300	95	Excelente
6	213	201+300	201+325	98	Excelente
6	214	201+325	201+350	77	Muy bueno
6	215	201+350	201+375	86	Excelente
6	216	201+375	201+400	94	Excelente
6	217	201+400	201+425	72	Muy bueno
6	218	201+425	201+450	82	Muy bueno
6	219	201+450	201+475	11	Muy pobre
6	220	201+475	201+500	11	Muy pobre
6	221	201+500	201+525	17	Muy pobre
6	222	201+525	201+550	11	Muy pobre
6	223	201+550	201+575	76	Muy bueno
6	224	201+575	201+600	58	Bueno
6	225	201+600	201+625	19	Muy pobre
6	226	201+625	201+650	19	Muy pobre
6	227	201+650	201+675	20	Muy pobre
6	228	201+675	201+700	81	Muy bueno
6	229	201+700	201+725	96	Excelente
6	230	201+725	201+750	24	Muy pobre
6	231	201+750	201+775	25	Muy pobre
6	232	201+775	201+800	21	Muy pobre
6	233	201+800	201+825	11	Muy pobre
6	234	201+825	201+850	18	Muy pobre
6	235	201+850	201+875	17	Muy pobre
6	236	201+875	201+900	19	Muy pobre
6	237	201+900	201+925	18	Muy pobre
6	238	201+925	201+950	25	Muy pobre
6	239	201+950	201+975	81	Muy bueno
6	240	201+975	202+000	83	Muy bueno
7	241	202+000	202+025	88	Excelente
7	242	202+025	202+050	87	Excelente

7	243	202+050	202+075	91	Excelente
7	244	202+075	202+100	96	Excelente
7	245	202+100	202+125	97	Excelente
7	246	202+125	202+150	97	Excelente
7	247	202+150	202+175	93	Excelente
7	248	202+175	202+200	96	Excelente
7	249	202+200	202+225	97	Excelente
7	250	202+225	202+250	100	Excelente
7	251	202+250	202+275	96	Excelente
7	252	202+275	202+300	97	Excelente
7	253	202+300	202+325	98	Excelente
7	254	202+325	202+350	92	Excelente
7	255	202+350	202+375	88	Excelente
7	256	202+375	202+400	89	Excelente
7	257	202+400	202+425	73	Muy bueno
7	258	202+425	202+450	70	Bueno
7	259	202+450	202+475	67	Bueno
7	260	202+475	202+500	70	Muy bueno
7	261	202+500	202+525	88	Excelente
7	262	202+525	202+550	97	Excelente
7	263	202+550	202+575	93	Excelente
7	264	202+575	202+600	94	Excelente
7	265	202+600	202+625	96	Excelente
7	266	202+625	202+650	100	Excelente
7	267	202+650	202+675	69	Bueno
7	268	202+675	202+700	100	Excelente
7	269	202+700	202+725	100	Excelente
7	270	202+725	202+750	94	Excelente
7	271	202+750	202+775	94	Excelente
7	272	202+775	202+800	91	Excelente
7	273	202+800	202+825	94	Excelente
7	274	202+825	202+850	93	Excelente
7	275	202+850	202+875	93	Excelente
7	276	202+875	202+900	94	Excelente
7	277	202+900	202+925	94	Excelente
7	278	202+925	202+950	91	Excelente
7	279	202+950	202+975	82	Muy bueno
7	280	202+975	203+000	80	Muy bueno
8	281	203+000	203+025	94	Excelente
8	282	203+025	203+050	94	Excelente
8	283	203+050	203+075	94	Excelente

8	284	203+075	203+100	95	Excelente
8	285	203+100	203+125	100	Excelente
8	286	203+125	203+150	96	Excelente
8	287	203+150	203+175	95	Excelente
8	288	203+175	203+200	88	Excelente
8	289	203+200	203+225	92	Excelente
8	290	203+225	203+250	90	Excelente
8	291	203+250	203+275	100	Excelente
8	292	203+275	203+300	72	Muy bueno
8	293	203+300	203+325	34	Pobre
8	294	203+325	203+350	17	Muy pobre
8	295	203+350	203+375	70	Muy bueno
8	296	203+375	203+400	24	Muy pobre
8	297	203+400	203+425	81	Muy bueno
8	298	203+425	203+450	80	Muy bueno
8	299	203+450	203+475	66	Bueno
8	300	203+475	203+500	87	Excelente
8	301	203+500	203+525	88	Excelente
8	302	203+525	203+550	55	Bueno
8	303	203+550	203+575	69	Bueno
8	304	203+575	203+600	75	Muy bueno
8	305	203+600	203+625	78	Muy bueno
8	306	203+625	203+650	69	Bueno
8	307	203+650	203+675	50	Regular
8	308	203+675	203+700	62	Bueno
8	309	203+700	203+725	73	Muy bueno
8	310	203+725	203+750	65	Bueno
8	311	203+750	203+775	38	Pobre
8	312	203+775	203+800	17	Muy pobre
8	313	203+800	203+825	15	Muy pobre
8	314	203+825	203+850	16	Muy pobre
8	315	203+850	203+875	68	Bueno
8	316	203+875	203+900	44	Regular
8	317	203+900	203+925	57	Bueno
8	318	203+925	203+950	59	Bueno
8	319	203+950	203+975	94	Excelente
8	320	203+975	204+000	100	Excelente
9	321	204+000	204+025	100	Excelente
9	322	204+025	204+050	99	Excelente
9	323	204+050	204+075	86	Excelente
9	324	204+075	204+100	55	Regular

9	325	204+100	204+125	21	Muy pobre
9	326	204+125	204+150	15	Muy pobre
9	327	204+150	204+175	64	Bueno
9	328	204+175	204+200	22	Muy pobre
9	329	204+200	204+225	28	Pobre
9	330	204+225	204+250	16	Muy pobre
9	331	204+250	204+275	6	Fallado
9	332	204+275	204+300	4	Fallado
9	333	204+300	204+325	24	Muy pobre
9	334	204+325	204+350	28	Pobre
9	335	204+350	204+375	56	Bueno
9	336	204+375	204+400	23	Muy pobre
9	337	204+400	204+425	20	Muy pobre
9	338	204+425	204+450	64	Bueno
9	339	204+450	204+475	72	Muy bueno
9	340	204+475	204+500	12	Muy pobre
9	341	204+500	204+525	25	Muy pobre
9	342	204+525	204+550	56	Bueno
9	343	204+550	204+575	17	Muy pobre
9	344	204+575	204+600	65	Bueno
9	345	204+600	204+625	47	Regular
9	346	204+625	204+650	48	Regular
9	347	204+650	204+675	37	Pobre
9	348	204+675	204+700	69	Bueno
9	349	204+700	204+725	15	Muy pobre
9	350	204+725	204+750	3	Fallado
9	351	204+750	204+775	36	Pobre
9	352	204+775	204+800	53	Regular
9	353	204+800	204+825	28	Pobre
9	354	204+825	204+850	41	Regular
9	355	204+850	204+875	64	Bueno
9	356	204+875	204+900	47	Regular
9	357	204+900	204+925	61	Bueno
9	358	204+925	204+950	20	Muy pobre
9	359	204+950	204+975	66	Bueno
9	360	204+975	205+000	53	Regular
10	361	205+000	205+025	66	Bueno
10	362	205+025	205+050	40	Regular
10	363	205+050	205+075	38	Pobre
10	364	205+075	205+100	56	Bueno
10	365	205+100	205+125	62	Bueno

10	366	205+125	205+150	57	Bueno
10	367	205+150	205+175	68	Bueno
10	368	205+175	205+200	66	Bueno
10	369	205+200	205+225	70	Bueno
10	370	205+225	205+250	67	Bueno
10	371	205+250	205+275	72	Muy bueno
10	372	205+275	205+300	87	Excelente
10	373	205+300	205+325	96	Excelente
10	374	205+325	205+350	70	Muy bueno
10	375	205+350	205+375	48	Regular
10	376	205+375	205+400	15	Muy pobre
10	377	205+400	205+425	10	Muy pobre
10	378	205+425	205+450	9	Fallado
10	379	205+450	205+475	15	Muy pobre
10	380	205+475	205+500	100	Excelente
10	381	205+500	205+525	58	Bueno
10	382	205+525	205+550	66	Bueno
10	383	205+550	205+575	85	Muy bueno
10	384	205+575	205+600	85	Excelente
10	385	205+600	205+625	62	Bueno
10	386	205+625	205+650	94	Excelente
10	387	205+650	205+675	92	Excelente
10	388	205+675	205+700	81	Muy bueno
10	389	205+700	205+725	77	Muy bueno
10	390	205+725	205+750	71	Muy bueno
10	391	205+750	205+775	72	Muy bueno
10	392	205+775	205+800	58	Bueno
10	393	205+800	205+825	17	Muy pobre
10	394	205+825	205+850	18	Muy pobre
10	395	205+850	205+875	18	Muy pobre
10	396	205+875	205+900	18	Muy pobre
10	397	205+900	205+925	26	Pobre
10	398	205+925	205+950	19	Muy pobre
10	399	205+950	205+975	18	Muy pobre
10	400	205+975	206+000	18	Muy pobre
11	401	206+000	206+025	18	Muy pobre
11	402	206+025	206+050	49	Regular
11	403	206+050	206+075	85	Muy bueno
11	404	206+075	206+100	81	Muy bueno
11	405	206+100	206+125	89	Excelente
11	406	206+125	206+150	94	Excelente

11	407	206+150	206+175	89	Excelente
11	408	206+175	206+200	92	Excelente
11	409	206+200	206+225	75	Muy bueno
11	410	206+225	206+250	45	Regular
11	411	206+250	206+275	38	Pobre
11	412	206+275	206+300	64	Bueno
11	413	206+300	206+325	39	Pobre
11	414	206+325	206+350	63	Bueno
11	415	206+350	206+375	84	Muy bueno
11	416	206+375	206+400	87	Excelente
11	417	206+400	206+425	63	Bueno
11	418	206+425	206+450	84	Muy bueno
11	419	206+450	206+475	70	Muy bueno
11	420	206+475	206+500	65	Bueno
11	421	206+500	206+525	49	Regular
11	422	206+525	206+550	12	Muy pobre
11	423	206+550	206+575	32	Pobre
11	424	206+575	206+600	23	Muy pobre
11	425	206+600	206+625	54	Regular
11	426	206+625	206+650	32	Pobre
11	427	206+650	206+675	41	Regular
11	428	206+675	206+700	89	Excelente
11	429	206+700	206+725	96	Excelente
11	430	206+725	206+750	91	Excelente
11	431	206+750	206+775	86	Excelente
11	432	206+775	206+800	98	Excelente
11	433	206+800	206+825	100	Excelente
11	434	206+825	206+850	75	Muy bueno
11	435	206+850	206+875	97	Excelente
11	436	206+875	206+900	96	Excelente
11	437	206+900	206+925	100	Excelente
11	438	206+925	206+950	100	Excelente
11	439	206+950	206+975	96	Excelente
11	440	206+975	207+000	100	Excelente
12	441	207+000	207+025	61	Bueno
12	442	207+025	207+050	88	Excelente
12	443	207+050	207+075	70	Muy bueno
12	444	207+075	207+100	63	Bueno
12	445	207+100	207+125	72	Muy bueno
12	446	207+125	207+150	88	Excelente
12	447	207+150	207+175	58	Bueno

12	448	207+175	207+200	55	Bueno
12	449	207+200	207+225	48	Regular
12	450	207+225	207+250	38	Pobre
12	451	207+250	207+275	53	Regular
12	452	207+275	207+300	27	Pobre
12	453	207+300	207+325	46	Regular
12	454	207+325	207+350	32	Pobre
12	455	207+350	207+375	23	Muy pobre
12	456	207+375	207+400	51	Regular
12	457	207+400	207+425	38	Pobre
12	458	207+425	207+450	70	Muy bueno
12	459	207+450	207+475	93	Excelente
12	460	207+475	207+500	77	Muy bueno
12	461	207+500	207+525	64	Bueno
12	462	207+525	207+550	57	Bueno
12	463	207+550	207+575	55	Bueno
12	464	207+575	207+600	59	Bueno
12	465	207+600	207+625	38	Pobre
12	466	207+625	207+650	19	Muy pobre
12	467	207+650	207+675	37	Pobre
12	468	207+675	207+700	39	Pobre
12	469	207+700	207+725	35	Pobre
12	470	207+725	207+750	4	Fallado
12	471	207+750	207+775	3	Fallado
12	472	207+775	207+800	5	Fallado
12	473	207+800	207+825	3	Fallado
12	474	207+825	207+850	2	Fallado
12	475	207+850	207+875	15	Muy pobre
12	476	207+875	207+900	18	Muy pobre
12	477	207+900	207+925	5	Fallado
12	478	207+925	207+950	24	Muy pobre
12	479	207+950	207+975	17	Muy pobre
12	480	207+975	208+000	41	Regular
13	481	208+000	208+025	49	Regular
13	482	208+025	208+050	27	Pobre
13	483	208+050	208+075	43	Regular
13	484	208+075	208+100	64	Bueno
13	485	208+100	208+125	9	Fallado
13	486	208+125	208+150	35	Pobre
13	487	208+150	208+175	46	Regular
13	488	208+175	208+200	37	Pobre

