

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
MEDIANTE LAS METODOLOGÍAS DEL MTC PERÚ Y PCI**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADA POR:

Bach. BRAVO REYES, MIGUEL

ASESOR: M. Sc. Ing. HUAMÁN GUERRERO, NESTOR W.

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi dios todo poderoso por todas sus bendiciones del día a día y a mis padres que me apoyaron en todo momento a pesar de las dificultades de la vida.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater la universidad
ricardo palma por la oportunidad
de estudiar en esta gran institución
y a los asesores que han aportado
con sus enseñanzas y experiencias,
para culminar la presente tesis.

INDICE GENERAL

RESUMEN	XIV
ABSTRAC	XV
INTRODUCCION	1
1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	5
1.2.1. Problema general.	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN: TEMPORAL, ESPACIAL Y TEMÁTICA	5
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	6
1.5.1. Justificación técnica	6
1.5.2. Justificación social	6
1.5.3. Justificación por viabilidad	7
1.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	7
2. CAPITULO II: MARCO TEORICO	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1.1. Antecedentes nacionales	8
2.1.2. Antecedentes Internacionales	13
2.2. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS A LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.2.1. Definición de pavimentos	22
2.2.2. Clasificación de pavimentos	22
2.2.3. Componentes de la infraestructura del Pavimento.....	23
2.2.4. Pavimentos asfálticos.....	25
2.2.5. Características del pavimento asfáltico.....	25
2.2.5.1. Resistencia estructural	25

2.2.5.2.	Durabilidad	26
2.2.5.3.	Mantenimiento para su conservación:	26
2.2.6.	Ciclo de vida del pavimento asfáltico.....	26
2.2.6.1.	Fase A: Construcción.....	27
2.2.6.2.	Fase B: Deterioro lento	27
2.2.6.3.	Fase C: Deterioro acelerado.....	27
2.2.6.4.	Fase D: Deterioro total.....	27
2.2.7.	Fallas en pavimentos asfálticos.....	29
2.2.7.1.	Piel de Cocodrilo.	30
2.2.7.2.	Exudación.	31
2.2.7.3.	Agrietamiento en Bloque.....	32
2.2.7.4.	Abultamientos y hundimientos.	33
2.2.7.5.	Corrugación.	34
2.2.7.6.	Depresión.	35
2.2.7.7.	Fisura de borde.	35
2.2.7.8.	Fisuras longitudinales y transversales.....	36
2.2.7.9.	Parches y parches de cortes utilitarios.	37
2.2.7.10.	Los baches.	38
2.2.7.11.	Ahuellamiento.	38
2.2.7.12.	Desplazamientos.	39
2.2.7.13.	Hinchamientos.....	40
2.2.7.14.	Fisura de reflexión de juntas.	41
2.2.7.15.	Desnivel carril - berma.	41
2.2.7.16.	Agregados Pulidos.....	42
2.2.7.17.	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	43
2.2.7.18.	Fisura parabólica o por deslizamiento.....	44
2.2.8.	Factores de diseño en los pavimentos asfálticos.....	45
2.2.8.1.	Tránsito.....	45
2.2.8.2.	Clima.....	46

2.2.8.3. Materiales.....	46
2.2.9. Evaluación de pavimentos.	47
2.2.9.1. Tipos de evaluación de pavimentos	47
2.2.10. Metodología del Índice de condición del pavimento (PCI).....	51
2.2.10.1. Reseña histórica.....	51
2.2.10.2. Alcance de la metodología pavement condition index.....	52
2.2.10.3. Índice de condición del pavimento (PCI)	52
2.2.10.4. Grado de la condición del pavimento	53
2.2.10.5. Objetivos de la Metodología PCI	53
2.2.10.6. Procedimiento de Evaluación.....	54
2.2.10.7. Instrumentación y materiales.....	56
2.2.10.8. Tipos de fallas según PCI	57
2.2.10.9. Muestreo y unidades de muestra.....	58
2.2.10.10. Procedimientos de inspección.....	61
2.2.10.11. Calculo del PCI de la unidad de muestra.....	61
2.2.10.12. Determinación del PCI de la sección.....	65
2.2.11. Metodología del MTC PERU	66
2.2.11.1. Reseña histórica	66
2.2.11.2. Objetivo de la metodología MTC PERU.....	67
2.2.11.3. Clasificación de las fallas en los pavimentos flexibles o asfálticos..	67
2.2.11.4. Tipos de Fallas según MTC PERU.....	70
2.2.11.5. Procedimiento de Evaluación.	70
2.2.12. Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos asfálticos.	73
2.2.12.1. Actividades de conservación de pavimentos asfálticos.....	74
2.2.12.2. Técnicas de rehabilitación de pavimentos.....	78
3. CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS	86
3.1. HIPOTESIS.....	86
3.1.1. Hipótesis general.....	86
3.1.2. Hipótesis específicas.....	86
3.1.3. Variables.....	86
3.1.3.1. Definición de variables.....	87

3.1.3.2.	Operacionalización de variables.	88
3.1.3.3.	Matriz de consistencia	88
4.	CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	89
4.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	89
4.2.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	89
4.3.	POBLACIÓN DE ESTUDIO	89
4.4.	DISEÑO MUESTRAL	89
4.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	89
4.6.	PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	90
4.7.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	90
5.	CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACION	91
5.1.	PRESENTACIÓN DE EXPERIENCIAS EN EVALUACIONES DE PAVIMENTOS ASFALTICOS BAJO LAS METODOLOGÍAS DEL MTC PERU Y PCI.	91
5.1.1.	Contexto de la Investigación.....	91
5.1.2.	Tipos de fallas bajo las metodologías MTC PERU y PCI.....	96
5.1.3.	Evaluación del tipo de fallas según las metodologías MTC PERU y PCI. 99	
5.1.4.	Resultados del estado de condición del pavimento según metodologías MTC PERU y PCI.....	108
5.2.	EVALUACIÓN DE VÍA MUESTRAL APLICATIVA DE AV. LAS NAZARENAS – SURCO LIMA.....	119
5.2.1.	Ubicación de la zona en estudio.....	119
5.2.2.	Aplicación de metodologías MTC PERU y PCI.....	120
5.2.3.	Aplicación de la metodología PCI en la vía muestral.....	120
5.2.4.	Calculo del PCI de unidades muestrales evaluadas.....	123
5.2.5.	Aplicación de la metodología MTC PERU en la vía muestral.....	136
5.2.6.	Calculo de la condición de la sección muestral	137

6. CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	140
6.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL BAJO LAS METODOLOGÍAS PCI Y MTC PERU.....	140
6.2. COMPARACIÓN ENTRE LAS METODOLOGÍAS MTC PERU Y PCI EN LA EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS.....	144
6.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL BAJO LAS METODOLOGÍAS PCI Y MTC PERU.....	146
6.4. PROPUESTA DE MEJORA SEGÚN LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA MTC PERU Y PCI.	149
6.5. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	151
CONCLUSIONES	156
RECOMENDACIONES	158
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	160
ANEXOS.....	165

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Deterioros o Fallas de los pavimentos asfaltados	69
Tabla N°2: Clase de extensión de los daños de los pavimentos.....	71
Tabla N°3: Clase de densidad de los baches de los pavimentos flexibles.....	71
Tabla N°4: Ancho de Influencia de las Fisuras longitudinales y Transversales	72
Tabla N° 5: Calificación de Condición	72
Tabla N°6: Tipos de Condición según Fisuras longitudinales y Transversales	72
Tabla N°7: Tipos de Conservación según calificación de condición.....	73
Tabla N°8: Acciones de intervencion segun su PCI.....	74
Tabla N°9: Número de muestras e intervalos de muestras.....	93
Tabla N°10: Hoja de recolección de datos PCI.....	100
Tabla N°11: Calculo de valores deducidos	103
Tabla N°12: Formato de recolección para la metodología MTC PERU	104
Tabla N°13: Formato de cálculo de condición MTC PERU	105
Tabla N°14: Resultados del método del PC	108
Tabla N°15: Resumen del estado U.M de la vía según PCI.....	108
Tabla N°16: Resumen del estado de la vía según PCI	109
Tabla N°17: Resultados del método del MTC	110
Tabla N°18: Resumen del estado de U.M de la vía según MTC.....	111
Tabla N°19: Resumen del estado de la vía según MTC	112
Tabla N°20: Calculo PCI tramo I	123
Tabla N°21: Calculo PCI tramo II	124
Tabla N°22: Calculo PCI tramo III	125
Tabla N°23: Calculo PCI tramo IV	126
Tabla N°24: Calculo PCI tramo V.....	127
Tabla N°25: Calculo PCI tramo V.....	128
Tabla N°26: Resumen de unidades muéstral PCI.....	129
Tabla N°27: Resumen del estado de la vía muestral según PCI	130
Tabla N°28: Resumen de unidades muestrales según MTC PERU	131
Tabla N°29: Resumen del estado de la vía según MTC PERU.....	132
Tabla N°30: Resumen de unidades muestrales PCI	141

Tabla N°31: Resumen del estado de la vía muestral según PCI	142
Tabla N°32: Resumen de unidades muestrales según MTC PERU	143
Tabla N°33: Resumen del estado de la vía muestral según MTC PERU	143
Tabla N°34: Cuadro comparativo de metodologías PCI y MTC PERU	144
Tabla N°35: Acciones de intervencion segun su PCI.....	144
Tabla N°36: Tipos de Conservación según calificación de condición MTC....	142
Tabla N°37: Resumen de unidades muestrales según MTC PERU.....	142
Tabla N°38: Resumen del estado de la vía muestral según MTC PERU.....	143
Tabla N°39: Resumen del estado de la vía muestral según MTC PERU.....	143
Tabla N°40: Resumen de unidades muestrales PCI.....	144
Tabla N°41: Resumen del estado de la vía muestral según PCI....	146
Tabla N°42: Cuadro comparativo de metodologías PCI y MTC PERU.....	148
Tabla N°43: Acciones de intervencion según su PCI.....	149
Tabla N°44: Tipos de Conservación según calificación de condición MTC PERU...	150
Tabla N°45: Cuadro comparativo de tipo de fallas PCI y MTC PERU.....	151
Tabla N°46: Cuadro comparativo de metodologías PCI y MTC PERU.....	153

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Pavimento Flexible.....	22
Figura N°2: Pavimento Rígido	23
Figura N°3: Pavimento Articulado.....	23
Figura N°4: Sección transversal de la estructura de pavimento asfaltico	24
Figura N°5: Transferencia de carga en la estructura del pavimento	25
Figura N°6: Ciclo de vida de una vía sin mantenimiento.....	28
Figura N°7: Ciclo de vida de un camino con y sin mantenimiento.....	29
Figura N°8: Resumen de fallas en los pavimentos flexibles o asfalticos.....	30
Figura N°9: Piel de Cocodrilo	31
Figura N°10: Exudación	32
Figura N°11: Agrietamiento en Bloque.....	32
Figura N°12: Abultamiento	33
Figura N°13: Hundimiento	34
Figura N°14: Corrugación	34
Figura N°15: Depresión.....	35
Figura N°16: Fisura de borde	36
Figura N°17: Fisuras longitudinales y transversales	37
Figura N°18: Parches y parches de cortes utilitarios.....	37
Figura N°19: Los baches	38
Figura N°20: Ahuellamiento	39
Figura N°21: Desplazamientos.....	40
Figura N°22: Hinchamientos.....	40
Figura N°23: Fisura de reflexión de juntas	41
Figura N°24: Desnivel carril – berma	42
Figura N°25: Agregados Pulidos.....	42
Figura N°26: Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	43
Figura N°27: Fisura parabólica o por deslizamiento.....	44
Figura N°28: Calicatas	48
Figura N°29. Viga Benkelman	49
Figura N°30: Clasificación de métodos para evaluación estructural	49