13	489	208+200	208+225	21	Muy pobre
13	490	208+225	208+250	41	Regular
13	491	208+250	208+275	52	Regular
13	492	208+275	208+300	30	Pobre
13	493	208+300	208+325	25	Pobre
13	494	208+325	208+350	4	Fallado
13	495	208+350	208+375	32	Pobre
13	496	208+375	208+400	34	Pobre
13	497	208+400	208+425	53	Regular
13	498	208+425	208+450	52	Regular
13	499	208+450	208+475	36	Pobre
13	500	208+475	208+500	53	Regular
13	501	208+500	208+525	44	Regular
13	502	208+525	208+550	51	Regular
13	503	208+550	208+575	40	Pobre
13	504	208+575	208+600	53	Regular
13	505	208+600	208+625	69	Bueno
13	506	208+625	208+650	62	Bueno
13	507	208+650	208+675	54	Regular
13	508	208+675	208+700	63	Bueno
13	509	208+700	208+725	84	Muy bueno
13	510	208+725	208+750	86	Excelente
13	511	208+750	208+775	86	Excelente
13	512	208+775	208+800	95	Excelente
13	513	208+800	208+825	89	Excelente
13	514	208+825	208+850	86	Excelente
13	515	208+850	208+875	77	Muy bueno
13	516	208+875	208+900	86	Excelente
13	517	208+900	208+925	72	Muy bueno
13	518	208+925	208+950	88	Excelente
13	519	208+950	208+975	86	Excelente
13	520	208+975	209+000	81	Muy bueno
14	521	209+000	209+025	87	Excelente
14	522	209+025	209+050	83	Muy bueno
14	523	209+050	209+075	76	Muy bueno
14	524	209+075	209+100	65	Bueno
14	525	209+100	209+125	55	Bueno
14	526	209+125	209+150	52	Regular
14	527	209+150	209+175	53	Regular
14	528	209+175	209+200	2	Fallado
14	529	209+200	209+225	21	Muy pobre

14	530	209+225	209+250	67	Bueno
14	531	209+250	209+275	75	Muy bueno
14	532	209+275	209+300	55	Regular
14	533	209+300	209+325	73	Muy bueno
14	534	209+325	209+350	50	Regular
14	535	209+350	209+375	82	Muy bueno
14	536	209+375	209+400	66	Bueno
14	537	209+400	209+425	88	Excelente
14	538	209+425	209+450	60	Bueno
14	539	209+450	209+475	80	Muy bueno
14	540	209+475	209+500	100	Excelente
14	541	209+500	209+525	62	Bueno
14	542	209+525	209+550	81	Muy bueno
14	543	209+550	209+575	76	Muy bueno
14	544	209+575	209+600	52	Regular
14	545	209+600	209+625	55	Regular
14	546	209+625	209+650	64	Bueno
14	547	209+650	209+675	29	Pobre
14	548	209+675	209+700	57	Bueno
14	549	209+700	209+725	76	Muy bueno
14	550	209+725	209+750	55	Bueno
14	551	209+750	209+775	47	Regular
14	552	209+775	209+800	83	Muy bueno
14	553	209+800	209+825	58	Bueno
14	554	209+825	209+850	76	Muy bueno
14	555	209+850	209+875	65	Bueno
14	556	209+875	209+900	57	Bueno
14	557	209+900	209+925	71	Muy bueno
14	558	209+925	209+950	43	Regular
14	559	209+950	209+975	53	Regular
14	560	209+975	210+000	100	Excelente
15	561	210+000	210+025	82	Muy bueno
15	562	210+025	210+050	92	Excelente
15	563	210+050	210+075	81	Muy bueno
15	564	210+075	210+100	92	Excelente
15	565	210+100	210+125	74	Muy bueno
15	566	210+125	210+150	88	Excelente
15	567	210+150	210+175	66	Bueno
15	568	210+175	210+200	77	Muy bueno
15	569	210+200	210+225	36	Pobre
15	570	210+225	210+250	67	Bueno

15	571	210+250	210+275	94	Excelente
15	572	210+275	210+300	88	Excelente
15	573	210+300	210+325	86	Excelente
15	574	210+325	210+350	83	Muy bueno
15	575	210+350	210+375	92	Excelente
15	576	210+375	210+400	77	Muy bueno
15	577	210+400	210+425	94	Excelente
15	578	210+425	210+450	84	Muy bueno
15	579	210+450	210+475	66	Bueno
15	580	210+475	210+500	67	Bueno
15	581	210+500	210+525	92	Excelente
15	582	210+525	210+550	71	Muy bueno
15	583	210+550	210+575	60	Bueno
15	584	210+575	210+600	72	Muy bueno
15	585	210+600	210+625	82	Muy bueno
15	586	210+625	210+650	65	Bueno
15	587	210+650	210+675	81	Muy bueno
15	588	210+675	210+700	58	Bueno
15	589	210+700	210+725	45	Regular
15	590	210+725	210+750	37	Pobre
15	591	210+750	210+775	47	Regular
15	592	210+775	210+800	63	Bueno
15	593	210+800	210+825	58	Bueno
15	594	210+825	210+850	66	Bueno
15	595	210+850	210+875	38	Pobre
15	596	210+875	210+900	40	Regular
15	597	210+900	210+925	53	Regular
15	598	210+925	210+950	28	Pobre
15	599	210+950	210+975	49	Regular
15	600	210+975	211+000	11	Muy pobre
16	601	211+000	211+025	80	Muy bueno
16	602	211+025	211+050	60	Bueno
16	603	211+050	211+075	31	Pobre
16	604	211+075	211+100	28	Pobre
16	605	211+100	211+125	16	Muy pobre
16	606	211+125	211+150	34	Pobre
16	607	211+150	211+175	50	Regular
16	608	211+175	211+200	38	Pobre
16	609	211+200	211+225	27	Pobre
16	610	211+225	211+250	47	Regular
16	611	211+250	211+275	80	Muy bueno

16	612	211+275	211+300	35	Pobre
16	613	211+300	211+325	38	Pobre
16	614	211+325	211+350	42	Regular
16	615	211+350	211+375	45	Regular
16	616	211+375	211+400	65	Bueno
16	617	211+400	211+425	89	Excelente
16	618	211+425	211+450	53	Regular
16	619	211+450	211+475	53	Regular
16	620	211+475	211+500	61	Bueno
16	621	211+500	211+525	40	Pobre
16	622	211+525	211+550	75	Muy bueno
16	623	211+550	211+575	40	Pobre
16	624	211+575	211+600	44	Regular
16	625	211+600	211+625	59	Bueno
16	626	211+625	211+650	83	Muy bueno
16	627	211+650	211+675	63	Bueno
16	628	211+675	211+700	66	Bueno
16	629	211+700	211+725	94	Excelente
16	630	211+725	211+750	92	Excelente
16	631	211+750	211+775	92	Excelente
16	632	211+775	211+800	100	Excelente
16	633	211+800	211+825	100	Excelente
16	634	211+825	211+850	82	Muy bueno
16	635	211+850	211+875	69	Bueno
16	636	211+875	211+900	92	Excelente
16	637	211+900	211+925	85	Muy bueno
16	638	211+925	211+950	87	Excelente
16	639	211+950	211+975	88	Excelente
16	640	211+975	212+000	71	Muy bueno
17	641	212+000	212+025	84	Muy bueno
17	642	212+025	212+050	19	Muy pobre
17	643	212+050	212+075	64	Bueno
17	644	212+075	212+100	82	Muy bueno
17	645	212+100	212+125	81	Muy bueno
17	646	212+125	212+150	52	Regular
17	647	212+150	212+175	59	Bueno
17	648	212+175	212+200	69	Bueno
17	649	212+200	212+225	87	Excelente
17	650	212+225	212+250	21	Muy pobre
17	651	212+250	212+275	51	Regular
17	652	212+275	212+300	82	Muy bueno

17	653	212+300	212+325	82	Muy bueno
17	654	212+325	212+350	90	Excelente
17	655	212+350	212+375	92	Excelente
17	656	212+375	212+400	94	Excelente
17	657	212+400	212+425	94	Excelente
17	658	212+425	212+450	82	Muy bueno
17	659	212+450	212+475	66	Bueno
17	660	212+475	212+500	67	Bueno
17	661	212+500	212+525	77	Muy bueno
17	662	212+525	212+550	81	Muy bueno
17	663	212+550	212+575	65	Bueno
17	664	212+575	212+600	73	Muy bueno
17	665	212+600	212+625	53	Regular
17	666	212+625	212+650	48	Regular
17	667	212+650	212+675	77	Muy bueno
17	668	212+675	212+700	46	Regular
17	669	212+700	212+725	72	Muy bueno
17	670	212+725	212+750	83	Muy bueno
17	671	212+750	212+775	53	Regular
17	672	212+775	212+800	84	Muy bueno
17	673	212+800	212+825	84	Muy bueno
17	674	212+825	212+850	81	Muy bueno
17	675	212+850	212+875	74	Muy bueno
17	676	212+875	212+900	79	Muy bueno
17	677	212+900	212+925	81	Muy bueno
17	678	212+925	212+950	83	Muy bueno
17	679	212+950	212+975	73	Muy bueno
17	680	212+975	213+000	58	Bueno
18	681	213+000	213+025	49	Regular
18	682	213+025	213+050	64	Bueno
18	683	213+050	213+075	79	Muy bueno
18	684	213+075	213+100	81	Muy bueno
18	685	213+100	213+125	49	Regular
18	686	213+125	213+150	86	Excelente
18	687	213+150	213+175	67	Bueno
18	688	213+175	213+200	76	Muy bueno
18	689	213+200	213+225	70	Muy bueno
18	690	213+225	213+250	81	Muy bueno
18	691	213+250	213+275	77	Muy bueno
18	692	213+275	213+300	80	Muy bueno
18	693	213+300	213+325	78	Muy bueno

18	694	213+325	213+350	83	Muy bueno
18	695	213+350	213+375	84	Muy bueno
18	696	213+375	213+400	84	Muy bueno
18	697	213+400	213+425	88	Excelente
18	698	213+425	213+450	81	Muy bueno
18	699	213+450	213+475	87	Excelente
18	700	213+475	213+500	84	Muy bueno
18	701	213+500	213+525	86	Excelente
18	702	213+525	213+550	70	Muy bueno
18	703	213+550	213+575	36	Pobre
18	704	213+575	213+600	37	Pobre
18	705	213+600	213+625	37	Pobre
18	706	213+625	213+650	33	Pobre
18	707	213+650	213+675	84	Muy bueno
18	708	213+675	213+700	86	Excelente
18	709	213+700	213+725	79	Muy bueno
18	710	213+725	213+750	73	Muy bueno
18	711	213+750	213+775	73	Muy bueno
18	712	213+775	213+800	81	Muy bueno
18	713	213+800	213+825	63	Bueno
18	714	213+825	213+850	59	Bueno
18	715	213+850	213+875	67	Bueno
18	716	213+875	213+900	60	Bueno
18	717	213+900	213+925	60	Bueno
18	718	213+925	213+950	14	Muy pobre
18	719	213+950	213+975	37	Pobre
18	720	213+975	214+000	35	Pobre
19	721	214+000	214+025	28	Pobre
19	722	214+025	214+050	37	Pobre
19	723	214+050	214+075	57	Bueno
19	724	214+075	214+100	56	Bueno
19	725	214+100	214+125	72	Muy bueno
19	726	214+125	214+150	76	Muy bueno
19	727	214+150	214+175	81	Muy bueno
19	728	214+175	214+200	84	Muy bueno
19	729	214+200	214+225	78	Muy bueno
19	730	214+225	214+250	70	Bueno
19	731	214+250	214+275	74	Muy bueno
19	732	214+275	214+300	74	Muy bueno
19	733	214+300	214+325	86	Excelente
19	734	214+325	214+350	54	Regular

19	735	214+350	214+375	79	Muy bueno
19	736	214+375	214+400	59	Bueno
19	737	214+400	214+425	47	Regular
19	738	214+425	214+450	50	Regular
19	739	214+450	214+475	59	Bueno
19	740	214+475	214+500	82	Muy bueno
19	741	214+500	214+525	71	Muy bueno
19	742	214+525	214+550	79	Muy bueno
19	743	214+550	214+575	78	Muy bueno
19	744	214+575	214+600	67	Bueno
19	745	214+600	214+625	52	Regular
19	746	214+625	214+650	59	Bueno
19	747	214+650	214+675	83	Muy bueno
19	748	214+675	214+700	62	Bueno
19	749	214+700	214+725	37	Pobre
19	750	214+725	214+750	50	Regular
19	751	214+750	214+775	35	Pobre
19	752	214+775	214+800	43	Regular
19	753	214+800	214+825	44	Regular
19	754	214+825	214+850	23	Muy pobre
19	755	214+850	214+875	40	Pobre
19	756	214+875	214+900	16	Muy pobre
19	757	214+900	214+925	69	Bueno
19	758	214+925	214+950	42	Regular
19	759	214+950	214+975	34	Pobre
19	760	214+975	215+000	30	Pobre
20	761	215+000	215+025	28	Pobre
20	762	215+025	215+050	33	Pobre
20	763	215+050	215+075	18	Muy pobre
20	764	215+075	215+100	32	Pobre
20	765	215+100	215+125	34	Pobre
20	766	215+125	215+150	33	Pobre
20	767	215+150	215+175	31	Pobre
20	768	215+175	215+200	35	Pobre
20	769	215+200	215+225	35	Pobre
20	770	215+225	215+250	33	Pobre
20	771	215+250	215+275	50	Regular
20	772	215+275	215+300	30	Pobre
20	773	215+300	215+325	26	Pobre
20	774	215+325	215+350	34	Pobre
20	775	215+350	215+375	53	Regular

20	776	215+375	215+400	54	Regular
20	777	215+400	215+425	54	Regular
20	778	215+425	215+450	32	Pobre
20	779	215+450	215+475	32	Pobre
20	780	215+475	215+500	50	Regular
20	781	215+500	215+525	57	Bueno
20	782	215+525	215+550	62	Bueno
20	783	215+550	215+575	55	Regular
20	784	215+575	215+600	54	Regular
20	785	215+600	215+625	48	Regular
20	786	215+625	215+650	40	Pobre
20	787	215+650	215+675	59	Bueno
20	788	215+675	215+700	46	Regular
20	789	215+700	215+725	52	Regular
20	790	215+725	215+750	71	Muy bueno
20	791	215+750	215+775	60	Bueno
20	792	215+775	215+800	42	Regular
20	793	215+800	215+825	35	Pobre
20	794	215+825	215+850	46	Regular
20	795	215+850	215+875	41	Regular
20	796	215+875	215+900	43	Regular
20	797	215+900	215+925	35	Pobre
20	798	215+925	215+950	39	Pobre
20	799	215+950	215+975	23	Muy pobre
20	800	215+975	216+000	53	Regular
21	801	216+000	216+025	11	Muy pobre
21	802	216+025	216+050	48	Regular
21	803	216+050	216+075	46	Regular
21	804	216+075	216+100	57	Bueno
21	805	216+100	216+125	68	Bueno
21	806	216+125	216+150	66	Bueno
21	807	216+150	216+175	66	Bueno
21	808	216+175	216+200	77	Muy bueno
21	809	216+200	216+225	60	Bueno
21	810	216+225	216+250	39	Pobre
21	811	216+250	216+275	37	Pobre
21	812	216+275	216+300	42	Regular
21	813	216+300	216+325	23	Muy pobre
21	814	216+325	216+350	48	Regular
21	815	216+350	216+375	8	Fallado
21	816	216+375	216+400	61	Bueno

21	817	216+400	216+425	44	Regular
21	818	216+425	216+450	36	Pobre
21	819	216+450	216+475	59	Bueno
21	820	216+475	216+500	71	Muy bueno
21	821	216+500	216+525	69	Bueno
21	822	216+525	216+550	39	Pobre
21	823	216+550	216+575	53	Regular
21	824	216+575	216+600	18	Muy pobre
21	825	216+600	216+625	49	Regular
21	826	216+625	216+650	73	Muy bueno
21	827	216+650	216+675	72	Muy bueno
21	828	216+675	216+700	78	Muy bueno
21	829	216+700	216+725	62	Bueno
21	830	216+725	216+750	59	Bueno
21	831	216+750	216+775	75	Muy bueno
21	832	216+775	216+800	10	Muy pobre
21	833	216+800	216+825	56	Bueno
21	834	216+825	216+850	59	Bueno
21	835	216+850	216+875	67	Bueno
21	836	216+875	216+900	55	Bueno
21	837	216+900	216+925	70	Muy bueno
21	838	216+925	216+950	79	Muy bueno
21	839	216+950	216+975	91	Excelente
21	840	216+975	217+000	54	Regular
22	841	217+000	217+025	27	Pobre
22	842	217+025	217+050	62	Bueno
22	843	217+050	217+075	78	Muy bueno
22	844	217+075	217+100	73	Muy bueno
22	845	217+100	217+125	59	Bueno
22	846	217+125	217+150	80	Muy bueno
22	847	217+150	217+175	43	Regular
22	848	217+175	217+200	69	Bueno
22	849	217+200	217+225	45	Regular
22	850	217+225	217+250	60	Bueno
22	851	217+250	217+275	60	Bueno
22	852	217+275	217+300	56	Bueno
22	853	217+300	217+325	88	Excelente
22	854	217+325	217+350	27	Pobre
22	855	217+350	217+375	68	Bueno
22	856	217+375	217+400	48	Regular
22	857	217+400	217+425	57	Bueno

22	858	217+425	217+450	67	Bueno
22	859	217+450	217+475	40	Pobre
22	860	217+475	217+500	41	Regular
22	861	217+500	217+525	91	Excelente
22	862	217+525	217+550	82	Muy bueno
22	863	217+550	217+575	19	Muy pobre
22	864	217+575	217+600	28	Pobre
22	865	217+600	217+625	100	Excelente
22	866	217+625	217+650	90	Excelente
22	867	217+650	217+675	82	Muy bueno
22	868	217+675	217+700	84	Muy bueno
22	869	217+700	217+725	100	Excelente
22	870	217+725	217+750	99	Excelente
22	871	217+750	217+775	81	Muy bueno
22	872	217+775	217+800	89	Excelente
22	873	217+800	217+825	75	Muy bueno
22	874	217+825	217+850	85	Excelente
22	875	217+850	217+875	70	Muy bueno
22	876	217+875	217+900	23	Muy pobre
22	877	217+900	217+925	59	Bueno
22	878	217+925	217+950	61	Bueno
22	879	217+950	217+975	61	Bueno
22	880	217+975	218+000	57	Bueno

Elaboración: del autor

Anexo n° 2. Tipo, cantidad y densidad de fallas identificadas por sección de pavimento.

Sección de pavimento n° 1.

Falla	Cantidad			Total	Densidad
	L	M	H		
Piel de cocodrilo (m2)	144.0			144.0	13%
Grieta de borde (m)	1.5	0.7		2.2	0%
Desnivel carril/berma (m)	299.4	0.5	0.3	300.2	27%
Grietas longitudinales y transversales (m)	351.0	7.4		358.4	32%
Parches (m2)	22.5	46.4	83.1	152.0	14%
Pulimento de agregados (m2)	92.5			92.5	8%
Huecos (m2)	38.5			38.5	3%
Meteorización / Desprendimiento (m2)	25.0			25.0	2%
Total	974.4	55.0	83.3	1112.7	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento n° 2.

Falla	Cantidad			Total	Densidad
	L	M	H		
Piel de cocodrilo (m2)	32.4	4.5		36.9	2.0%
Agrietamiento en bloque (m2)		1		1	0.1%
Grieta de borde (m)	24	261.5	28	313.5	17.0%
Desnivel carril/berma (m)	185	203	35	423	22.9%
Grietas longitudinales y transversales (m)	123.5	195		318.5	17.2%
Parches (m2)	319.4	32	229.6	581	31.4%
Huecos (m2)	1			1	0.1%
Ahuellamiento (m2)		67.5		67.5	3.7%
Meteorización / Desprendimiento (m2)	105			105	5.7%
Total	790.3	764.5	292.6	1847.4	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento n° 3.

Falla	Cantidad			Total	Densidad
	L	M	H		
Piel de cocodrilo (m2)	27.7	88.0		115.7	8.3%
Grieta de borde (m)	74.0	90.0		164.0	11.7%
Desnivel carril/berma (m)	325.0	428.2	25.0	778.2	55.6%
Grietas longitudinales y transversales (m)	164.0	175.0		339.0	24.2%
Parches (m2)	1.5			1.5	0.1%
Huecos (m2)	1.0			1.0	0.1%
Total	593.2	781.2	25.0	1399.4	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 4.

Falla	Cantidad			Total	Densidad
	L	M	H		
Piel de cocodrilo (m2)		1		1	1.3%
Agrietamiento en bloque (m2)		1		1	1.3%
Grieta de borde (m)		1		1	1.3%
Desnivel carril/berma (m)	22	5	1	28	37.3%
Grietas longitudinales y transversales (m)	30	4		34	45.3%
Parches (m2)		1	6	7	9.3%
Pulimento de agregados (m2)		1		1	1.3%
Ahuellamiento (m2)		1		1	1.3%
Meteorización / Desprendimiento (m2)		1		1	1.3%
Total	52.0	16.0	7.0	75.0	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 5.

Falla	Cantidad			Total	Densidad
	L	M	H		
Piel de cocodrilo (m2)	166.4			166.4	10.6%
Agrietamiento en bloque (m2)	3.0			3.0	0.2%
Grieta de borde (m)	89.1	8.0		97.1	6.2%
Desnivel carril/berma (m)	25.0	142.0	50.0	217.0	13.8%
Grietas longitudinales y transversales (m)	424.8	33.0		457.8	29.0%
Parches (m2)		205.7	430.0	635.7	40.3%
Total	708.3	388.7	480.0	1577.0	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 6.

Falla	Cantidad			Total	Densidad
	L	M	H		
Piel de cocodrilo (m2)	155.5	30	110	295.5	13.8%
Grieta de borde (m)	3	31		34	1.6%
Desnivel carril/berma (m)	10	62	10	82	3.8%
Grietas longitudinales y transversales (m)	523.7	37		560.7	26.3%
Parches (m2)	38.4	55	1051.8	1145.2	53.7%
Ahuellamiento (m2)	7	10		17	0.8%
Total	737.6	225.0	1171.8	2134.4	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 7.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	1		4	5	8.6%
Grieta de borde (m)			2	2	3.4%
Desnivel carril/berma (m)			10	10	17.2%
Grietas longitudinales y transversales (m)			35	35	60.3%
Parches (m2)	3		3	6	10.3%
Total	4.0	0.0	54.0	58.0	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 8.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	1.6	64.4		66.0	3.3%
Grieta de borde (m)	227.5	204.2	69.8	501.5	25.1%
Desnivel carril/berma (m)	50.0	4.4		54.4	2.7%
Grietas longitudinales y transversales (m)	379.6	199.5		579.1	28.9%
Parches (m2)	266.4	5.5	489.3	761.2	38.0%
Ahuellamiento (m2)	25.4	13.3		38.7	1.9%
Total	950.5	491.3	559.1	2000.9	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 9.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	9	17	1	27	16.9%
Grieta de borde (m)	17	13		30	18.8%
Desnivel carril/berma (m)	1			1	0.6%
Grietas longitudinales y transversales (m)	38	3		41	25.6%
Parches (m2)	28	3	18	49	30.6%
Huecos (m2)		1		1	0.6%
Ahuellamiento (m2)	10	1		11	6.9%
Total	103.0	38.0	19.0	160.0	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 10.

Falla	Cantidad			Total	Densidad
	L	M	H		
Piel de cocodrilo (m2)	17.2	50.4		67.6	2.0%
Grieta de borde (m)	115.5	49.0	9.0	173.5	5.0%
Desnivel carril/berma (m)	7.8			7.8	0.2%
Grietas longitudinales y transversales (m)	401.9	223.8		625.7	18.2%
Parches (m2)	1508.4		865.7	2374.1	69.0%
Pulimento de agregados (m2)	30.5			30.5	0.9%
Ahuellamiento (m2)	157.0			157.0	4.6%
Meteorización / Desprendimiento (m2)	3.0	1.0		4.0	0.1%
Total	2241.3	324.2	874.7	3440.2	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 11.

Falla	Cantidad			Total	Densidad
	L	M	H		
Piel de cocodrilo (m2)	34.8	276.1		310.9	13.3%
Grieta de borde (m)	261	115.5		376.5	16.1%
Desnivel carril/berma (m)		9		9	0.4%
Grietas longitudinales y transversales (m)	1013.7	252.1		1265.8	54.3%
Parches (m2)	193.3	8.4	168.2	369.9	15.9%
Huecos (m2)	0.4			0.4	0.0%
Total	1503.2	661.1	168.2	2332.5	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 12.