Figura N°31: Perfilómetro Láser de la marca SSI.....	50
Figura N°32: Bicicleta de Merlín (TRRL)	51
Figura N°33: Índice de Condición del Pavimento y Escala de Graduación.....	52
Figura N°34: Odómetro Manual.....	56
Figura N°35: Ajuste del número de valores deducidos	63
Figura N°36: Corrección del valor deducido en pavimentos asfálticos	64
Figura N°37: Sellado de Grietas con asfalto	75
Figura N°38: Procedimiento típico de colocación de parches	76
Figura N°39: Procedimiento típico sello arena-asfalto	79
Figura N°40: Procedimiento típico de riego negro	79
Figura N°41: Procedimiento típico de arenado	80
Figura N°42: Aplicación de lechada asfáltica y microaglomerante en frío.....	80
Figura N°43: Tratamiento superficial con asfalto modificado con polímeros	81
Figura N°44: Sobre carpeta de Asfalto.....	83
Figura N°45: Reciclado superficial en sitio	84
Figura N°46: Máquina fresadora, pavimento fresado y material fresado	85
Figura N°47: Dimensión de calzada y berma.....	93
Figura N°48: Zona de Estudio.....	95
Figura N°49: Tipos de fallas según PCI.....	97
Figura N°50: Tipos de fallas según MTC.....	97
Figura N°51: Tipos de fallas según PCI.....	98
Figura N°52: Tipos de fallas según PCI.....	98
Figura N°53: Ábaco de fallas de fisuras longitudinales y transversales.....	101
Figura N°54: Ábaco de fallas de fisuras longitudinales y transversales.....	101
Figura N°55: Corrección del valor deducido en pavimentos asfálticos.....	102
Figura N°56: Formato de exploración de la condición por unidad de muestreo.....	107
Figura N°57: Porcentaje de Condición del pavimento PCI.....	109
Figura N°58: Porcentaje de Condición del pavimento MTC.....	111
Figura N°59: Resultados del Método PCI.....	112
Figura N°60: Resultados del Método PCI.....	113
Figura N°61: Resultados del Método PCI.....	114

Figura N°62: Resultados del Método PCI.....	115
Figura N°63: Resultados del Método PCI.....	116
Figura N°64: Resultados del Método PCI.....	117
Figura N°65: Resultados del Método MTC	118
Figura N°66: Resultados del Método MTC	118
Figura N°67: Ubicación de vía muestral	120
Figura N°68: Tramo muestral.....	120
Figura N°69: Vista panorámica de zona de estudio	122
Figura N°70: Escalas de Condición PCI y MTC PERU	145

RESUMEN

La investigación consto en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos bajo las metodologías del MTC PERU y PCI, y presento como objetivo demostrar la importancia de la evaluación de los pavimentos asfálticos mediante la aplicación de las metodologías del MTC PERU (manual de mantenimiento y conservación vial del ministerio de transportes y comunicaciones) y del PCI (ASTM D6433-7 manual pavement condition index).

Con el fin de lograr el objetivo del estudio se tomó en cuenta la información bibliográfica y los antecedentes relacionados al tema, ya que la tesis será del tipo básica, nivel descriptivo y diseño no experimental.

Además se tuvo en cuenta el procedimiento de evaluación que considera cada metodología, como los tipos de fallas o deterioros, niveles de severidad y demás parámetros que contemplan los manuales.

Un tema muy importante que sumo a la investigación fueron las experiencias relacionadas al tema y la evaluación de una vía muestral, que al final de evaluar los resultados por ambas metodologías se llegó a cumplir la hipótesis propuesta como se describe en las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Palabras claves: metodología PCI, metodología MTC PERU, pavimento asfáltico, tipos de fallas, evaluación superficial, condición del pavimento, eficiente, niveles de severidad.

ABSTRAC

The research consisted of the surface evaluation of asphalt pavements under the methodologies of MTC PERU and PCI, and the objective was to demonstrate the importance of the evaluation of asphalt pavements by applying the methodologies of MTC PERU (road maintenance and conservation manual from the Ministry of Transportation and Communications) and the PCI (manual index of pavement condition ASTM D6433-7).

In order to achieve the objective of the study, the bibliographic information and the antecedents related to the subject were taken into account, since the thesis will be of the basic type, descriptive level and non-experimental design.

In addition, the evaluation procedure considered by each methodology was taken into account, such as the types of failures or deteriorations, severity levels and other parameters that the manuals contemplate.

A very important topic that added to the research were the experiences related to the subject and the evaluation of a sample route, which at the end of evaluating the results by both methodologies, the proposed hypothesis was met as described in the conclusions and recommendations of the investigation.

Keywords: PCI methodology, MTC PERU methodology, asphalt pavement, types of faults, surface evaluation, pavement condition, efficient, severity levels.

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación aborda la problemática de las fallas o deterioros existentes en los pavimentos asfálticos a nivel superficial en las carreteras y vías urbanas del país, para este fin se evaluara bajo las metodologías del manual del pavement condition index (PCI) y del manual de mantenimiento y conservación vial del ministerio de transportes y comunicaciones (MTC PERU) ya que cada una de estas metodologías tienen diferentes consideraciones al momento de evaluar la condición del deterioro del pavimento.

Con el fin de lograr los objetivos esperados en la presente investigación se considera estructurar la investigación de la siguiente manera:

Capítulo I: que está referido al planteamiento del problema que con lleva a realizar el estudio. Además se plantea el objetivo general y los objetivos específicos que rigen la investigación, la justificación e importancia y la delimitación del estudio.

Capitulo II: que está referido al marco teórico que sustenta la investigación, donde se incluyen los antecedentes y las bases teóricas relacionadas a los pavimentos asfálticos, las metodologías del MTC PERU y PCI y el mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos asfálticos.

Capitulo III: que está referido al sistema de hipótesis donde se plantean la hipótesis general, hipótesis específicas y las variables de la investigación.

Capitulo IV: que está referido a la metodología de la investigación que será del tipo básica, nivel descriptivo y diseño no experimental. Además se detalla la población y muestra, técnicas de recolección de datos y la de procesamiento y análisis de la información.

Capítulo V: que está referido al análisis de la investigación mediante las experiencias relacionadas a la investigación, evaluación y clasificación del tipo de fallas de la vía muestral en estudio bajo la aplicación de las metodologías MTC PERU y PCI.

Capítulo VI: que es referido a la presentación y análisis de resultados de la investigación que es todo lo relacionado a lo obtenido luego de la culminar las evaluaciones como tablas, resúmenes de resultados y la comparación entre ambas metodologías MTC PERU y PCI y proponer acciones correctivas en los pavimentos asfálticos.

Finalmente, se culmina con las respectivas conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos de la investigación.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema.

En el mundo la infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio de una nación, ya que está vinculada directamente con el cierre de brechas pues permite el desarrollo social y económico de la población.

Lo que debemos poner en contexto es la calidad de las carreteras en los países desarrollados donde el estado de las mismas por lo general son de buena calidad debido a su inversión en su programa de mantenimiento. Dentro de los países con mejor calidad de vías son: Emiratos Árabes Unidos, Singapur, Suiza, Hong Kong, Países bajos, Japón, Francia, Portugal, Austria, Estados Unidos.

En América Latina según CNN español (2018), *“Chile, Ecuador y Panamá, son los países con mejor calidad de vías de América Latina, mientras que Costa Rica, Paraguay y Haití, tienen el peor estado de sus carreteras, según un reporte de Competitividad Global publicado por el Foro Económico Mundial (FEM).”*

En el Perú los proyectos de infraestructura vial no cuentan con un adecuado mantenimiento o rehabilitación lo que dice mucho de las autoridades de turno; debido a esta inacción nuestras vías ya sean distritales, regionales o nacionales se están deteriorando al no existir una política adecuada de conservación vial.

El pavimento es una estructura que tiene un período de vida útil finito y que al final de este se inicia un proceso de deterioro que se manifiesta mediante un conjunto de fallas que reducen la serviciabilidad y llevan a incrementar los costos a nivel de usuario y de mantenimiento.

En tal sentido debido a la problemática actual se ve como necesaria esta investigación con el fin de aportar en la evaluación de pavimentos asfálticos mediante las metodologías en estudio ya que por lo general una vía está sometida a solicitaciones de carga que representa una causa que induce a la fatiga de la estructura.

Lo más importante es tener en cuenta que no se debe esperar el deterioro de un pavimento para iniciar las labores de mantenimiento y rehabilitación, ya que al intervenirlos a tiempo se optimiza la inversión económica e incrementa su vida útil.

Al evaluar un pavimento asfáltico como es el caso de esta investigación nos referimos a la evaluación de un pavimento asfáltico en servicio y para ello existen principalmente (02) tipos de evaluación de pavimentos que detallamos a continuación:

La primera es la evaluación funcional, que nos permite determinar las características superficiales del pavimento, traducidas en parámetros como: textura, estado de condición del pavimento, rugosidad, fricción, etc.

En general esta evaluación se relaciona con el estado general de la superficie del pavimento considerando todos aquellos factores que afectan negativamente al usuario como son: el tránsito vehicular, costo, seguridad y confort.

El segundo tipo de evaluación es la estructural, que realizan la medición de las deflexiones con equipos como: viga Benkelman, dynaflect, deflectómetro, falling weight deflectometer y una evaluación empírica para la vida remanente; y ensayos destructivos, en los que se realizan, extracción de testigos, placa de carga, calicatas y el penetrómetro dinámico. La evaluación estructural de un pavimento existente abarca los siguientes trabajos:

- ✓ Evaluación superficial de la condición del pavimento.
- ✓ Evaluación del sistema de drenaje.
- ✓ Determinación de espesores y el tipo de materiales que conforman la estructura del pavimento.
- ✓ Medición de deflexiones del pavimento

Como se puede observar la evaluación de pavimentos en general es un tema amplio a desarrollar y que esta investigación tiene por fin contribuir a un mejor conocimiento de las fallas que se presentan en los pavimentos y finalmente como rehabilitarlas.

1.2 Formulación del problema.

1.2.1 Problema general.

¿Cómo evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos?

1.2.2 Problemas específicos.

- a) ¿En qué medida los tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERU y PCI se relacionan?
- b) ¿En qué medida los índices de condición superficial del pavimento de las metodologías MTC PERU y PCI se relacionan?
- c) ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las metodologías MTC PERU y PCI?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo general.

Evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos.

1.3.2 Objetivos específicos.

- a) Determinar la relación entre los tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERU y PCI.
- b) Determinar la relación del índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU y PCI.
- c) Describir las ventajas y desventajas de las metodologías MTC PERU y PCI.

1.4 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática.

- ✓ Delimitación temporal: La tesis se desarrolló en el periodo del mes de junio a noviembre del 2020.
- ✓ Delimitación temática: dentro de los estudios temáticos empleados se tomó los pavimentos asfálticos y el uso de las metodologías MTC PERU y PCI, lo cual se muestra en el marco teórico, artículos científicos y revistas indexadas.

1.5 Justificación e Importancia.

Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista-Lucio, M. del P. (2014), en el libro metodología de la investigación (6ta ed.) señala que la: *“justificación de la investigación indica el porqué de la investigación exponiendo sus razones. Por medio de la justificación debemos demostrar que el estudio es necesario e importante”* (p.40).