Falla	Cantidad			Total	Densidad
	L	M	H		
Piel de cocodrilo (m2)	118.3	262.1	420.2	800.6	21.3%
Grieta de borde (m)	285.6	540.6	50	876.2	23.3%
Desnivel carril/berma (m)	25	15		40	1.1%
Grietas longitudinales y transversales (m)	969	507.5	25	1501.5	40.0%
Parches (m2)	144.8	40.9	296	481.7	12.8%
Ahuellamiento (m2)	46	8		54	1.4%
Meteorización / Desprendimiento (m2)	3.6			3.6	0.1%
Total	1592.3	1374.1	791.2	3757.6	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 13.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	10	17	2	29	17.8%
Grieta de borde (m)	11	29	6	46	28.2%
Desnivel carril/berma (m)		1		1	0.6%
Grietas longitudinales y transversales (m)	38	15		53	32.5%
Parches (m2)	11	4	5	20	12.3%
Pulimento de agregados (m2)	3	7	1	11	6.7%
Ahuellamiento (m2)	2	1		3	1.8%
Total	75.0	74.0	14.0	163.0	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 14.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	101.2	147.3		248.5	7.4%
Agrietamiento en bloque (m2)		26.5		26.5	0.8%
Grieta de borde (m)	559.0	475.0	67.0	1101.0	33.0%
Desnivel carril/berma (m)		25.0		25.0	0.7%
Grietas longitudinales y transversales (m)	1598.3	164.5	10.0	1772.8	53.1%
Parches (m2)	71.2	6.4	45.8	123.4	3.7%
Huecos (m2)		20.0		20.0	0.6%
Ahuellamiento (m2)	20.0			20.0	0.6%
Total	2349.7	864.7	122.8	3337.2	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 15.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	3	12		15	9.3%
Grieta de borde (m)	22	15	8	45	28.0%
Desnivel carril/berma (m)	35	3	1	39	24.2%
Grietas longitudinales y transversales (m)	34	13	1	48	29.8%
Parches (m2)	4	6	1	11	6.8%
Huecos (m2)		1		1	0.6%
Ahuellamiento (m2)	2			2	1.2%
Total	100.0	50.0	11.0	161.0	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 16.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	48.0	482.2		530.2	18.5%
Grieta de borde (m)	103.6	343.9	12.0	459.5	16.0%
Desnivel carril/berma (m)	933.2	25.0		958.2	33.4%
Grietas longitudinales y transversales (m)	420.7	453.2		873.9	30.4%
Parches (m2)	18.0	21.0	9.6	48.6	1.7%
Total	1523.5	1325.3	21.6	2870.4	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 17.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	69	46.9	44	159.9	5.5%
Grieta de borde (m)	190.6	403.8		594.4	20.4%
Desnivel carril/berma (m)	925	75		1000	34.3%
Grietas longitudinales y transversales (m)	678	282.6		960.6	33.0%
Parches (m2)	130		68	198	6.8%
Huecos (m2)	0.1			0.1	0.0%
Total	1992.7	808.3	112.0	2913.0	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 18.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	106.0	19.0		125.0	2.8%
Grieta de borde (m)	139.9	212.5	1.0	353.4	7.8%
Desnivel carril/berma (m)	1750.0	225.0		1975.0	43.6%
Grietas longitudinales y transversales (m)	677.9	76.3		754.2	16.7%
Parches (m2)	896.6	375.0		1271.6	28.1%
Pulimento de agregados (m2)	3.0	43.2		46.2	1.0%
Total	3573.4	951.0	1.0	4525.3	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 19.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	202.0	141.5		343.5	6.9%
Grieta de borde (m)	178.6	863.7	64.2	1106.5	22.3%
Desnivel carril/berma (m)	1700.0	200.0	26.0	1926.0	38.8%
Grietas longitudinales y transversales (m)	775.7	195.6		971.3	19.6%
Parches (m2)	298.7	312.0		610.7	12.3%
Total	3155.0	1712.8	90.2	4958.0	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 20.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	30	16		46	19.5%
Grieta de borde (m)	20	28	8	56	23.7%
Desnivel carril/berma (m)	39	7		46	19.5%
Grietas longitudinales y transversales (m)	34	21	1	56	23.7%
Parches (m2)	17	14		31	13.1%
Pulimento de agregados (m2)		1		1	0.4%
Total	140.0	87.0	9.0	236.0	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 21.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m2)	523.3	144.2		667.5	13.0%
Grieta de borde (m)	270.6	667.7	24.0	962.3	18.8%
Desnivel carril/berma (m)	793.3	388.0		1181.3	23.1%
Grietas longitudinales y transversales (m)	717.2	351.7		1068.9	20.9%
Parches (m2)	1071.9		107.8	1179.7	23.0%
Pulimento de agregados (m2)	22.4	33.8		56.2	1.1%
Huecos (m2)	0.2	3.0		3.2	0.1%
Total	3399.0	1588.4	131.8	5119.2	

Elaboración: del autor.

Sección de pavimento nº 22.

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m ²)	12	2	2	16	12.9%
Grieta de borde (m)	10	13	2	25	20.2%
Desnivel carril/berma (m)	9	9	2	20	16.1%
Grietas longitudinales y transversales (m)	30	19	3	52	41.9%
Parches (m ²)	5	1	4	10	8.1%
Huecos (m ²)	1			1	0.8%
Total	67.0	44.0	13.0	124.0	

Elaboración: del autor.

Resultados generales

Falla	Cantidad				Densidad
	L	M	H	Total	
Piel de cocodrilo (m ²)	1812.4	1821.5	583.2	4217.1	9.5
Agrietamiento en bloque (m ²)	3.0	28.5		31.5	0.1
Grieta de borde (m)	2603.6	4366.1	351.0	7320.7	16.5
Desnivel carril/berma (m)	7134.7	1827.1	160.3	9122.1	20.6
Grietas longitudinales y transversales (m)	9422.9	3229.2	75.0	12727.1	28.7
Parches (m ²)	5049.1	1137.3	3881.9	10068.3	22.7
Pulimento de agregados (m ²)	151.4	86.0	1.0	238.4	0.5
Huecos (m ²)	42.2	25.0		67.2	0.2
Ahuellamiento (m ²)	269.4	101.8		371.2	0.8
Meteorización / Desprendimiento (m ²)	136.6	2.0		138.6	0.3
Total	26625.3	12624.5	5052.3	44302.2	

Elaboración: del autor.

Anexo n° 3. Fotografías.

Foto n° 1: Agrietamiento en Bloque.



Fuente: del autor

Foto n° 2: Grieta Longitudinal



Fuente: del autor

Foto nº 3: Grieta Transversal



Fuente: del autor

Foto nº 4: Parche



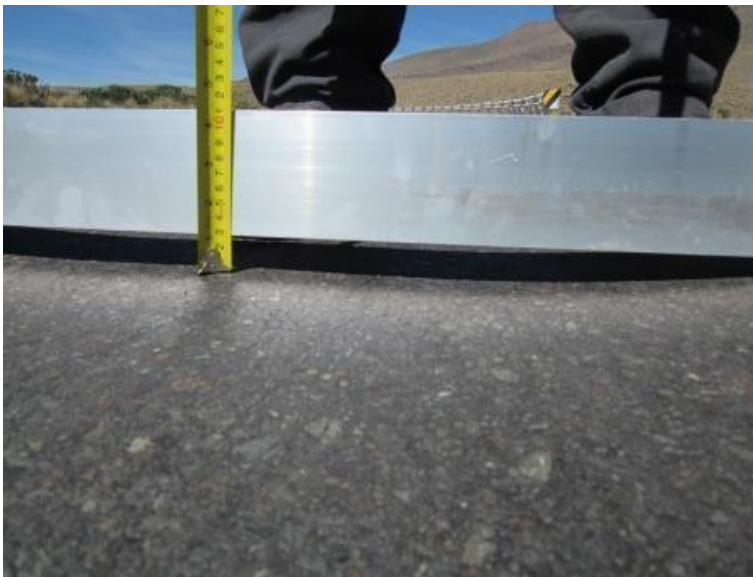
Fuente: del autor

Foto n° 5: Pulimento de agregados.



Fuente: del autor

Foto n° 6: Ahuellamiento



Fuente: del autor

Foto nº 7: Piel de cocodrilo



Fuente: del autor

Foto nº 8: Desnivel Carril – Berma



Fuente: del autor

Foto nº 9: Desprendimiento de agregados



Fuente: del autor

Foto nº 10: Grieta de borde



Fuente: del autor

Foto nº 11: Inicio de Tramo 3 - Km 196+000



Fuente: del autor

Foto nº 12: Fin de Tramo 3 - Km 218+000



Fuente: del autor

Anexo n° 4. Catálogo de fallas.

Piel de cocodrilo (1)

La piel de cocodrilo o agrietamiento por fatiga se refiere a una serie de fisuras interconectadas causadas por acción de la fatiga de la superficie de pavimento asfáltico sometida a repeticiones de carga o tráfico. El agrietamiento se origina en la base de la superficie de concreto asfáltico, o base estabilizada, donde los valores de esfuerzos de tensión y las deformaciones unitarias son más altos, bajo la carga de rueda. Inicialmente, las fisuras se propagan hacia la superficie como una serie de fisuras longitudinales en paralelo. Después de repetidas cargas de tráfico, las fisuras se conectan formando varios fragmentos cuyos bordes exteriores forman ángulos agudos en su interior desarrollando así un patrón semejante al alambrado de un gallinero o la piel de un cocodrilo. En general, las piezas son menores a 0.5m en el lado más largo. La piel de cocodrilo ocurre sólo en áreas sujetas a repeticiones de carga de tráfico, tales como son las huellas en el carril. El tipo de patrón de agrietamiento que ocurre sobre un área no sujeta a cargas, es denominado “fisuras en bloque”, la cual es una falla no asociada a carga.

Niveles de Severidad	Descripción
L	Finas fisuras longitudinales del espesor de un cabello, con recorrido paralelo entre ellas y con algunas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están descascaradas.
M	Continuación del desarrollo de las fisuras de piel de cocodrilo, finas, en un patrón o red de fisuras que podrían estar ligeramente descascaradas.
H	El patrón o red de fisuras muestra un progreso tal que las piezas que conforman la piel de cocodrilo están bien definidas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas podrían oscilar o moverse bajo tráfico.

Medir (m²): La dificultad de la medición de este tipo de falla es la presencia de dos o tres niveles de severidad en una misma área de falla. Si estas porciones pueden ser fácilmente distinguidas de las otras, entonces deben ser medidas y registradas por separado; sin embargo, si los diferentes niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área debe ser calificada con el mayor nivel de severidad presente. Si en una misma área, existe piel de cocodrilo y ahuellamiento, cada una de las fallas debe ser registrada por separado y en su respectivo nivel de severidad.

Opciones de reparación

L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

M: Parchado parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.

H: Parchado parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.

Exudación (2)

La exudación se presenta como una película de material bituminoso sobre la superficie del pavimento, que crea una superficie brillante, cristalina y reflexiva que generalmente se vuelve pegajosa. La exudación es causada por: cantidades excesivas de cemento asfáltico o alquitranes en la mezcla, la aplicación excesiva de un sello bituminoso, o un bajo contenido de vacíos, o una combinación de estas causas. Esto ocurre cuando el asfalto llena los vacíos en la mezcla bajo condiciones climáticas de altas temperaturas y luego se expande sobre la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible en condiciones climáticas de bajas temperaturas, el asfalto o alquitrán se acumulará sobre la superficie.

Niveles de Severidad	Descripción
L	La exudación sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y es percibida sólo durante algunos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos.
M	La exudación ha ocurrido llegando al punto en que asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año.
H	La exudación ha ocurrido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto, se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año.

Medir (m²): Si la exudación es registrada, entonces el agregado pulido no debe ser registrado.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).

Agrietamiento en bloque (3)

Las fisuras en bloque son fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño desde aproximadamente 0.30 x 0.30 m. Las fisuras en bloque son causadas principalmente por la contracción del concreto asfáltico y la variación diaria de temperatura, que resulta en ciclos diarios de esfuerzo/deformación unitaria. Este tipo de falla no está asociada con la carga de tráfico. Las fisuras en bloque generalmente nos indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Las fisuras en bloque normalmente ocurren sobre una porción larga del área del pavimento, pero algunas veces ocurrirá sólo en áreas donde no hay tráfico. La diferencia entre este tipo de falla y la tipo piel de cocodrilo radica en que la segunda presenta una mayor cantidad de fragmentos pequeños con ángulos interiores agudos. También, a diferencia de las fisuras en bloque, las fisuras tipo piel de cocodrilo son causadas por repeticiones de carga de tráfico, y por lo tanto, son encontradas sólo en áreas de tráfico como lo son las huellas de las ruedas.

Niveles de Severidad	Descripción
L	Los bloques están definidos por grietas de baja severidad.
M	Los bloques están definidos por grietas de mediana severidad
H	Los bloques están definidos por grietas de alta severidad.

Medir (m²): Esta falla generalmente ocurre en un solo nivel de severidad por sección de pavimento; sin embargo, si áreas con distintos niveles de severidad pueden ser distinguidas fácilmente, entonces dichas áreas deben ser medidas y registradas en forma separada.

Opciones de reparación.

L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

Abultamientos y Hundimientos (4)

Los abultamientos son desplazamientos pequeños, localizados y hacia arriba, en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos en que estos últimos son causados por inestabilidad del pavimento. Los abultamientos, por otro lado, pueden ser causados por diversos factores, incluyendo:

- Levantamiento o combadura de las losas de concreto de un pavimento PCC que ha sido cubierto con carpeta asfáltica.
- Desplazamiento por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
- Infiltración y acumulación de material en una grieta en combinación con cargas de tráfico (algunas veces llamado “tenting”).

Los hundimientos son desplazamientos pequeños, bruscos y hacia debajo en la superficie del pavimento. Si los abultamientos aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tráfico y se encuentran separados unos de otros a menos de 3m (10ft), la falla es denominada corrugación. La distorsión y desplazamiento que ocurre sobre grandes áreas de la superficie del pavimento, causando grandes y largas depresiones o ambas en el pavimento, debe ser registrada como hinchamiento (swelling).

Niveles de Severidad	Descripción
L	Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad.
M	Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

H Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad

Medir (m): Si un abultamiento ocurre en combinación con una fisura, la fisura también es registrada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parchado profundo o parcial.

H: Reciclado (fresado) en frío. Parchado profundo o parcial. Sobrecarpeta.

Corrugación (5)

La corrugación, también conocida como “arqueamiento de tabla de lavado”, es una serie de cimas y depresiones cercanamente espaciadas a intervalos bastante regulares (generalmente menores a 3m (10ft)) a lo largo del pavimento. Las cimas son perpendiculares al sentido del tránsito. Este tipo de falla, generalmente es causada por la acción del tráfico combinada con la inestabilidad de la superficie o base del pavimento.

Niveles de Severidad	Descripción
L	Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.
M	Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.
H	Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

Medir (m²): La corrugación es medida en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Depresión (6)

Las depresiones son áreas de superficie del pavimento localizadas con niveles de elevación ligeramente menores a aquellos que se encuentran alrededor del pavimento. Muchas veces, estas leves depresiones no son visibles sino después de la caída de la lluvia, cuando el agua empozada forma un área de “baño de pájaros”; en superficies de pavimentos secos, las depresiones pueden ser distinguidas buscando las manchas causadas por el agua empozada. Las depresiones son generadas por asentamientos de la sub-rasante o son el resultado de procedimientos constructivos defectuosos. Las depresiones pueden causar alguna rugosidad, y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua, pueden causar hidropilano.

Niveles de Severidad	Descripción
L	13 a 25mm (1/2 a 1pulgada)
M	25 a 50mm (1 a 2pulgadas)
H	Más de 50mm (2pulgadas)

Medir (m²): Para determinar el nivel de severidad medir la máxima profundidad de la depresión. Las depresiones son medidas en metros cuadrados de área superficial.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parchado superficial, parcial o profundo.

H: Parchado superficial, parcial o profundo.

Grietas de borde (7)

Estas fisuras son paralelas al borde externo del pavimento y generalmente se encuentran a una distancia de 0.3 a 0.5m (1 a 1.5ft) del borde. Esta falla es acelerada por las cargas de tráfico y su origen se puede atribuir al debilitamiento de la base o la sub-rasante por congelamiento en zonas cercanas al borde del pavimento. El área entre la fisura y el borde del pavimento es clasificada como área de desprendimiento si esta se encuentra agrietada (a veces al punto en que los fragmentos son removidos).

Niveles de Severidad	Descripción
L	Bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento.
M	Mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento.

H Fragmentación o desprendimiento considerable a lo largo del borde.

Medir (m): El fisuramiento de borde es medido en metros lineales (pies).

Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parchado parcial - profundo.

H: Parchado parcial – profundo.

Fisuras de reflexión de juntas (8)

Este tipo de falla ocurre sólo en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre losas de concreto. Esta falla no incluye fisuras de reflexión provenientes de algún otro tipo de base como las bases estabilizadas con cemento o cal; estas fisuras son causadas principalmente por el movimiento inducido por humedad o temperatura de las losas de concreto que se encuentran bajo la superficie del concreto asfáltico. Esta falla no está relacionada a efectos de carga; sin embargo, las cargas de tráfico pueden causar el deterioro de la superficie de CA cerca a la fisura. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la fisura, se dice que la fisura está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico, ayudará a identificar estas fallas.

Niveles de Severidad	Descripción
L	Se cumple una de las siguientes condiciones: Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm (3/8 pulgada), o fisura con relleno de cualquier ancho (material de relleno en buenas condiciones).
M	Se cumple una de las siguientes condiciones: Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm (3/8 pulgada) y menor a 75mm (3 pulgadas); fisura sin relleno menor o igual a 75mm (3 pulgadas) rodeada de fisuras secundarias leves; o, fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras secundarias leves.
H	Se cumple una de las siguientes condiciones: Cualquier fisura con o sin relleno rodeada de fisuras secundarias de mediana o alta severidad; fisuras sin relleno de ancho mayor a 75mm (3 pulgadas); o, fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100mm (4 pulgadas) del pavimento que la rodea está desprendido o fracturado.

Medir (m): La longitud y nivel de severidad de cada fisura debe ser identificada y registrada por separado. Por ejemplo, una fisura de 15m (50 pies) de longitud puede tener 3m (10 pies) con un nivel de severidad alto, los cuales son registrados por separado. Si se presenta un abultamiento en la fisura de reflexión, este también debe ser registrado.

Opciones de Reparación.

L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

M: Sellado de grietas. Parchado de profundidad parcial.

H: Parchado de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.

Desnivel carril/berma (9)

El desnivel carril-berma es la diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es provocada por la erosión de la berma, el asentamiento de la berma, o por la colocación de nuevas capas sin el debido ajuste del nivel de la berma.

Niveles de Severidad	Descripción
L	La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25mm (1 pulgada) y menor a 50mm (2 pulgadas).
M	La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 50mm (2 pulgadas) y menor a 100mm (4 pulgadas).
H	La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 100mm (4 pulgadas).

Medir (m): El desnivel carril-berma es medido en metros lineales (pies).

Opciones de Reparación.

L, M, H: Re-nivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.

Grietas Longitudinales y Transversales (10)

Las fisuras longitudinales son paralelas al eje central del pavimento ó a la línea direccional en que fue construido. Estas fisuras pueden ser causadas por:

- Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
- Contracción (Encogimiento) de la superficie de CA debido a bajas temperaturas o endurecimiento del asfalto, a la variación diaria de temperaturas, ó ambos motivos.
- Una fisura de reflexión causada por un agrietamiento bajo la capa superficial, incluyendo fisuras en losas de concreto, pero sin tomar en cuenta las juntas en las losas.

Las fisuras transversales se extienden a través del ancho del pavimento formando aproximadamente ángulos rectos con el eje central del pavimento ó con la línea direccional en que fue construido.

Niveles de Severidad	Descripción
L	Se cumple una de las siguientes condiciones: Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm (3/8 pulgada), o fisura con relleno de cualquier ancho (material de relleno en buenas condiciones).
M	Se cumple una de las siguientes condiciones: Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm (3/8 pulgada) y menor a 75mm (3 pulgadas); fisura sin relleno menor o igual a 75mm (3 pulgadas) rodeada de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria; o, fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria.
H	Se cumple una de las siguientes condiciones: Cualquier fisura con o sin relleno, rodeada de fisuras secundarias en forma aleatoria, de mediana o alta severidad; fisuras sin relleno de ancho mayor a 75mm (3 pulgadas); o, fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100mm (4 pulgadas) del pavimento que la rodea está severamente fracturado.

Medir (m): La longitud y severidad de cada fisura deben ser registradas. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con distinto nivel de severidad debe ser registrada por separado.

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parchado parcial.

Parches (11)

Un parche es un área del pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche es considerado un defecto sin importar su comportamiento (un área parchada o área adyacente generalmente no se comporta tan bien como lo hace una sección original de pavimento). Por lo general, alguna rugosidad está asociada con esta falla.

Niveles de Severidad	Descripción
L	El parche se encuentra en buenas condiciones. La calidad de tránsito es calificada como de baja severidad o mejor.
M	El parche está deteriorado e forma moderada, o la calidad de tránsito es calificada como de mediana severidad, o ambos.

H El parche se encuentra muy deteriorado, o la calidad de tránsito es calificada como de alta severidad, o ambas; en este caso el parche necesita ser reemplazado lo más pronto posible.

Medir (m²): Si el parche tiene áreas de con diferentes niveles de severidad, estas áreas deben ser medidas y registradas por separado. Cualquier tipo de falla encontrada en el parche no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parche será considerado para determinar su nivel de severidad. Ninguna otra falla, por ejemplo, es registrada en el parche. Aunque el material del parche tenga fisuras o desprendimientos, el área es calificada sólo como parche. Si un área grande del pavimento ha sido reemplazada, esta no debe ser considerada como un parche, sino como un pavimento nuevo, por ejemplo, el reemplazo de material en toda una intersección.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.

Pulimento de agregados (12)

Esta falla es causada por repeticiones de carga de tráfico. El agregado pulido existe cuando una evaluación exhaustiva del pavimento revela que la porción de agregado que se extiende sobre el asfalto es muy pequeña, o no existe aspereza o partículas de agregado angular que proporcionen buena resistencia al deslizamiento. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas de los vehículos se ha reducido considerablemente. Cuando la porción de agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a la reducción de la velocidad de los vehículos. El agregado pulido debe ser registrado cuando las evaluaciones revelen que el agregado que se extiende sobre el asfalto es insignificante, y el agregado de la superficie es suave al tacto.

Este tipo de falla se identifica cuando los valores de ensayos de resistencia al deslizamiento son bajos o han descendido considerablemente respecto a evaluaciones previas.

Niveles de Severidad	Descripción
L, M, H.	No hay niveles de severidad definidos; sin embargo, el nivel de pulido debe ser claramente notable en la unidad de muestra, y la superficie de agregado debe ser suave al tacto.

Medir (m²): Si se registra exudación, entonces el agregado pulido ya no debe ser registrado.

L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.

Huecos (13)

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

Niveles de Severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro 13.1. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Tabla n.º 01 – Niveles de Severidad para Huecos.

Máxima profundidad del hueco.	Diámetro Promedio (mm)/(pulg.)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Medir (Unidad): Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parchado parcial o profundo.

M: Parchado parcial o profundo.

H: Parchado profundo.

Cruce de vía férrea (14)

Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.

Niveles de Severidad	Descripción
L	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.
M	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.
H	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

Medir (m²): El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parchado superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parchado superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

Ahuellamiento (15)

Un ahuellamiento es una depresión superficial en las huellas de las ruedas. El levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, muchas veces, los ahuellamientos son visibles solamente después de una lluvia, cuando las huellas están llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o subrasante, generalmente es causado por la consolidación o movimiento lateral de los materiales debido a las cargas de tráfico.

Niveles de Severidad	Descripción
L	6 a 13mm (< 1/2 a 1 pulgada)
M	13 a 25mm (> 1/2 a 1 pulgada)
H	25mm (> 1 pulgada)

Medir (m²): El ahuellamiento es medido en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial, y su severidad es determinada mediante la profundidad media del ahuellamiento. La profundidad media del ahuellamiento se obtiene colocando una regla en dirección perpendicular a la falla, midiendo su profundidad, y luego utilizando las medidas tomadas a lo largo del ahuellamiento para calcular el valor de profundidad media en milímetros.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.

M: Parchado superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

H: Parchado superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

Desplazamiento (16)

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento causado por acción de la carga de tráfico. Cuando el tráfico empuja contra el pavimento, se produce una onda corta y brusca en la Superficie del pavimento. Este tipo de falla normalmente ocurre sólo en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

También ocurren desplazamientos cuando los pavimentos asfálticos colindan con pavimentos PCC. El pavimento PCC al aumentar su longitud empuja al pavimento asfáltico produciendo el desplazamiento.

Niveles de Severidad	Descripción
L	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad.
M	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad.
H	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad.

Medir (m²): Los desplazamientos que ocurren en parches son considerados para calificar los mismos, no se consideran como una falla por separado.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parchado parcial o profundo.

H: Fresado. Parchado parcial o profundo.

Grieta parabólica o por deslizamiento (17)

Las fisuras parabólicas o por deslizamiento, son fisuras en forma de media luna, generalmente se presentan en forma transversal a la dirección del tránsito.

Estas fisuras se producen por acción del frenado de las ruedas o cambio de dirección, la superficie del pavimento se desliza o deforma. Esta falla ocurre generalmente en capas superpuestas, cuando existe una adherencia pobre (liga pobre) entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura del pavimento.

Niveles de Severidad	Descripción
L	Cuando el ancho promedio de la fisura es menor a 10mm (3/8 pulgada).
M	Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: el ancho promedio de la fisura es ≥ 10 y < 40 mm ($\geq 3/8$ y $< 1\frac{1}{2}$ pulgada); o el área que rodea la fisura está descascarada en forma moderada, o rodeada de fisuras secundarias.
H	Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: el ancho promedio de la fisura es > 40 ($1\frac{1}{2}$ pulgada); o el área que rodea la fisura está fracturada en pequeñas piezas removidas.

Medir (m²): El área asociada con una fisura parabólica o por deslizamiento dada, es medida en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial, y calificada de acuerdo al mayor nivel de severidad presente en el área.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parchado parcial.