1.5.1 Justificación técnica.

La presente investigación se justifica en la necesidad de identificar y evaluar las fallas superficiales en los pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC PERU y PCI. En tal sentido se determinara la patología de las fallas indicando el Índice de deterioro del pavimento por ambas metodologías y a partir de esta plantear alternativas técnicas de solución para la rehabilitación de la vía. La investigación también se centrara en plantear la importancia de la evaluación bajo la metodología más apropiada teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de las mismas. Además interesa dar a conocer los resultados, conclusiones y recomendaciones con el fin de incentivar la rehabilitación y mantenimiento del pavimento asfáltico que están a cargo de las entidades responsables.

1.5.2 Justificación social.

Los beneficios que con lleva esta investigación hacia la sociedad es la de identificar y evaluar mediante las metodologías del MTC PERU y PCI los diversos tipos de fallas que existen en los pavimentos asfálticos ya que son factores que influyen en el tránsito automotor del día a día y son potenciales puntos de accidentalidad debido a la alta velocidad de operación de los vehículos que con llevan a pérdidas humanas.

1.5.3 Justificación por viabilidad.

La presente investigación es viable por los siguientes motivos:

- ✓ Científicamente: ya que se cuenta con suficiente información nacional e internacional relacionada al tema.
- ✓ Económicamente: porque los gastos que implique la investigación pueden ser asumidos por el investigador.

1.6 Limitaciones del Estudio

El desarrollo de la tesis se basó íntegramente a la recolección de información de tesis nacionales e internacionales, manuales y artículos de investigación relacionados al tema de estudio, ya que no se pudo realizar levantamiento de información en campo y/o ensayos de laboratorio debido a la emergencia sanitaria actual que se vive a nivel mundial.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2014), en el libro metodología de la investigación (6ta ed.) señala que: “Creswell (2013a y 2005) recomienda que el marco teórico de propuestas de tesis (licenciatura y maestría) oscile entre 8 y 15 cuartillas estándares, en artículos para revistas científicas, de 6 a 12; en tesis de licenciatura y maestría de 20 a 40, y en disertaciones doctorales, de 40 a 50. Una tendencia es que el marco teórico sea breve y concreto, pero sustancial (con referencias sobre el planteamiento del problema)” (p.81).

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes nacionales.

Choque (2019), desarrollo una tesis sobre él: Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, Tramo Emp.Pe-3s Atuncol 2017. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

En donde la problemática de la investigación se centra en la evaluación del deterioro de las vías debido a una falta de mantenimiento que debería ser preventivo y periódico.

Esta investigación se planteó con el fin de obtener el método más óptimo en la evaluación de vías e incentivar el mantenimiento de los pavimentos, como así plantear alternativas de solución en las fallas y así mejorar la transitabilidad, seguridad, serviciabilidad y confort a los usuarios.

El objetivo principal de la investigación según choque (2019), fue “*Evaluar y comparar la aplicación de los métodos PCI y el Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial del MTC en la carretera Emp. PE-3S (DV.Atuncolla) –Atuncolla del año 2017.*” (p18).

Las conclusiones fueron las siguientes: la desventaja que tiene el Manual del MTC es en los niveles de gravedad, ya que al evaluar la vía con el Manual del MTC, clasifica en 02 grandes categorías; los deterioros de fallas estructurales y superficiales y bermas, con 11 tipos de fallas y 03 niveles de gravedad, en cambio el método PCI evalúa el pavimento en 19 tipos de fallas y tiene 07 escalas para evaluar la condición del pavimento y su clasificación de daños son más completos por niveles de severidad.

Las recomendaciones fueron las siguientes: que para el mantenimiento de pavimentos es recomendable el uso del método del PCI, por ser un método más completo y eficiente ya que puede evaluar carreteras de mayores distancias en menor tiempo ya que la evaluación es aleatoria a comparación del MTC que es continua.

Mori (2018), desarrollo una tesis sobre él: Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de ingeniería, Universidad Ricardo Palma, Lima.

En donde la problemática de la investigación se centra en la evaluación de la Av. Pedro Beltrán del distrito de Ventanilla de la Provincia Constitucional del Callao ya que presentan una serie de fallas como son fisuras transversales y longitudinales, baches, desprendimientos de agregados y piel de cocodrilo, los cuales afectan tanto al parque automotor como a los usuarios.

El objetivo principal de su estudio según Mori (2018), fue la de: *“Investigar las metodologías del manual de Mantenimiento o Conservación Vial del MTC y del manual del Pavement Condition Index (PCI) para determinar el índice de condición en los pavimentos asfálticos de la Av. Pedro Beltrán con el fin de elegir un manual que sea de aplicación sencilla para la inspección visual de los pavimentos asfálticos y así lograr alcanzar un estándar ideal.”*(p.9).

Las metodología de la investigación fue descriptiva, explicativa, aplicada y no experimental con el fin de determinar las fallas que se presentan en la Av. Pedro Beltrán, también se llevará un registro fotográfico donde se aprecien las fallas del tramo en estudio, se evaluarán las fallas para determinar la condición de la vía bajo las recomendaciones del manual del (PCI) y del manual de conservación vial del MTC con el fin de analizar los resultados de la aplicación de los 02 manuales. También se muestra un catálogo de fotos en el cual se aprecian los diversos tipos de fallas que presenta la vía evaluada.

Las recomendaciones fueron las siguientes: El manual del PCI presenta 19 tipos de fallas para ser evaluadas en un pavimento, mientras que el manual de mantenimiento o conservación vial del MTC presenta 11 tipos de fallas, con lo cual el manual del PCI considera fallas importantes las cuales no están establecidas en el manual del MTC, tales como abultamiento y hundimiento, corrugación, agrietamiento en bloque, grieta de reflexión de junta, pulimiento de agregados, cruce de vía férrea, grieta parabólica e hinchamiento.

Otra recomendación importante es que el manual del PCI detalla con más precisión la condición de las muestras debido a que en algunas ha calificado en condición de malas, regular y muy malas mientras que el manual del MTC lo califica todos los tramos de bueno, esto se debe a que el área de evaluación del manual del PCI es más pequeña que la del MTC, ya que el manual del PCI evalúa tramos de 36.6 metros lineales debido a un ancho de calzada de 6.3 metros, mientras que el manual del mantenimiento o conservación vial del MTC evalúa tramos de 200 metros para cualquier ancho de calzada, es por ello que las fallas no representan mucho para el manual del MTC.

Respecto a los costos de evaluación según Mori (2018), señala que: “El costo de mantenimiento para la Av. Pedro Beltrán evaluado con el manual del PCI es de S/. 42,380.55 Nuevos Soles, y con el manual del

MTC es de S/. 64,736.86 Nuevos Soles con lo cual se garantiza que la Av. Pedro Beltrán ubicada en el distrito de Ventanilla, provincia constitucional del Callao se encuentre en estado de Bueno a Muy Bueno, los precios varían de un manual a otro debido al tipo de mantenimiento que cada manual establece para cada tipo de falla.”(p.66).

Finalmente se recomienda que para mejorar el PCI promedios de una sección de un tramo en general se hace necesario incrementar el PCI individual de cada unidad muestral de peor estado mediante técnicas de reparación en tal sentido Las técnicas más Apropriadas por aplicar serían el fresado, bacheo o los parches para las fallas de piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento, sellado de grietas para las grietas longitudinales y transversales, también para el agrietamiento en bloque y para desprendimiento de agregados sería una opción el sello superficial.

Zevallos (2018), desarrollo una tesis sobre la: Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017. Escuela de Posgrado, Universidad Cesar Vallejo.

La presente investigación tiene como objetivo explicar el método PCI (Pavement Condition Index) para determinar el Índice de Condición de Pavimento en algunas vías de la Ciudad de Barranca, así poder identificar y evaluar el tipo de fallas y/o patologías existentes y cuantificar el estado de las vías. La tesis define los concepto de pavimento, su clasificación y se explica las metodologías para el uso del método Índice de Condición de Pavimento (PCI).

Así también trata de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles. Se explica el procedimiento del método: el muestreo de unidades, el cálculo del PCI, los criterios de inspección, etc. Preservar las vías existente en la Ciudad de Barranca, es de suma importancia y más que eso, es responsabilidad de los ingenieros brindar métodos que permitan cumplir con esta misión; es de esta manera que la presente

tesis, pretende mostrar un método de cuantificación de los deterioros superficiales existente en algunas calles de la Ciudad de Barranca; pudiendo ser aplicado a la mayoría de calles de la ciudad, lo que permite que se pueda implementar y planificar políticas de mantenimiento adecuadas.

Medina & De la Cruz (2015), desarrollo tesis sobre la: Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de ingeniería, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

La presente investigación consiste en la aplicación del método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en el Jr. José Gálvez. Exactamente 6929.25 m² o 842.20 metros lineales de pista de concreto asfáltico han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía, el estudio se ha dividido en seis capítulos que se detallan a continuación:

En el capítulo I, se titula planteamiento metodológico, donde se describe el problema, los objetivos, la justificación, la hipótesis y la metodología de trabajo a utilizar. En el capítulo II, se define el concepto de pavimento, tipos, comportamiento de los pavimentos y termina con el tema de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. En el capítulo III, se describe en que consiste una evaluación de pavimentos y que tipos existen. El capítulo IV, describe las fallas más comunes, los niveles de severidad, forma de medición y las medidas de reparación de los pavimentos flexibles. En el capítulo V se explica el método de PCI, dando una definición de este, los materiales e instrumentos usados, el procedimiento de inspección y el cálculo del PCI de un pavimento flexible. En el capítulo VI, se describe la zona de estudio y se aplica el método PCI a una vía, se realiza un análisis a los resultados y se propone un presupuesto de mantenimiento y rehabilitación del pavimento y se finaliza dando las conclusiones y recomendaciones.

Aldazabal (2012), desarrollo una tesis sobre él: Estudio comparativo de Metodologías del Relevamiento superficial de fallas de pavimentos asfálticos aplicación caso Chimbote. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de ingeniería, Universidad Ricardo Palma, Lima.

La muestra evaluada se localizó en la Av. José Pardo en el distrito de Chimbote donde evaluó 04 manuales entre ellos el PCI, MTC, LTTP y el Manual Colombiano.

Llegando a la conclusión que el Manual del PCI refleja resultados más claros, prácticos y precisos acordes con la realidad, y en su opinión muestra mayor facilidad de aplicación y cuenta con el apoyo de modelos aplicativos de mayor rapidez del procesamiento de la información.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Coy (2017), Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a A 53c comparando los métodos PCI y Vizir. Especialización en Ingeniería de Pavimentos, Facultad de ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

El objetivo de la investigación es la de evaluar y comparar los métodos Vizir y PCI en un pavimento flexible urbano de la calle 134 entre carreras 52a A 53c.

La presente investigación aplica las metodologías denominadas Vizir y PCI, que se aplicaran en un pavimento flexible de una zona urbana, en la ciudad de Bogotá, Colombia comparando sus métodos y dando recomendaciones cuál es el método que tiene más ventajas con respecto al otro y cual se acomoda mejor a la valoración de un pavimento asfáltico. Además este estudio presenta herramientas necesarias para conocer el estado de un pavimento flexible mediante la técnica de evaluación visual, ya que permite realizar un levantamiento de daños para darle una calificación a la capa de rodadura y definir sus necesidades con

el fin de reestablecer sus condiciones iniciales de servicio, comparando 02 métodos de auscultación que son muy utilizados en la evaluación de pavimentos asfálticos.

Luego de culminar la investigación se llegó a la siguiente conclusión que la vía evaluada de la calle 134 entre cara 52a y 53c, con las metodologías PCI y VIZIR, se obtuvieron datos de calificación muy parecidos, para la auscultación con el método PCI el resultado promedio fue de 0.65, un estado bueno y para el método Vizir el índice de deterioro superficial fue de 2, un estado bueno también.

Al-Neami, M., Al-Rubae, R., & Kareem, Z. (2018), Evaluación de la calle Al-Amarah dentro de la ciudad de Al-kut usando el índice de condición del pavimento (PCI) y la técnica GIS.

La problemática en Iraq, es que las agencias de transporte no todas tienen una herramienta como base de datos para el registro de deterioro de las carreteras, por lo que se hace necesario realizar estudios de carreteras y almacenar recopilada toda la información en un sistema integrado de gestión para conocer el estado de cada una de las carreteras y que además sirvan los datos para el proceso de mantenimiento y la estimación del costos.

Esta investigación se ha realizado para estimar la condición del pavimento flexible a través de encuestas visuales utilizando el método del Índice de Condición de Pavimento (PCI), de modo que puede proporcionar una manera fácil de calcular el PCI basado en datos SIG con el software Micro PAVER 5.2. La calle Al-Amarah, que es la carretera interna de la ciudad de Al-Kut, en la parte oriental del Iraq. El Arc Map 9.3 ha sido aplicado en este estudio en específico para realizar un sistema de mantenimiento mediante la variación de valores de PCI que se produce cada año.

El estudio se presenta como una forma concisa de presentar los deterioros en el satélite o en el mapa geográfico de la carretera en el que cada tipo de peligro se simbolizado con signo específico y cada valor PCI se detalla con un color específico.

Las capacidades del sistema geográfico y su análisis espacial se consideran las herramientas más adecuadas para mejorar las operaciones de gestión del pavimento, con características como la visualización gráfica de la condición del pavimento.

Díaz (2014), Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles. Universidad militar nueva granada, Bogotá, Colombia.

Por medio de este trabajo se pretende obtener la metodología de auscultación PCI, la cual permite realizar la evaluación de la condición superficial de los pavimentos asfálticos, y mediante experiencias recolectadas en la Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos en carreteras del invias establecer posibles actividades de intervención.

El objetivo del presente trabajo es desarrollar una matriz donde se propongan las actividades de rehabilitación y mantenimiento de los pavimentos flexibles colombianos basadas en los resultados obtenidos a partir de las metodologías de auscultación PCI.

Dado que las matrices que se presentan en este informe se desarrollaron en base a las experiencias de la Guía metodológica de rehabilitación de pavimentos asfálticos, y otras informes de rehabilitación desarrollado para casos particulares, estas no suplirán los estudios técnicos y experiencia del diseñador, simplemente estable un resumen o guía sobre la cual se podrán establecer unas estrategias iniciales de intervención, dejando en la responsabilidad del especialista en Ingeniería de Pavimentos determinar la mejor opción Técnico/Económica dependiendo

de las condiciones particulares de cada diseño, como los son el clima, el tipo de vía, la condición económica, el estado de deterioro del pavimento en el cual deberá considerar todas sus capas y demás información que considere oportuna.

Las conclusiones fueron satisfactoriamente las matrices de rehabilitación de las metodologías VIZIR y PCI, encontrando similitudes significativas en cuanto conceptos y procedimientos propuestos en La Guía Metodológica de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos del INVIAS, cabe aclarar que esta matriz no tiene como fin remplazar la experiencia ni ensayos que se deben establecer en cada caso específico, en su alcance se presentó como una guía para establecer las estrategias de rehabilitación. La metodología PCI en su forma de determinar el estado del pavimento da la opción de no incluir todas las secciones a evaluar mediante la aplicación de estadística, que para evaluaciones de menor importancia facilitan en gran medida la obtención del índice del estado del pavimento con desfase de ± 5 que ahorran recursos y tiempo.

Ruiz (2019), Aplicación de metodología de evaluación PCI a pavimento flexible en la localidad de Engativá. Especialización en Ingeniería de Pavimentos, Facultad de ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

En localidad de Engativá, sus habitantes realizan desplazamiento con fines de ocio, educación, atención médica, etcétera; es primordial el adecuado funcionamiento y mantenimiento de su malla vial local y arterial, ya que esta es el medio por el cual sus habitantes y/o transeúntes se conectan para satisfacer las necesidades básicas diarias o de esparcimiento.

El objetivo de este trabajo es realizar la evaluación de los pavimentos flexibles en segmentos viales en la localidad. Para realizar la evaluación se utilizó el método Pavement Condition Index (PCI), método

constantemente utilizado en el área ingenieril, y más específicamente en nuestra ciudad por Instituto de Desarrollo Urbano IDU. A partir de la aplicación de la metodología PCI se conoció el estado de los pavimentos, encontrando que los pavimentos flexibles se encuentran en estado muy malo con el 22.2%, malo 11.1%, regular con el 22.2%, en buen estado el 33.3%, y excelente con el 11.2%. Con el conocimiento de esta información es posible proponer acciones de mantenimiento y rehabilitación.

En conclusión se evidencia que dentro de las 9 unidades de muestreo escogidas existen 2 que presentan un valor de PCI menor a 25 lo que nos recomienda según las estrategias de intervención adoptadas por el IDU que en estos tramos se debe realizar una reconstrucción ya que su superficie posee afectaciones en más del 75% de su área.

Los daños que más afectan el índice son los que están relacionados con los daños estructurales considerables, tales como los huecos y la piel de cocodrilo. Asimismo las deformaciones verticales como abultamiento y/hundimientos y ahuellamientos afectan el índice es una menor proporción pero no menos importante.

Uricoechea & Barragán (2020), Evaluación de deterioros de la capa superficial del pavimento flexible de un 1 km de vía comprendida desde la calle 16 con carrera 12 con calle 15 y calle 14 hasta calle 11 con calle 12 del municipio de Girardot Cundinamarca. Monografía de grado para optar al Título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Programa de Ingeniería Civil, Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena, Girardot Cundimarca, Colombia.

La evaluación de deterioros de los pavimentos se realiza para determinar el estado existente de la vía, dando a conocer el daño superficial e interno que presenta el pavimento limitando su tiempo de utilidad generando problemas vehiculares.

El objetivo de la investigación fue evaluar funcionalmente el pavimento de las vías comprendidas desde la calle 16 con carrera 12 con calle 15 y 14 hasta calle 11 con calle 12 del municipio de Girardot Cundinamarca.

En la vía comprendida entre la calle 16 con carrera 12 con calle 15 y calle 14 hasta calle 11 con calle 12 del municipio de Girardot se realizó un estudio de evaluación técnica superficial de las capas de pavimento existentes donde se evidencia claramente varios tipos de fallas como hundimientos, grietas transversales y longitudinales, parcheos, etc., que generan preocupación para habitantes propios y turistas ya que este sector es una zona de bastante flujo vehicular.

Es por eso que para demostrar el deterioro del pavimento de la vía mencionada anteriormente trabajamos bajo los parámetros de un método llamado Índice de Condición de Pavimentos PCI que en pocas palabras muestra la condición y falla de un pavimento demostrado por un rango de 0 – 100, determinando los tipos de falla que presenta la vía en estudio y como se podría dar una solución.

En la conclusión de la investigación detallan las fallas encontradas sobre las vías comprendidas desde la calle 16 con carrera 12 con calle 15 y 14 hasta calle 11 con calle 12 del municipio de Girardot Cundinamarca y se puede evidenciar que dos fallas resaltan más a la vista que son la piel de cocodrilo con un 24% y las grietas longitudinales y transversales las cuales ocupa un 43%, por lo que claramente se puede deducir que requieren una reparación de manera casi inmediata. Además es importante realizar un control de calidad de materiales para tener sus características ya que de estos dependen el tiempo de vida útil de la estructura del pavimento.

Gonzales, Ruiz & Guerrero (2019), Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de condición del pavimento. Universidad de Oriente, Departamento Ingeniería Civil, Unión Nacional

de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba, Instituto Nacional de Planificación Física. Santiago de Cuba, Cuba.

Durante los años en que un pavimento se encuentra al servicio es solicitado por las condiciones climáticas y el tránsito, lo cual disminuye poco a poco la calidad de las características mecánicas y funcionales de los materiales que lo constituyen. Este trabajo refleja los resultados de un análisis bibliográfico que permite establecer, los diferentes métodos de evaluación de los pavimentos flexibles, con énfasis en los índices globales y dentro de estos en el método PCI. Seguidamente se aplica la metodología propuesta en el trabajo para el PCI al tramo Seminario Bautista-Loma la Cruz (Acceso Camino Viejo del Cobre) de la Carretera Central y se obtuvo como resultado que el estado del pavimento es regular, según la escala que muestra el método.

El objetivo de este estudio es proponer una metodología para la aplicación del método de evaluación del PCI, con la validación de su efectividad en el tramo Seminario Bautista-Loma La Cruz (Acceso camino viejo del Cobre) de la Carretera Central. En el caso de la metodología de esta investigación se realizó inicialmente un análisis de los métodos existentes a nivel internacional para la investigación y evaluación del comportamiento del pavimento. Se seleccionó el que más se adecuaba a los recursos existentes en la provincia. Para el método seleccionado el PCI se presentó una metodología de trabajo que permite su fácil aplicación, posteriormente se aplicó a un tramo de la carretera central.

Las conclusiones que se obtiene con la aplicación del PCI en el tramo de estudio se corresponde con la evaluación visual de especialistas; por tanto, y dada la ausencia de equipos de auscultación en la provincia, el Centro Provincial de Vialidad debe valorar la posibilidad de la implementación de este método, para lograr que los intendentes realicen

las evaluaciones con mayor uniformidad y calidad y propuestas de intervención más efectivas y económicas.

Se propone una metodología para la aplicación del método de evaluación Índice de Condición del Pavimento PCI, aplicada al tramo objeto de estudio, que obtuvo una calificación de regular al evaluar el estado técnico del pavimento. Con esta evaluación, conjuntamente con el análisis efectuado durante la inspección visual, se concluye que el pavimento no presenta señales de agotamiento de la capacidad estructural. Esta evaluación es una alerta para el Centro Provincial de Vialidad y sugiere un estudio de soluciones para su intervención superficial en corto plazo.

Rijal & Medis (2019), Estudio de la relación del índice de condición del pavimento (PCI) con el índice internacional de rugosidad (IRI) en pavimentos flexibles. EDP Sciences. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Sumatera Utara, Indonesia.

El objetivo de la investigación es el estudio de la relación del índice de condición del pavimento (PCI) con el índice internacional de rugosidad (IRI) en los pavimentos flexibles.

La carretera es una infraestructura que se construyó para soportar el movimiento del vehículo de un lugar a otro para diferentes propósitos. Hoy en día, a menudo se encuentran daños en la infraestructura vial, tanto carreteras locales como arterias. Por lo tanto, para mantener la condición del pavimento para que siga siendo confiable, en Indonesia tiene un programa periódico mediante la realización de una inspección funcional objetiva de carreteras reguladas por Bina Marga utilizando el Índice Internacional de Rugosidad IRI. Sin embargo, el examen IRI no es suficiente para representar la condición real del campo; es necesario realizar examen funcional subjetivo mediante la valoración de la carretera, uno de ellos es el índice de condición del pavimento (PCI, ASTM D6433).