M: Parchado parcial.

H: Parchado parcial.

Hinchamiento (18)

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial.

Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

Niveles de Severidad	Descripción
L	El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.
M	El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.
H	El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Medir (m²): Los hinchamientos son medidos en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Meteorización o desprendimiento de agregados (19)

Los desprendimientos son el desgaste en la superficie del pavimento debido a la pérdida de ligante asfáltico o alquitrán y partículas del agregado removidas. Estas fallas nos indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable o que estamos en presencia de una mezcla de pobre calidad.

Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tráfico, por ejemplo, vehículos de rastreo. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de agregado por acción de los derrames de aceite de vehículos también están considerados como desprendimientos.

Niveles de Severidad	Descripción
L	<p>Cuando el agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas la superficie comienza a mostrar hoyos. En el caso de derrames, las manchas de aceite son visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda.</p>
M	<p>Cuando se ha desprendido el ligante o los agregados. La textura en la superficie es moderadamente rugosa y presenta pequeños hoyos. En el caso de derrames de aceite, la superficie es suave y puede ser penetrada con una moneda.</p>
H	<p>Cuando el desprendimiento del ligante y el agregado es considerable. La textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas son menores a 10mm (4 pulgadas) en diámetro y menores a 13mm (1/2 pulgada) en profundidad; las áreas ahuecadas mayores que estas son consideradas como fallas tipo baches. Para el caso de los derrames de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto de liga y el agregado ha comenzado a perderse.</p>

Medir (m²): Los desprendimientos son medidos en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

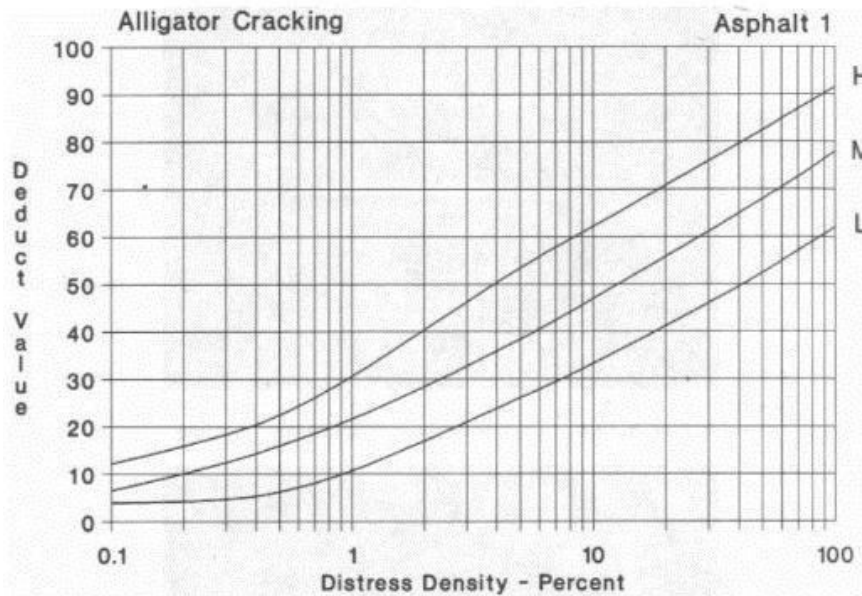
H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Para los niveles M y H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parchado parcial.

Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

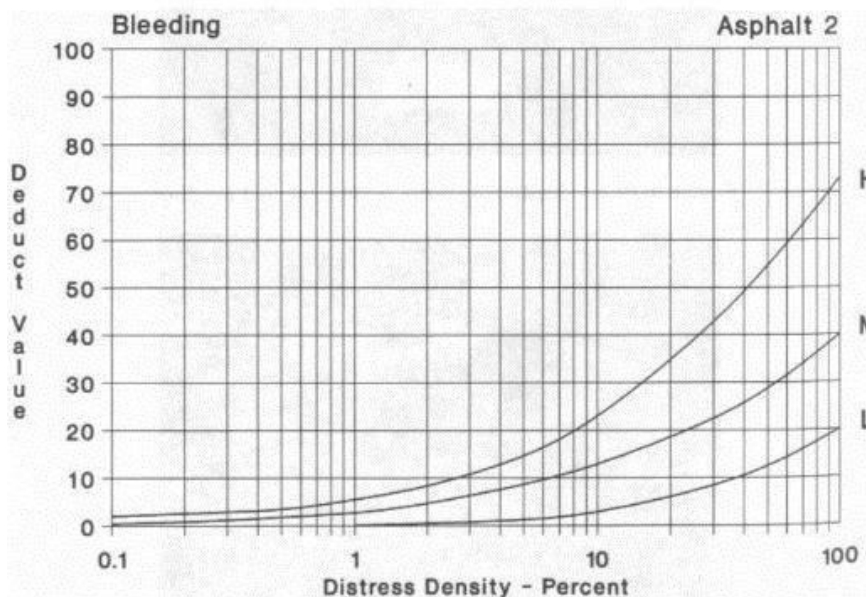
Anexo n° 5. Curvas para determinar VD y CDV en pavimentos asfálticos.

Piel de cocodrilo



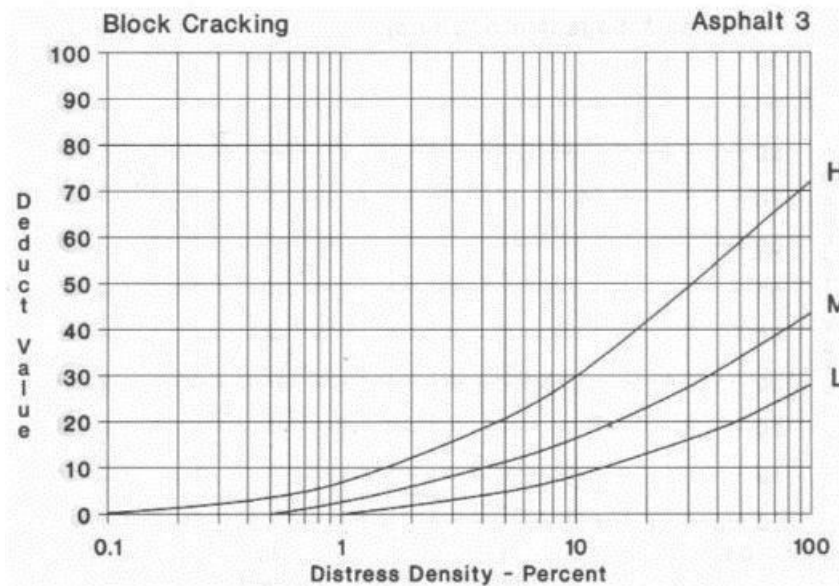
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Exudación



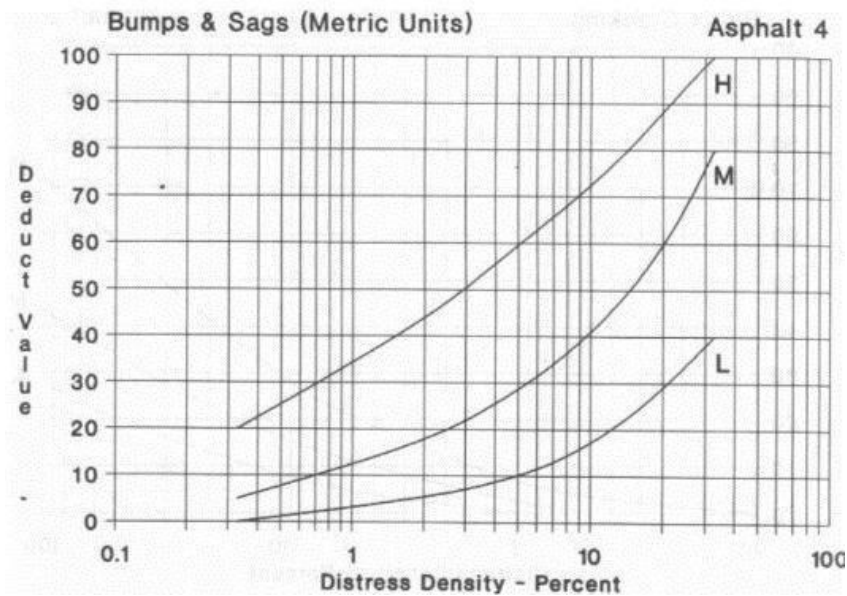
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Agrietamiento en bloque



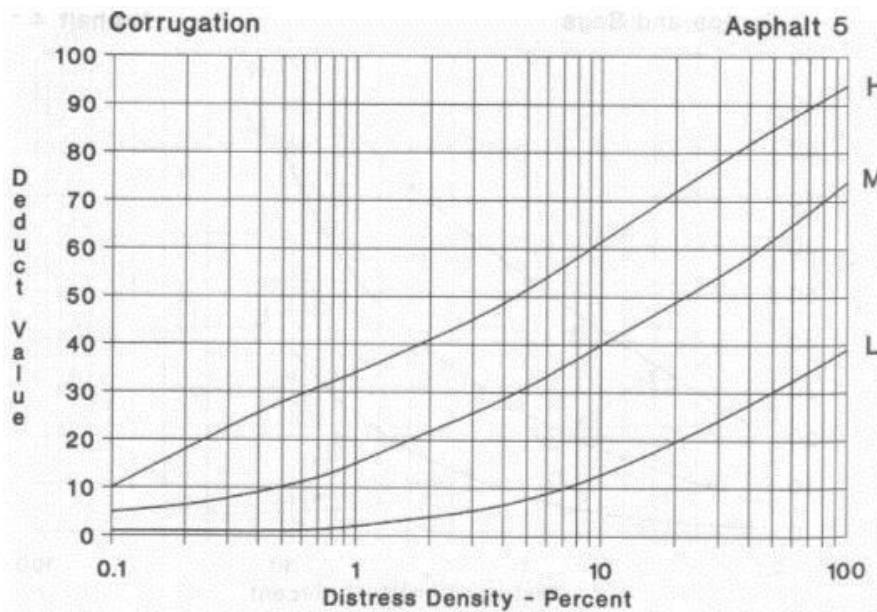
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Abultamientos (Bumps) y Hundimientos (Sags)



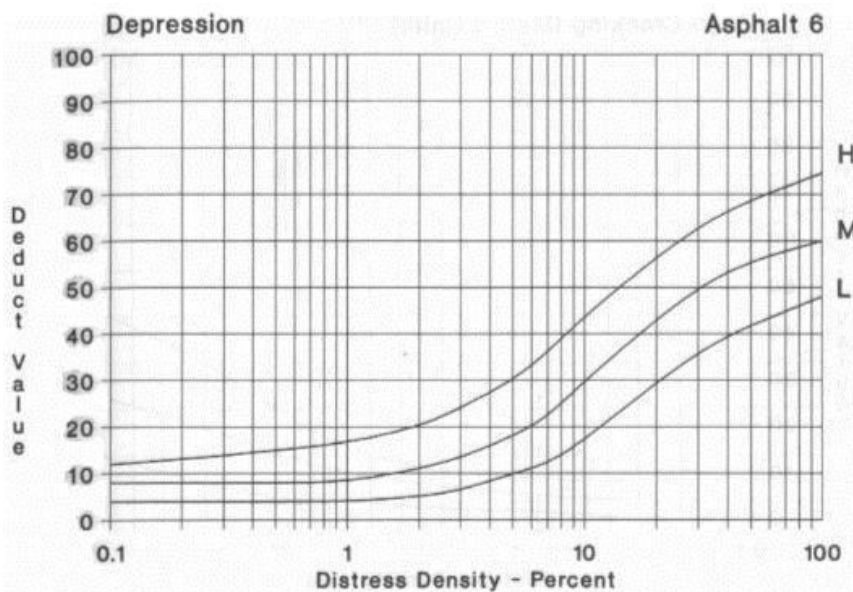
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Corrugación



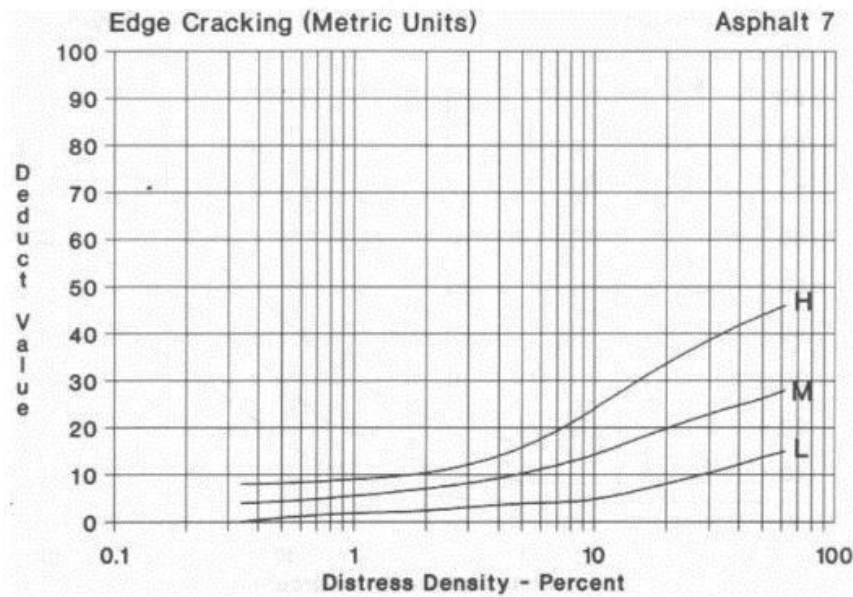
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Depresión