Este método se ha aplicado ampliamente en algunos países porque tiene muchas ventajas. Sin embargo, para hacer esto la inspección requiere un costo considerable, entonces debe haber un modelo para obtener la relación entre estos dos parámetros de la carretera. El estudio de caso seleccionado fue el segmento de la carretera arterial en la ciudad de Medan, que se encuentra en el anillo interior de Medan .la carretera.

Según los resultados del análisis, existe una diferencia entre las condiciones funcionales de PCI e IRI. La ecuación derivada de estos dos parámetros es mediante la ecuación de regresión exponencial, con la ecuación $IRI=16.07exp-0.26PCI$. Con R^2 del 59% con valor del coeficiente de correlación (r) de -0,768. El valor de R^2 indica que PCI da una fuerte influencia en el valor de IRI.

La conclusiones fueron que después de la división del Pavimento de Escala de Calificación Condition Index, el segmento de carretera en el estudio la ubicación está clasificada como justa, con un PCI promedio valor de 58,6. Los tipos dominantes de daño son surcos, grietas de cocodrilo, parcheo y utilidad de corte, y carril / hombro fuera. Mientras tanto, basado en el IRI evaluación, el tramo de carretera se clasifica como una carretera de calidad, con una puntuación IRI que va de 2 a 4. Además de las diferencias en la escala de puntuación, el IRI los valores obtenidos tienden a ser menos cercanos al campo condiciones. Esto se debe a que el valor de IRI es obtenido de la cantidad de subida y bajada del sensor de rugosidad montado en el eje de la encuesta vehículo para que el sensor lea sólo la superficie de la carretera a través de las ruedas del vehículo. Basado en el valor del coeficiente de determinación, la relación entre PCI e IRI es bastante fuerte. El valor de R^2 de 0.59 indica que El 59,0% del valor de PCI tiene un valor de IRI y el valor de R es -0,768, lo que significa que el nivel de correlación de estos dos parámetros son fuertes pero opuestos.

2.2 Bases teóricas relacionadas a la investigación

2.2.1 Definición de pavimentos.

El Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su sección suelos y pavimentos (2013), señala que “*el pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos generados 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 rodamiento*” (p.23).

2.2.2 Clasificación de pavimentos

Los pavimentos se dividen en dos categorías: flexibles y rígidos aunque en la actualidad se añadió la categoría del pavimento mixto o articulado que es la combinación de flexible con rígido

- ✓ Pavimentos flexibles o asfálticos: es una estructura que tiene como superficie de rodadura material bituminoso (mortero asfáltico, TSB, micropavimento y mezclas asfálticas en caliente y frío), la cual está construida sobre capas granulares (base y sub-base), apoyando todo este conjunto de capas sobre la subrasante compactada. (Ver Figura 1).

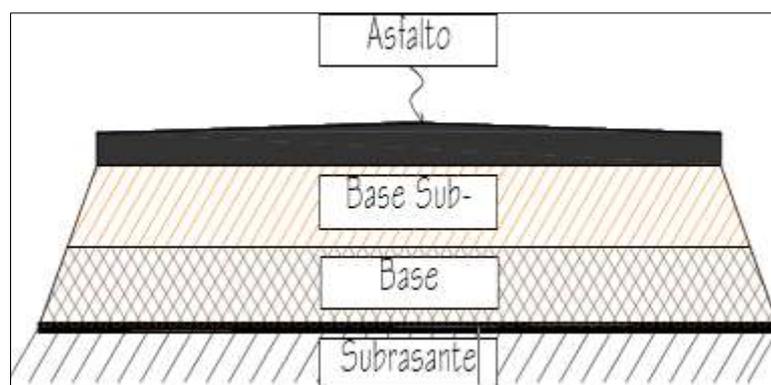


Figura N°1: Pavimento flexible
Fuente: Zevallos Gamarra, R. E. (2018)

- ✓ Pavimentos Rígidos: es una estructura compuesta por una capa superior de concreto hidráulico y una capa de sub-base granular, la cual puede ser estabilizada con cemento o cal que se encuentra entre el concreto y la subrasante. (Ver Figura 2).

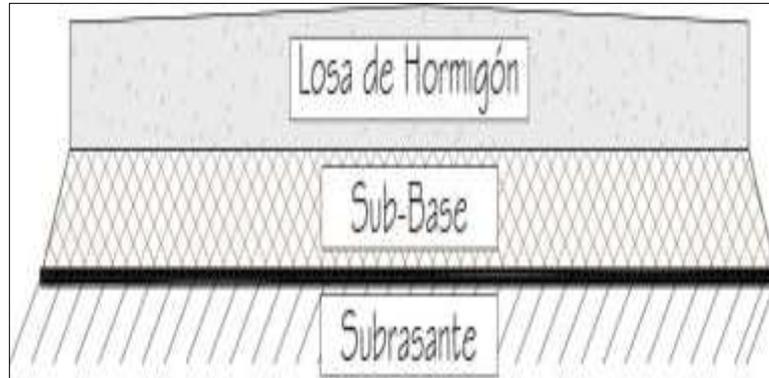


Figura N°2: Pavimento rígido
Fuente: Zevallos Gamarra, R. E. (2018)

- ✓ Pavimento articulado: se encuentran conformadas por bloques adoquinados de concreto prefabricados de un espesor uniforme que se colocan sobre una capa delgada de arena la cual se apoya sobre una capa granular o la subrasante. (Ver Figura 3).

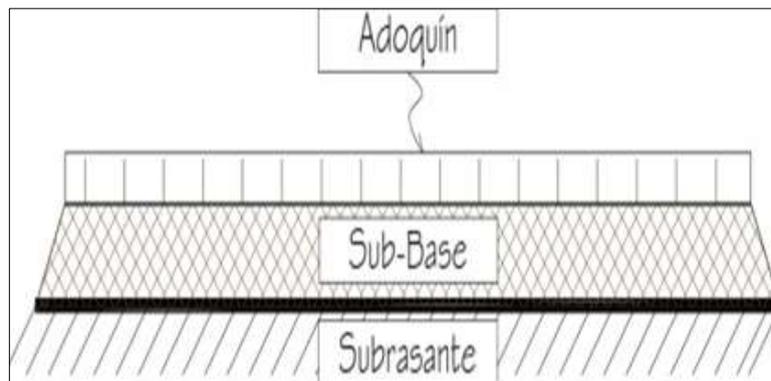


Figura N°3: Pavimento articulado
Fuente: Zevallos Gamarra, R. E. (2018)

2.2.3 Componentes de la infraestructura del Pavimento.

El Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

en la sección de suelos y pavimentos (2013), señala que: por lo general está conformada por las siguientes capas:

“Capa de Rodadura: es la parte superior del pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o adoquinado, cuya función es sostener directamente el tránsito.” (p.24). (Ver figura N°4)

“Base: es la capa inferior a la carpeta de rodadura, cual su principal función es de sostener, distribuir y transmitir las cargas producidas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR \geq 80%) o tratada con asfalto, cal o cemento.” (p.24). (Ver figura N°4)

“Subbase: es una capa de material clasificado y con un espesor según diseño, el cual soportara a la base y carpeta. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular (CBR \geq 40%) o tratada con asfalto, cal o cemento.” (p.24). (Ver figura N°4)

El pavimento presenta un periodo de vida de entre 15 a 20 años siempre y cuando se cuente con la debida evaluación periódica sobre su condición de servicio y así lograr implementar una gestión de mejoramiento y rehabilitación de vía, lo que permitiría incrementar el tiempo de vida útil, recuperando el confort para el usuario.



Figura N°4: Sección transversal de la estructura del pavimento
Fuente: Google imágenes

2.2.4 Pavimentos asfálticos

El Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su sección suelos y pavimentos (2013), señala que: “*El pavimento asfáltico o flexible es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida por materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas en caliente.*” (p.24).

2.2.5 Características del pavimento asfáltico

2.2.5.1 Resistencia estructural

El pavimento asfáltico o flexible debe ser capaz de soportar las cargas impuestas por el parque automotor que producen esfuerzos normales y cortantes sobre la estructura del pavimento. En tal sentido el esfuerzo cortante es la principal causa de falla desde el punto de vista estructural y sumado a aquellos producidos por la aceleración, frenaje de los vehículos y esfuerzos de tensión en la parte superior de la estructura (Ver figura N°5)

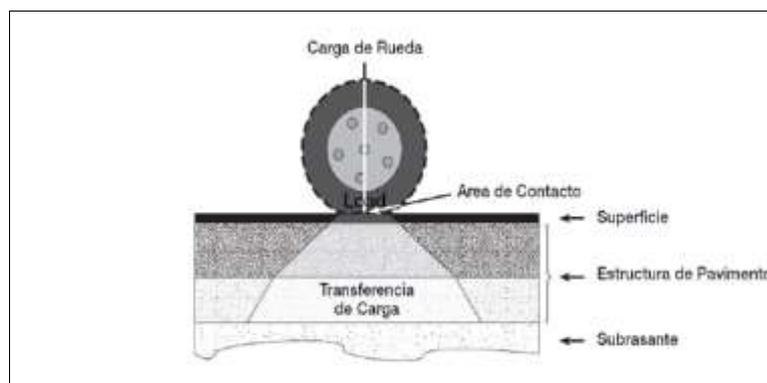


Figura N°5: Transferencia de carga en la estructura del pavimento
Fuente: Wirtgen (2012). Cold Recycling Technology.(1era edición)

2.2.5.2 Durabilidad

Esta dependerá de factores económicos y sociales, siendo esta característica muy importante debido a que ayudara a conservar el pavimento, y siendo en la mayoría de casos la solución más económica y rentable programar una evaluación y ejecutar un mantenimiento periódico para lograr extender la vida útil del pavimento asfáltico.

2.2.5.3 Mantenimiento para su conservación

Debido al aumento del parque automotor, el tránsito es un factor importante igual como el clima entre otros, es por ello que se hace necesario programar un plan de manteniendo a los pavimentos asfálticos, ya sean rutinarios o periódicos para que la vida útil del pavimento se prolongue y esto evitara accidentes, dándole al usuario confort y transitabilidad.

2.2.6 Ciclo de vida del pavimento asfáltico

Menéndez (2003), en su manual técnico el mantenimiento rutinario de caminos con microempresas señala que: Los pavimentos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, como el tráfico, agua, taludes, y demás agentes que terminan deteriorando al punto de volverlo intransitable. Además se debe tener en cuenta que el deterioro de un pavimento es un proceso que pasa por diversas etapas, como la inicial con un leve deterioro y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde su estado deja de ser bueno, y se ira deteriorando hasta llegar al punto de falla. En tal sentido el mantenimiento preventivo debe efectuarse en el momento adecuado para prolongar su vida útil de servicio y así evitar que el pavimento llegue a colapsar y se tenga que realizar grandes gastos de reparación Menéndez (2003), en su manual técnico el mantenimiento rutinario de caminos con microempresas señala que: Las fases del ciclo de vida del pavimento asfáltico se clasifican en cuatro:

2.2.6.1 Fase A: Construcción.

Un pavimento asfáltico al inicio de su ciclo de vida útil se encuentra en excelentes condiciones para cumplir con el requerimiento del usuario (Punto A del Gráfico N°6).

2.2.6.2 Fase B: Deterioro lento.

En los primeros años de uso el pavimento está sometido a diferentes factores a los que se encuentra expuesto como son el tránsito, el clima, y demás agentes externos, debido a esto empieza a experimentar un ligero proceso de desgaste y deterioro en la superficie de la carpeta de rodadura. Aunque en esta fase no es muy apreciable a simple vista ya que aún se mantiene en buen estado, sin embargo según pasa el tiempo se comienza hacerse más notorio hasta que pasa a la siguiente fase.

2.2.6.3 Fase C: Deterioro acelerado

En esta fase el pavimento después de varios años de uso se aprecia ligeramente deteriorado ya que ha sido sometido a diferentes niveles de tránsito, pero aun así sus niveles de transitabilidad son aceptables, por lo que generalmente no se realiza ningún tipo de acción correctiva. Además esta etapa es relativamente corta y sus fallas son puntuales o poco extendidas, sin un notorio daño a las capas inferiores como la base y subbase, sin embargo esta percepción de un nivel aceptable de deterioro va cambiando conforme las fallas se van extendiendo y agudizando los diferentes tipos de fallas.

2.2.6.4 Fase D: Deterioro total

En esta última fase el pavimento se encuentra completamente deteriorado que va deteriorándose según cómo va pasando el tiempo. La transitabilidad se reduce permanente haciendo que los conductores experimenten incomodidad y dificultad al transitar, lo cual genera un incremento de accidentes de tránsito en la vía.

En el deterioro en el que se encuentra en esta fase el pavimento, ya no es factible realizar acciones correctivas, por lo que inevitablemente se tiene que realizar una reconstrucción de la vía, por eso es recomendable realizar un mantenimiento preventivo al pavimento con el fin de extender la vida útil y no llegar a esta última fase del ciclo de vida del pavimento (Fase D).



Figura N°6: Ciclo de vida de una vía sin mantenimiento
Fuente: Menéndez J. (2003)

Se debe tener en cuenta que el mantenimiento de las vías se realizará durante la fase C (deterioro acelerado), como se observa en la gráfica evitando así que las fallas que se encuentran en esta etapa no se extiendan o aumenten sus niveles de severidad. Como se muestra en la (Figura N°7) el mantenimiento periódico eleva el nivel del estado de la vía, haciendo que se repita nuevamente la fase B (deterioro lento) donde a partir de ese momento se tendrá que aplicar un mantenimiento rutinario de la vía para así extender su ciclo de vida de la útil, ya que de lo contrario si se deja pasar más tiempo sin realizar un mantenimiento en la fase C el costo de intervención será elevado y a veces se da el caso de que sea inviable.

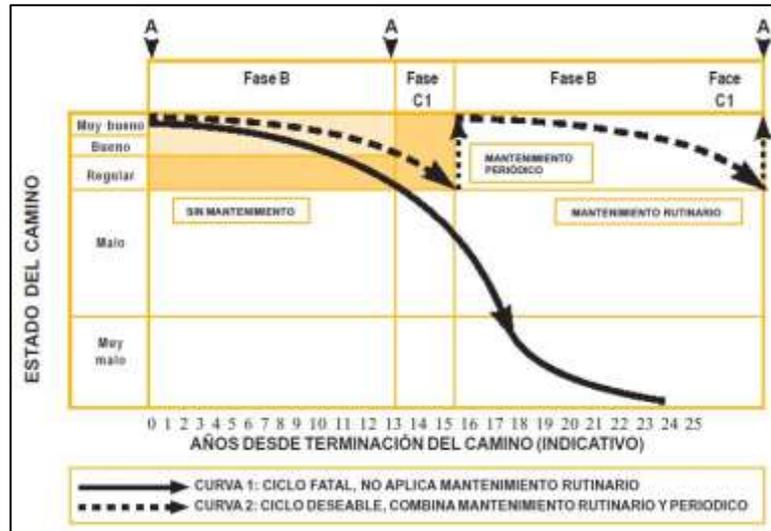


Figura N°7: Ciclo de vida de un camino con y sin mantenimiento
Fuente: Menéndez J. (2003)

2.2.7 Fallas en pavimentos asfálticos

Las fallas en los pavimentos son el resultado de combinaciones como materiales, proceso constructivo, diseño, tránsito automotor, medio ambiente o la combinación de todos estos factores que finalmente son la causa del deterioro progresivo del pavimento, y que se agrava debido al poco o nulo mantenimiento de la vía.

Existen 02 tipos de fallas en los pavimentos como son los funcionales o estructurales. Los segundos, son las que originan un deterioro en el paquete estructural, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas, en cambio Las fallas funcionales afectan la transitabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la seguridad y el confort que se brinda al usuario.



Figura N°8: Resumen de fallas en los pavimentos asfálticos
Fuente: Rodríguez, E. (2009)

Se pasa a presentar las fallas más comunes que afectan a los pavimentos flexibles que están consideradas en las metodologías del MTC PERU y PCI que involucran la presente investigación.

2.2.7.1 Piel de Cocodrilo.

Son un grupo de fisuras interconectadas que forman polígonos irregulares y su patrón es parecido a la piel de un cocodrilo, de ahí el nombre de la falla. También llamada agrietamiento por fatiga, la piel de cocodrilo se produce en áreas sujetas a repeticiones de carga de tráfico, tales como las huellas de las llantas de los vehículos. El origen del agrietamiento se da en el fondo del paquete asfáltico, en la base, donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son elevados y de ahí, las grietas se propagan hacia la superficie como una serie de fisuras longitudinales paralelas, que luego se conectan entre sí.

Otra causa que contribuye a que se produzca este tipo de falla, es el envejecimiento del ligante asfáltico, que trae consigo la pérdida de flexibilidad y de la capacidad estructural del pavimento que con lleva a la disminución de la capacidad de resistencia ante las sollicitaciones externas.



Figura N°9: Piel de cocodrilo
Fuente: Crisanto C & Peralta D (2019)

2.2.7.2 Exudación.

Es una película de material bituminoso que se extiende sobre una determinada área del pavimento, generando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y que generalmente llega a ser pegajosa en climas calidos cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla y se expande en la superficie del pavimento, se debe tener en cuenta que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío ya que el asfalto se acumulará en la superficie.

La exudación puede ser causada por diversos factores, como:

- ✓ El exceso de ligante asfáltico o usar un ligante asfáltico muy blando.
- ✓ La aplicación excesiva de un sello bituminoso.
- ✓ Un deficiente % de vacíos y demás.



Figura N°10: Exudación.
Fuente: Crisanto C & Peralta D (2019)

2.2.7.3 Agrietamiento en Bloque.

Son grietas interconectadas que forman piezas rectangulares de tamaño variable, Este tipo de falla puede ocurrir en áreas largas del pavimento o en áreas donde no hay tráfico; debido a ello las fisuras en bloque no están asociadas a sollicitaciones externas debido a la carga vehicular. Las grietas en bloque son causadas principalmente por la contracción del pavimento asfáltico debido a la variación de temperatura, que originan ciclos diarios de esfuerzo / deformación que indica que el asfalto se ha endurecido considerablemente.



Figura N°11: Agrietamiento en bloque.
Fuente: Crisanto C & Peralta D (2019)

2.2.7.4 Abultamientos y hundimientos.

Son desplazamientos bruscos, hacia arriba o abajo de la superficie del pavimento, que distorsionan la rasante de la vía y pueden ser producto de varios factores, como:

- ✓ Levantamiento de las losas de concreto de un pavimento rígido que ha sido cubierto con una carpeta asfáltica.
- ✓ Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo, es decir, suelo congelado).
- ✓ Infiltración y acumulación de material en una fisura en combinación con cargas de tráfico.
- ✓ Expansión del suelo de fundación y deficiencias en el drenaje del paquete estructural del pavimento.

De ser el caso que aparezca sobre grandes áreas del pavimento, causando largas depresiones, la falla se llama hinchamiento.

Si los abultamientos tienen un patrón perpendicular al flujo del tráfico y además se encuentran separados uno de otro la falla es denominada corrugación.



Figura N°12: Abultamiento.
Fuente: Instituto Nacional de Vías (2006)



Figura N°13: Hundimiento.
Fuente: Instituto Nacional de Vias (2006)

2.2.7.5 Corrugación.

Son una serie de ondulaciones conformadas por depresiones y cimas que son cercanas entre sí y espaciadas a intervalos regulares a lo largo de la vía. Esta falla es causada por la acción del tránsito vehicular combinada con la inestabilidad de las capas superficiales o de la base del pavimento.

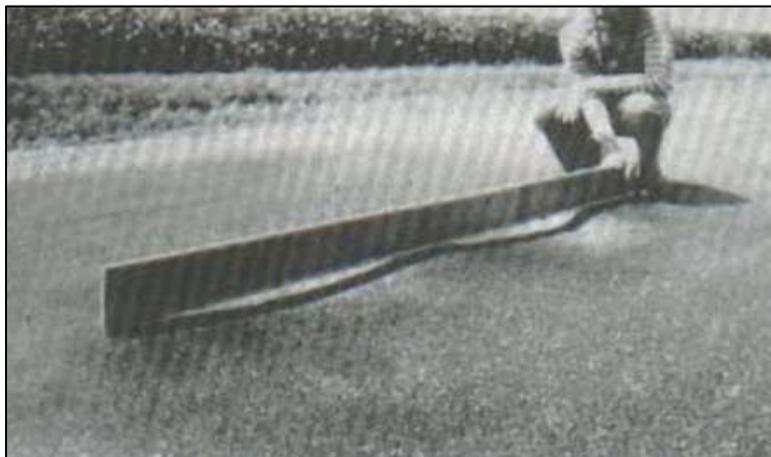


Figura N°14: Corrugación.
Fuente: Matos y Nuñez (2018)

2.2.7.6 Depresión.

Son áreas ubicadas en la superficie del pavimento que poseen niveles de rasante menores que al resto de la vía. Las depresiones se hacen más visibles cuando el agua de lluvia se empoza dentro de las mismas, y en el caso de superficies secas pueden ser producidas por asentamientos de la subrasante, fallas geológicas o procedimientos constructivos defectuosos.



Figura N°15: Depresión.
Fuente: Matos y Nuñez (2018)

2.2.7.7 Fisura de borde.

Las fisuras de borde son grietas paralelas al borde externo del pavimento, que se encuentran a una distancia promedio de 0.30 a 0.50 m. Esta falla se incrementa por la cargas del tránsito vehicular y debido a este se inicia el debilitamiento de la base en áreas muy próximas al borde del pavimento, sumado a las condiciones climáticas y los efectos abrasivos de la arena suelta en el borde, que provoca peladuras que llevan al desprendimiento y finalmente la desintegración del pavimento.



Figura N°16: Fisura de borde.
Fuente: Rodríguez, E. (2009)

2.2.7.8 Fisuras longitudinales y transversales.

Las fisuras longitudinales son paralelas al eje de la vía en cambio las grietas transversales, son perpendiculares al eje del pavimento.

Estas fisuras no están asociados con la carga vehicular y pueden ser causados por:

- ✓ Juntas de construcción pobremente construidas, o ausencia de ellas.
- ✓ Contracción del asfalto debido a las bajas temperaturas.
- ✓ Las fisuras de reflexión causadas por agrietamientos bajo la capa superficial.
- ✓ El uso de ligantes (asfaltos) muy duros o envejecidos.

El gradiente térmico superior a los 30° C que produce ciclos de expansión y contracción de la mezcla asfáltica



Figura N°17: Fisuras longitudinales y transversales
Fuente: Elaboración Propia (2019)

2.2.7.9 Parches y parches de cortes utilitarios.

Los parches se utilizan en las zonas del pavimento donde se encuentran en mal estado con el fin de reparar el pavimento existente.