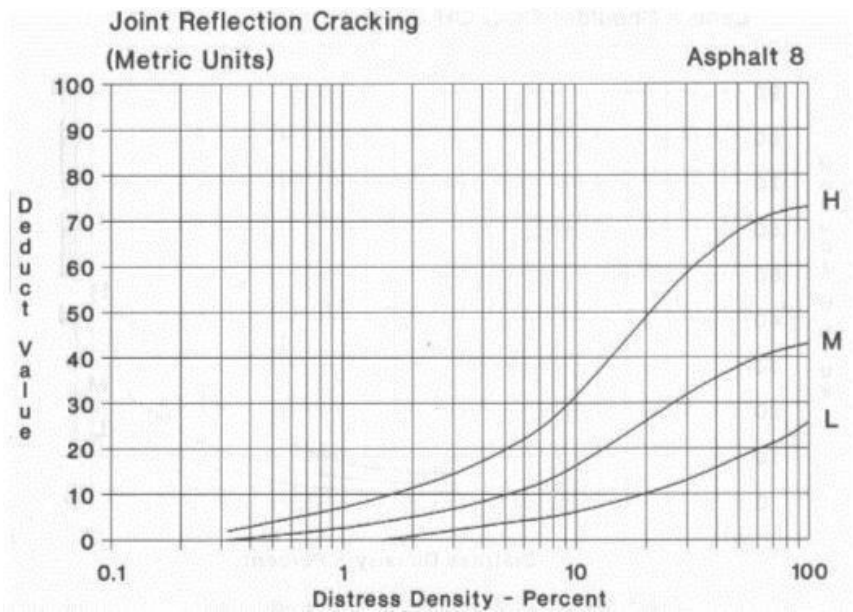
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Grieta de borde



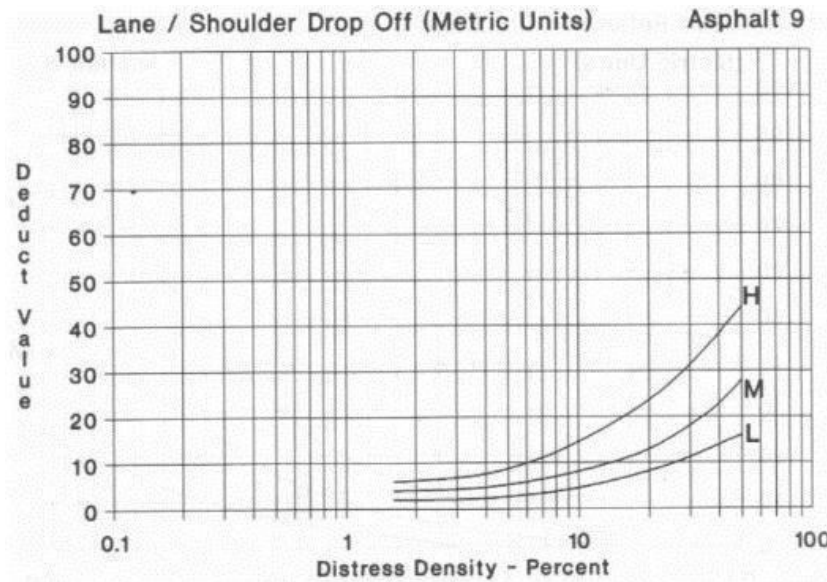
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Grieta de reflexión de junta



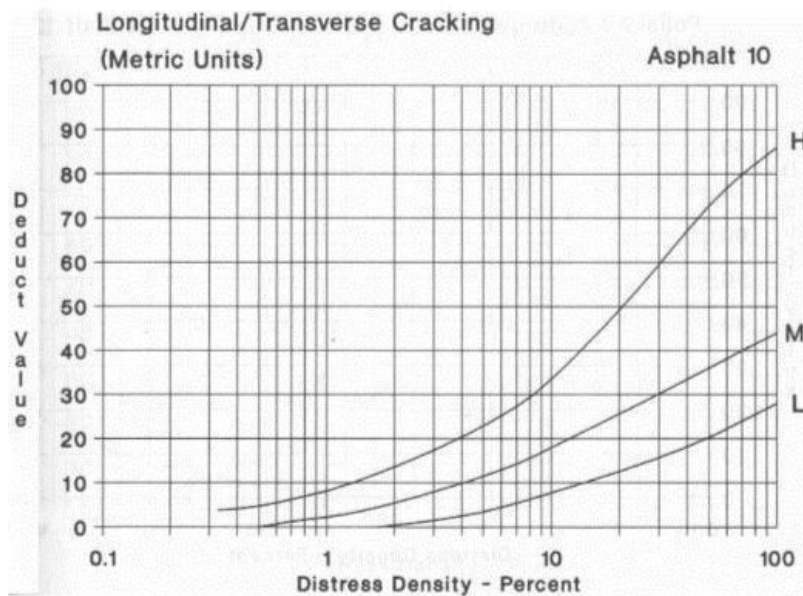
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Desnivel carril/berma



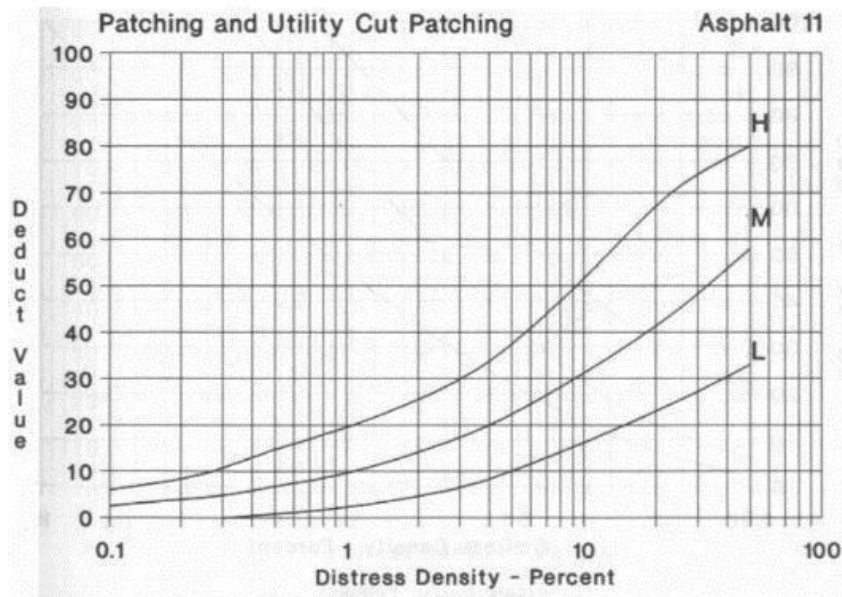
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Grietas longitudinales y transversales



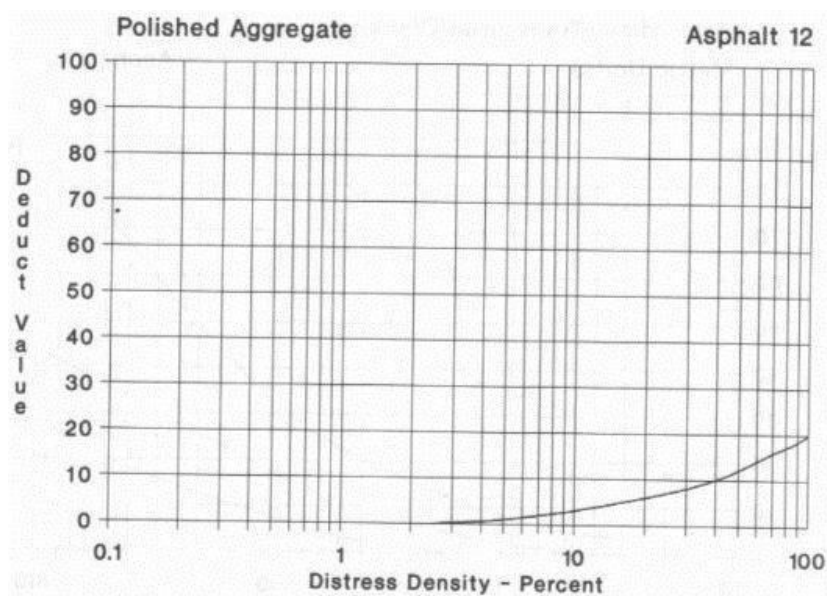
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Parchado y acometidas de servicios públicos



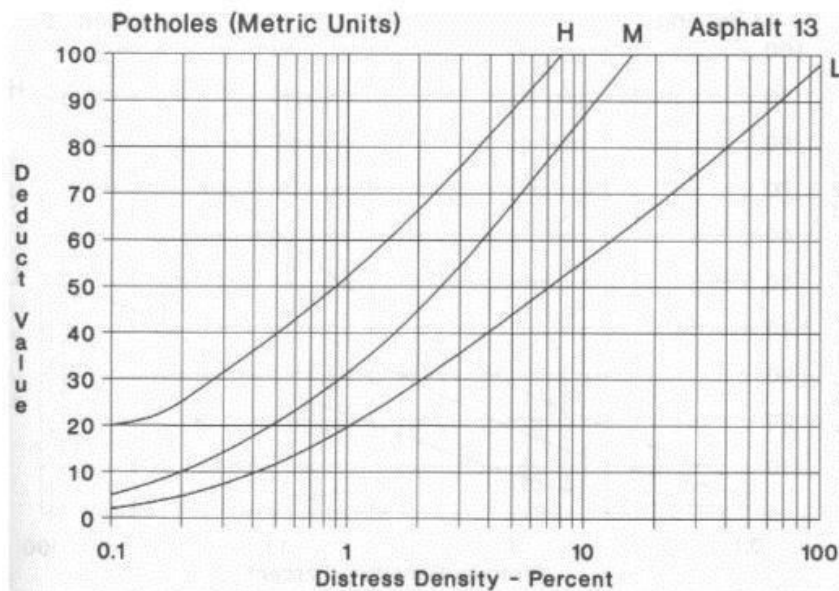
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Pulimento de agregados



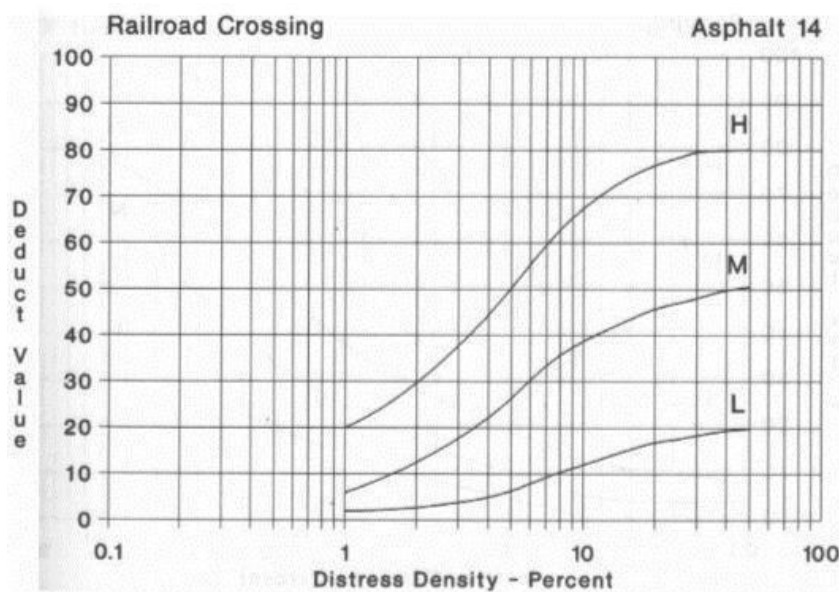
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Huecos