Los parches de cortes utilitarios son colocados cuando se efectúan cortes para la refacción de tuberías de agua o desagüe, instalación del cableado eléctrico, entre otros trabajos similares. Se debe tener en cuenta que los parches disminuyen el nivel de servicio de la vía, pues el desempeño del área parchada es inferior. Igual es el caso del área adyacente al parche que no se comporta como la sección del pavimento original.



Figura N°18: Parches y parches de cortes
Fuente: Elaboración Propia (2019)

2.2.7.10 Los baches.

Son leves depresiones en la superficie del pavimento con diámetro promedio menor a 750 mm. Tienen bordes agudos y lados verticales cerca de la zona de falla. Los baches pueden ser ocasionados por un conjunto de factores:

- ✓ Fisuramiento tipo piel de cocodrilo de alta severidad, que causa fatiga y origina la desintegración de la superficie de rodadura
- ✓ Mal procesos constructivos
- ✓ Un subdrenaje inadecuado.
- ✓ Mal diseño de las capas del pavimento.



Figura N°19: Los baches.
Fuente: Rodríguez, E. (2009)

2.2.7.11 Ahuellamiento.

Es una depresión longitudinal a lo largo de la dirección del tránsito, que trae como consecuencia la deformación permanente en las capas del pavimento. Esta falla puede ser causada por una mala compactación de las capas del pavimento, lo que genera inestabilidad en las capas (bases, subbase) permitiendo el movimiento lateral del material debido a las cargas de tráfico. Un ahuellamiento moderado puede conducir a una falla estructural del pavimento. Otras causas son:

- ✓ Mezcla asfáltica inestable por el exceso de ligante en riegos.
- ✓ Mal diseño del paquete estructural: espesores no adecuados.
- ✓ Mala calidad de materiales
- ✓ Deficiente control de calidad.



Figura N°20: Ahuellamiento.

Fuente: American Society for Testing and Materials. (2007)

2.2.7.12 Desplazamientos.

Son distorsiones de la superficie del pavimento originado por el desplazamiento de la mezcla se consideran corrimientos longitudinales y permanentes de un área determinada del pavimento formando una especie de “cordones” laterales. Estas fallas son producidas por acción del tráfico, que confinan al pavimento produciendo una onda de amplitud corta y brusca en la superficie de la vía. Esta falla es usual en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables como las emulsiones. También ocurren desplazamientos cuando los pavimentos asfálticos colindan con pavimentos rígidos ya que por el proceso de dilatación de las losas de concreto aumentan su longitud y empujan al pavimento produciéndose el desplazamiento. Otras causas son:

- ✓ Exceso de asfalto o de vacíos volviéndose mezclas inestables.
- ✓ Falta de confinamiento lateral.

- ✓ Adherencia inadecuada por defectos en el riego de liga o de imprimación.

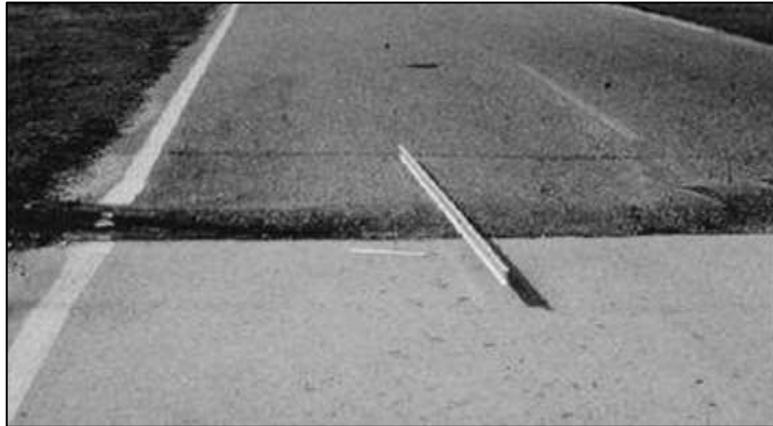


Figura N°21: Desplazamientos.

Fuente: American Society for Testing and Materials. (2007)

2.2.7.13 Hinchamientos.

Es el abultamiento localizado en la superficie del pavimento, en forma de onda y de longitud promedio mayor a 3.00 metros, que distorsiona la rasante de la vía. Una de las causas de este tipo de falla es la expansión del suelo de fundación debido a los suelos expansivos y por el congelamiento del material de la subrasante. Además, el hinchamiento puede estar acompañado de un agrietamiento superficial del pavimento.



Figura N°22: Hinchamientos.

Fuente: Rodríguez, E. (2009)

2.2.7.14 Fisura de reflexión de juntas.

Este tipo de fallas ocurren solamente en pavimentos mixtos: pavimentos de superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto. En tal sentido no se consideran fisuras de reflexión bases estabilizadas con cemento o cal. Estas grietas se generan por el movimiento de la losa de concreto, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de pavimento flexible. Estas fallas no están relacionadas a efectos de carga; sin embargo, las cargas de tráfico pueden causar la rotura de la superficie de concreto asfáltico cerca a las fisuras.

Es recomendable conocer las dimensiones de la losa subyacente a la superficie del pavimento asfáltico ya que ayuda a identificar estas fallas.



Figura N°23: Fisura de reflexión de juntas
Fuente: Rodríguez, E. (2009)

2.2.7.15 Desnivel carril - berma.

Es la diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Esta tipo de falla es causada por la erosión de la berma y el asentamiento de la misma, o por la colocación de nuevas capas sobrepuestas en la vía sin el debido ajuste del nivel de la berma.



Figura N°24: Desnivel carril - berma.
Fuente: Rodríguez, E. (2009)

2.2.7.16 Agregados Pulidos

Es la pérdida de resistencia al deslizamiento del pavimento, que ocurre cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto.

Esta falla es causada por:

- ✓ Repeticiones de cargas de tránsito.
- ✓ Insuficiente cantidad de agregado anguloso en la mezcla que no proporcionan adherencia del pavimento con las llantas del vehículo
- ✓ Inexistente aspereza o textura del pavimento, que no contribuye a la reducción de la velocidad de los vehículos.



Figura N°25: Agregados pulidos.
Fuente: Rodríguez, E. (2009)

2.2.7.17 Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

La peladura por intemperismo es la desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de ligante asfáltico.

Mientras que el desprendimiento del agregado pétreo son las partículas de sueltas o removidas.

El intemperismo y desprendimiento de agregados indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento.

Las principales causas de este tipo de fallas son:

- ✓ Ablandamiento de la superficie y pérdida de agregados debido al derramamiento de químicos de los vehículos.
- ✓ Falla de adherencia entre el agregado y el asfalto debido al efecto de agentes externos.
- ✓ Mezcla de baja calidad con ligante insuficiente.
- ✓ Debido a las cargas de tráfico de gran tonelaje.
- ✓ Uso de agregados sucios o muy absorbentes.



Figura N°26: Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.

Fuente: Rodríguez, E. (2009)

2.2.7.18 Fisura parabólica o por deslizamiento

Son grietas en forma de media luna, que se presentan de manera transversal a la dirección del tránsito.

Este tipo de fallas ocurren generalmente en mezclas asfálticas de baja estabilidad o en capas superpuestas, cuando existe una adherencia de un ligante pobre (liga entre la capa de la superficie y la capa subyacente de la estructura del pavimento).

Estas fallas pueden ser causadas por los siguientes factores:

- ✓ Por el frenado de las ruedas de los vehículos o giro debido a un cambio de dirección que originan el deslizamiento y deformación de la superficie del pavimento asfáltico.
- ✓ Deficiente adherencia en capas superpuestas o presencia de polvo.
- ✓ Exceso de ligante o falta de riego de liga.
- ✓ Alto contenido de arena fina en la mezcla.



Figura N°27: Fisura parabólica o por deslizamiento.
Fuente: Rodríguez, E. (2009)

2.2.8 Factores de diseño en los pavimentos asfálticos

2.2.8.1 Tránsito.

El tránsito influye al momento de diseñar la estructura del pavimento debido a factores relacionados como el número de vehículos, peso de los ejes ya sea simple, tándem o tridem, la repetición de las cargas de tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones que producen que se fatigue el pavimento.

Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto de las llantas así como las sollicitaciones tangenciales en las curvas, zona de frenado y la velocidad de operación de los vehículos, así como la carga en zonas de estacionamiento de vehículos pesados.

El Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia Pavimentos en su sección suelos y pavimentos (2013), señala que *“La información requerida en los estudios del tráfico en principio y salvo necesidades se conformará con muestreos con el fin de calcular el IMDA del tramo, empezando por el volumen de la demanda actual clasificados por tipo de vehículos en cada sentido de tráfico. La demanda de Carga por Eje, y la presión de los neumáticos en el caso de vehículos pesados guardan relación directa con el deterioro del pavimento. Con la referencia regional previamente descrita, en términos generales será suficiente realizar las nuevas investigaciones puntuales por tramo en sólo dos días, teniendo en cuenta que el tráfico esté bajo condiciones normales. Uno de los días corresponde a un día laborable típico y el otro un día sábado. Los términos del estudio precisara sí el caso amerita estudiar durante más días o en periodos climáticos distintos, dependiendo del conocimiento previo de la demanda que tenga la Autoridad Competente”* (p73).

2.2.8.2 Clima.

La variación de temperaturas en las regiones del Perú es uno de los factores que afectan a los pavimentos. En tal sentido las lluvias causan el aumento del nivel freático y esto influye en la resistencia del terreno, los cambios volumétricos de los suelos y la compresibilidad. El clima también influye en actividades relacionadas a la ejecución como son el movimiento de tierras, la colocación de agregados y la compactación de capas granulares y asfálticas.

No debemos dejar de tener en cuenta que los pavimentos asfálticos tienen una alta susceptibilidad térmica, ya que la variación de la temperatura puede modificar el módulo de elasticidad de las capas asfálticas, ocasionando en ellas agrietamientos o deformaciones que influirán en la serviciabilidad de la vía.

El Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su sección suelos y pavimentos (2013), señala que: “*En el territorio peruano se distinguen 03 Regiones Naturales: la Costa de clima mediatizado y sin lluvias, la Sierra de temperaturas más marcadas en mínimos y máximos con lluvias moderadas; y la Selva, de naturaleza tropical con temperaturas altas y lluvias muy fuertes.*” (p91).

2.2.8.3 Materiales.

La adecuada selección de los materiales para el pavimento es un factor primordial, es por ello que se consideran los agregados disponibles en canteras y depósitos aluviales de la zona, teniendo en cuenta los requerimientos de calidad y homogeneidad requerida, Además se deberá considerar los materiales de mayor incidencia en el costo total de obra.

El Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su sección suelos y pavimentos (2013), señala que “*Todos los materiales deberá cumplir con las Especificaciones Técnicas Generales*

para la Construcción de Carreteras del MTC (Vigentes),no obstante, cuando en un determinado proyecto de pavimentación se requiera especificaciones nuevas concordantes en el estudio o que amplíen, complementen o reemplacen a las especificaciones generales, el autor del proyecto o el ingeniero responsable de suelos y pavimentos deberá emitir las especificaciones especiales para ese proyecto y solo será aplicable para su ejecución.” (p131).

2.2.9 Evaluación de pavimentos.

Consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar su vida útil, en este sentido es importante realizar una evaluación que sea objetiva considerando aquellos factores que afectan negativamente al usuario como: el costo, seguridad y confort.

2.2.9.1 Tipos de evaluación de pavimentos

La adecuada evaluación de una vía incluye estudios sobre el estado de la condición funcional y estructural de los pavimentos. En tal sentido se detalla ambos tipos de evaluación.