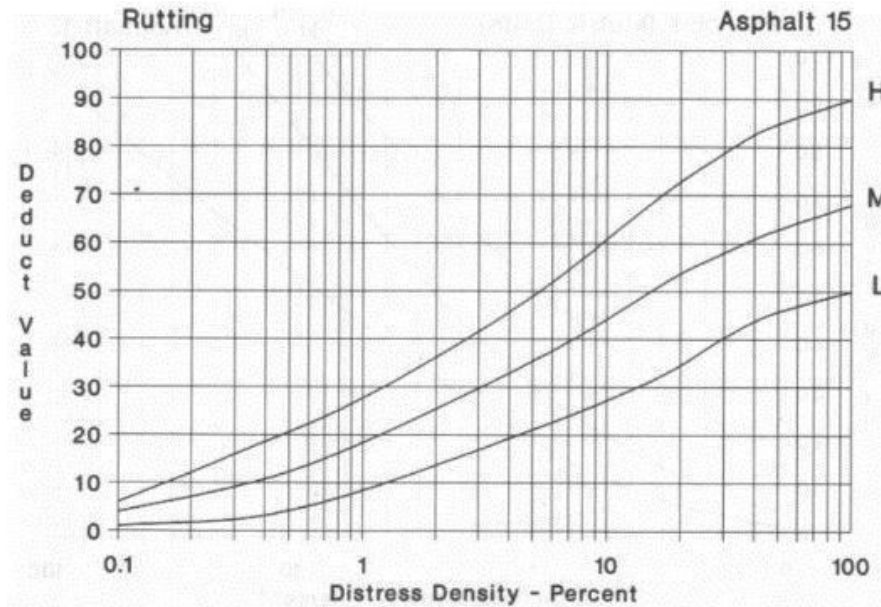
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Cruce de vía férrea



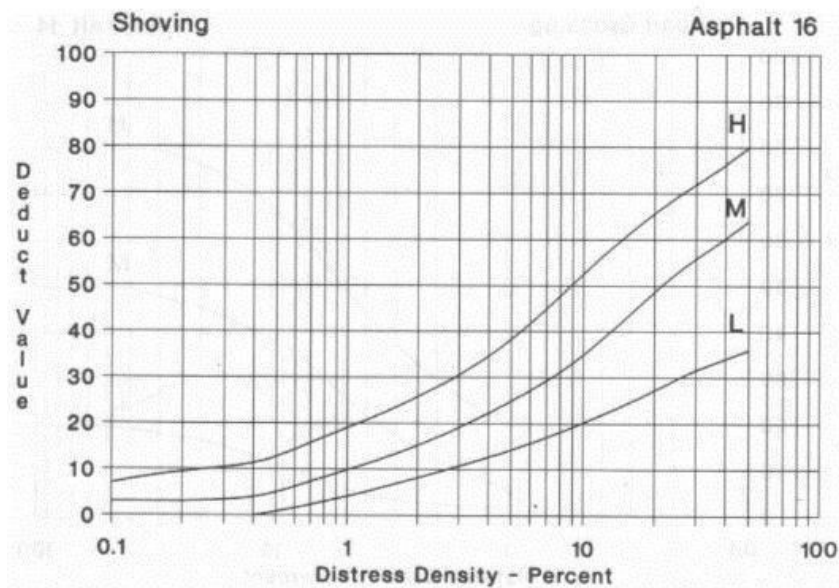
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Ahuellamiento



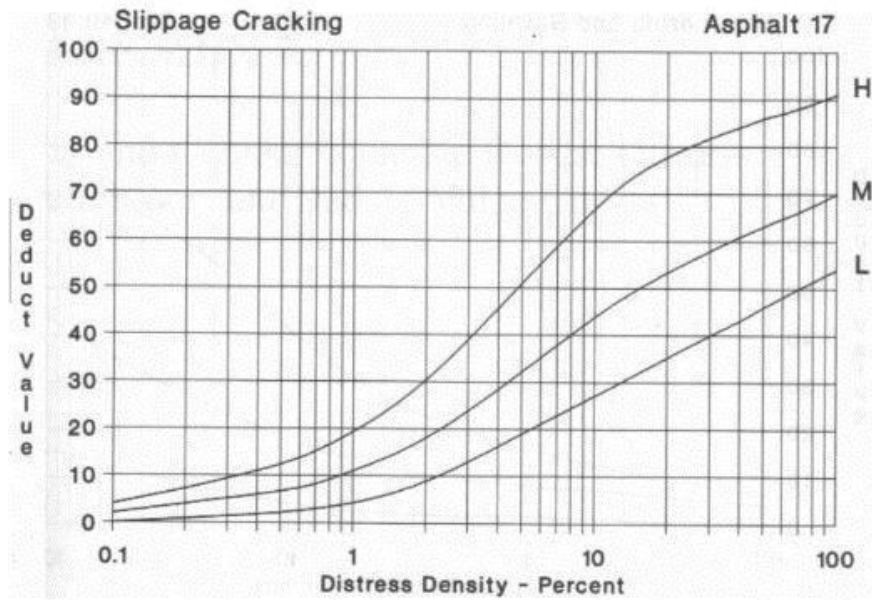
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Desplazamiento



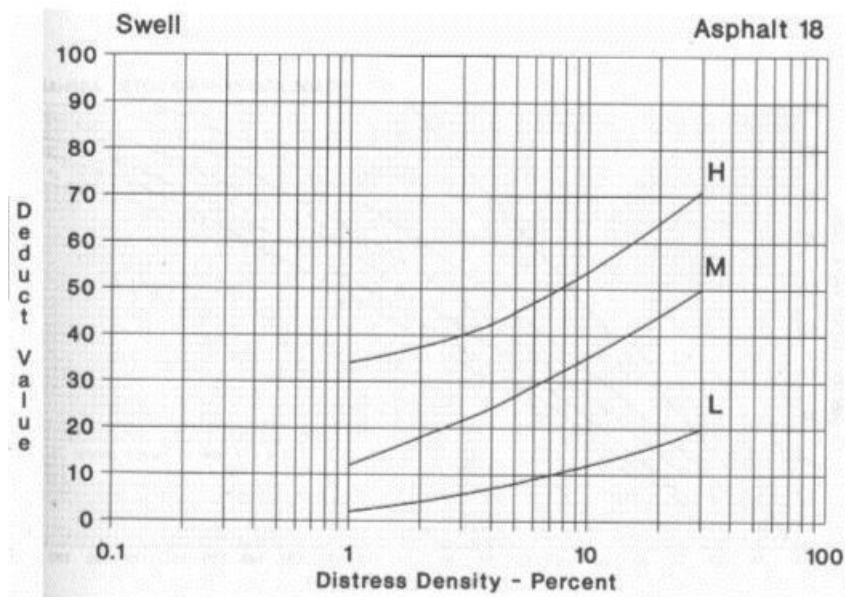
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Grietas parabólicas



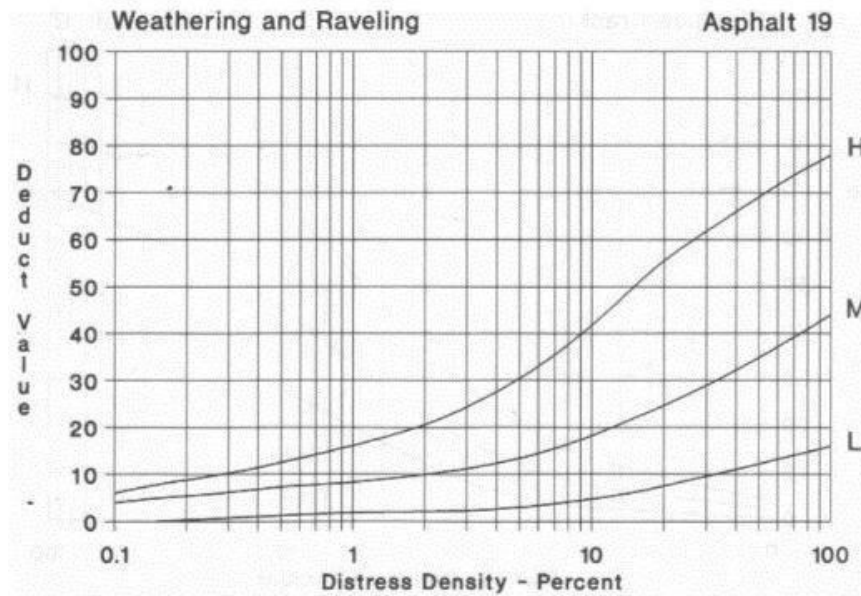
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Hinchamiento



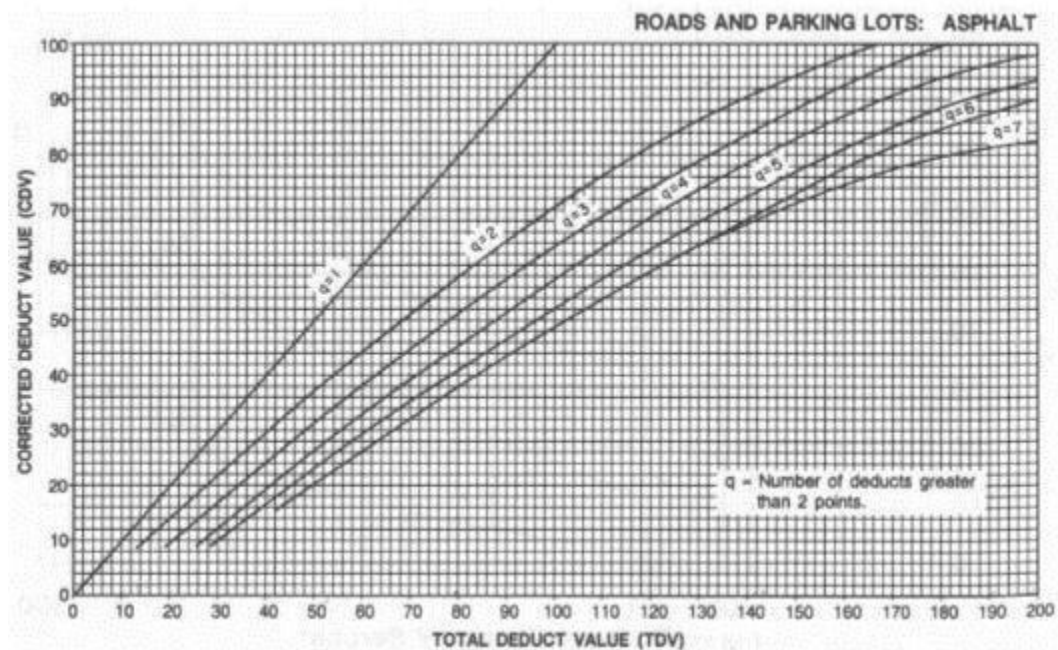
Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Meteorización / desprendimiento de agregados

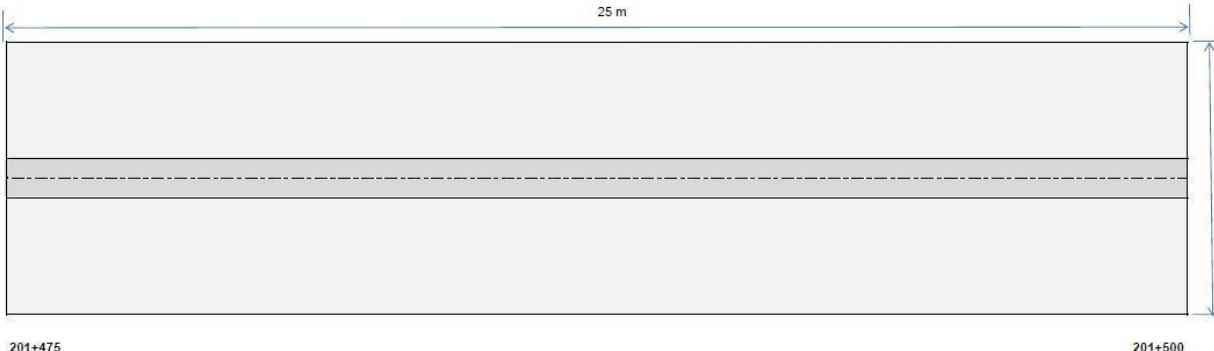


Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

Curvas para evaluación del CDV



Fuente: (Vásquez Valera, 2006)

ESTUDIO DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO		MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASTM D 6433 - 03										RESPONSABLE: LUIS ANGEL MUÑOZ SALAZAR		
ASFALTICO DE LA CARRETERA TRAMO III: CORRAL QUEMADO - BAGUA (KM 196+000 AL KM 218+000)		CROQUIS: 												
ÁREA:	165 m2													
SECCION:	6													
UNIDAD DE MUESTRA:	M-220													
UNIDAD DE ÁREA:	m2													
FECHA:	oct-17													
1. Grieta piel de cocodrilo	m2	6. Depresion	m2	11. Parcheo y Acometidas de Servicios	m2	16. Desplazamiento	m2							
2. Exudación	m2	7. Grietas de Borde	m	12. Pulmientos y Agregados	m2	17. Grietas Parabolicas o por Deslizamiento	m2							
3. Agrietamiento en bloque	m2	8. Grietas de Reflexion de Junta	m	13. Huecos	m2	18. Hinchamiento	m2							
4. Abultamientos y Hundimientos	m	9. Desnivel Carril / Berma	m	14. Cruce de Vía Ferrea	m2	19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados	m2							
5. Corrugacion	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversz	m	15. Ahuellamiento	m2									
DEFECTO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	110.0										110.0	66.67	87.10
10	L	2.0	3.0	11.0	3.0	3.0	2.0	1.8				25.8	15.64	10.36
												PCI	CLASIFICACION	
												11	MUY POBRE	

Nota:

Elaboración: del autor.