✓ Evaluación estructural

Evalúa la capacidad estructural de las diversas capas que conforman el pavimento. En tal sentido existen diversos procedimientos los cuales se describen líneas abajo.

Se debe tener en cuenta que no es lo mismo el diseño de un pavimento nuevo que el diseño de la rehabilitación de un pavimento existente. En lo que se refiere a éste último, se dispone de un conjunto de materiales que ya están colocados y que han sufrido un deterioro por el tránsito, el clima y el tiempo. Dichos materiales presentan un cierto valor estructural remanente,

que se considerara como aporte a los fines del diseño de la rehabilitación, que a diferencia del diseño de un pavimento nuevo, la evaluación del pavimento es cuestión de procedimientos específicos.

En la evaluación estructural de un pavimento asfáltico se realizan ensayos no destructivos, en los que se miden las deflexiones con equipos como: viga Benkelman, dynaflect, deflectómetro, falling weight deflectometer y se realiza una evaluación empírica para la vida remanente; y ensayos destructivos, en los que se realizan, extracción de testigos, placa de carga, calicatas y el penetrómetro dinámico. Ver Figuras N°28, N°29 y N°30.

La evaluación estructural de un pavimento existente abarca necesariamente los siguientes trabajos:

- ✓ Evaluación superficial de la condición del pavimento.
- ✓ Evaluación del sistema de drenaje.
- ✓ Determinación de espesores y el tipo de materiales que conforman la estructura de pavimento.
- ✓ Medición de deflexiones del pavimento.



Figura N°28: Calicatas.
Fuente: Matos y Nuñez (2018).



Figura N°29: Viga Benkelman
Fuente: Matos y Nuñez (2018).

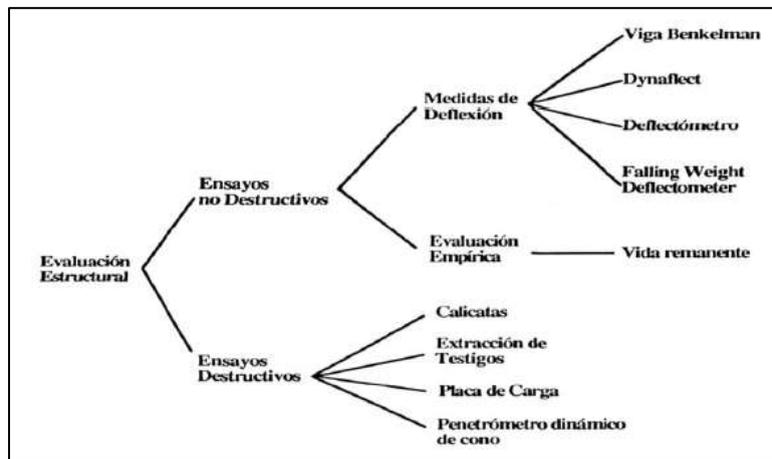


Figura N°30: Clasificación de métodos para evaluación estructural
Fuente: Thenoux, G. y Gaete, R. (2012).

✓ Evaluación funcional

Consta de la evaluación de aquellas deficiencias que se relacionan con el estado general de la superficie del pavimento considerando todos aquellos factores que afectan negativamente al usuario como son el costo, seguridad y confort. En lo que se refiere a la evaluación superficial se debe considerar las fallas en el pavimento de tal manera de valorarlas, tanto en magnitud y severidad, Para ello se dispone de la evaluación funcional del pavimento mediante la determinación del índice de condición del pavimento (PCI). Esta información se debe complementar, con la medición de deflexiones

con la finalidad de establecer posibles correlaciones entre la condición superficial del pavimento y su deflexión superficial.

Entre las deficiencias se encuentran: La rugosidad, fallas superficiales, costo de usuario, medio ambiente y pérdida de fricción.

La rugosidad se define como las irregularidades presentes en la superficie del pavimento, las cuales afectan la calidad del tránsito vehicular, y por lo tanto la calidad del servicio brindado al usuario ya que está relacionada a la comodidad. Para medir la rugosidad se ha adoptado mundialmente el índice de rugosidad internacional (IRI), desarrollado en Brasil para el banco mundial, conceptualmente el IRI relaciona la acumulación de desplazamientos de un vehículo modelo divididos entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr. Se expresa en mm/m o m/km. Para caminos pavimentados el rango del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable. Los equipos utilizados son el rugosímetro y el perfilómetro que es el analizador de regularidad superficial o Perfilógrafo Láser de alto rendimiento, y otros de bajo rendimiento y más económico como la bicicleta de merlín. Ver Figuras N°31 y N°32



Figura N°31: Perfilómetro láser de la masa SSI
Fuente: Montoya, J. (2013).



Figura N°32: Bicicleta de Merlín (TRRL)
Fuente: Montoya, J. (2013).

2.2.10 Metodología del Índice de condición del pavimento (PCI)

2.2.10.1 Reseña histórica.

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. y ejecutado por los Ingenieros Mohamed y Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn, con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

El manual del Pavement Condition Index (PCI), para pavimentos de aeropuertos, carreteras y estacionamientos ha sido aceptado y adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como: el department of Defence (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), la Federal Aviation Administration (FAA 1982), la American Public Work Association (APWA 1984) y demás agencias.

La edición ASTM D6433-07 (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos). Fue aprobada el 01 de diciembre del 2007 y publicada en enero del 2008.

En 1982 la Federal Aviation Administration FAA, a través de su Circular AC 150/5380-6 el 03 de diciembre del 2012, denominada Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement, recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE UU.

2.2.10.2 Alcance de la metodología pavement condition index.

Es una metodología muy completa para la evaluación y calificación de los pavimentos y de fácil implementación que no requiere de herramientas especializadas ya que consiste en determinar la condición del pavimento mediante inspecciones visuales para identificar la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas.

2.2.10.3 Índice de condición del pavimento (PCI)

American Society for Testing and Materials (2007), señala que el PCI: “es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento de 0 a 100, siendo 0 la peor condición y 100 la mejor condición posible” (p.2). Ver Figura N°33.

	Standard PCI™ Rating Scale	Suggested Colors
100	Good	Dark Green
85	Satisfactory	Light Green
70	Fair	Yellow
55	Poor	Light Red
40	Very Poor	Medium Red
25	Serious	Dark Red
10	Failed	Dark Grey
0		

Figura N°33: Índice de Condición del pavimento, escala de graduación
Fuente: American Society for Testing and Materials. ASTM D6433-07.

Además el PCI indica una medida de la condición actual del pavimento en base a las fallas observadas en la superficie que a su vez indican la integridad estructural y su condición de operación de la superficie. Lo que se debe tener en cuenta es que el PCI no mide la capacidad estructural ni resistencia al deslizamiento o rugosidad. Solo proporciona una base objetiva de la condición del pavimento para determinar el tipo de rehabilitación que se realizara.

El seguimiento del PCI se usa para establecer la tasa de deterioro del pavimento ya que ayuda a identificar la necesidad de una rehabilitación de mayor magnitud ya que nos brinda información sobre el comportamiento del pavimento para su validación o mejoramiento del diseño existente y procedimientos futuros de conservación.

Rodríguez, E. (2009) señala que: *“el cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido “para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad)”(p27).*

2.2.10.4 Grado de la condición del pavimento

American Society for Testing and Materials (2007), ASTM D6433-07, señala que: *“es una descripción cualitativa de la condición del pavimento, como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “bueno” (p.2).*

2.2.10.5 Objetivos de la Metodología PCI

- ✓ Determinar el estado actual del pavimento en términos del nivel de servicio que es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.

- ✓ Nos permite obtener un indicador sobre condición y comportamiento del pavimento en estudio y así de esta manera tener un sustento en la programación del mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica más adecuada para el estado actual del pavimento.

2.2.10.6 Procedimiento de Evaluación.

El área en estudio del pavimento se dividirá en tramos que a su vez son divididos en secciones y cada sección se divide en unidades de muestra, El tipo y severidad de la falla son determinados por inspección visual de cada unidad de muestra del pavimento.

Al evaluar un pavimento mediante la metodología PCI debemos tener en cuenta algunas consideraciones como: clase, severidad y extensión.

- ✓ La clase

Está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, cada uno de ellos se detallan en el manual American Society for Testing and Materials ASTM D6433-07.

- ✓ La severidad.

Representa lo crítico del deterioro progresivo de la falla ya que entre más severo sea el daño más importantes deberán ser las medidas para su correctivo. En este sentido se debe valorar la percepción al transitar en un vehículo a una velocidad de operación normal ya que se considera como guía general de ayuda para establecer el grado de severidad (bajo, medio, severo).

✓ Grados de severidad.

Manual American Society for Testing and Materials ASTM D6433-07.indica los grados de severidad son:

“Bajo (L): se perciben vibraciones en el vehículo como corrugaciones aunque no es necesaria reducir velocidad por temas de seguridad. Los abultamientos y hundimientos solo causan un ligero rebote del vehículo pero no provoca incomodidad.”

“Medio (M): las vibraciones del vehículo son significativas y requiere una reducción de la velocidad por temas de seguridad y comodidad; en este caso los abultamientos o hundimientos causan un rebote considerable creando incomodidad.”

“Alto (H): las vibraciones en el vehículo son excesivas tanto así que debe reducirse la velocidad considerablemente por temas de comodidad y la seguridad; en este los abultamientos o hundimientos causan un rebote excesivo del vehículo creando una incomodidad considerable y un alto peligro severo de daño al vehículo y a los ocupantes.”(p.11)

✓ Extensión.

Se refiere a una determinada área o longitud que se encuentra afectada por diferentes tipos de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos rígidos, la calificación de la extensión estará representada por la cantidad de veces que se repite dicha falla en una losa o grupo de losas.

Los formatos de evaluación así como las descripciones de las 19 tipos de fallas, severidades, muestreo y demás parámetros consideradas en la metodología PCI.

Se encuentran en los apéndices del manual American Society for Testing and Materials ASTM D6433-07.ubicado en el Anexo J del presente estudio.

2.2.10.7 Instrumentación y materiales.

Manual American Society for Testing and Materials (2007), ASTM D6433-07. indica sobre la instrumentación y materiales a utilizar son los siguientes:

- ✓ Hoja de recolección de datos: es un formato donde se registrara toda la información obtenida durante la inspección visual como: fecha, sección, tramo, tamaño de la unidad de muestra, tipos de fallas, niveles de severidad, cantidades, y nombres del personal encargado de la inspección. En el Anexo A. se aprecia un modelo utilizado como hoja de recolección de datos.
- ✓ Odómetro Manual: Instrumento que se usa para medir distancias en calles, caminos, carreteras etc. Ver figura N°34.
- ✓ Regla: aproximada de 3 metros para medir deformaciones y fallas ya sean longitudinal o transversal del pavimento en evaluación.
- ✓ Plano de distribución: plano donde se ubicara el área del pavimento que será estudiado. (p.2).

Además se debe tener en cuenta el uso de los conos de seguridad por el riesgo del tráfico vehicular que representa un peligro para los evaluadores de la vía. Con el fin de aislar el área de estudio, debido al tráfico.



Figura N°34: Odómetro manual.
Fuente: Rodríguez, E. (2009).

2.2.10.8 Tipos de fallas según PCI

El manual del Pavement Condition Index (PCI), tiene como meta evaluar las fallas y deterioro de estas en los pavimentos asfálticos, por ello ha logrado establecer relaciones de causa y efecto. A continuación se detalla los 19 tipos de fallas consideradas por la metodología PCI.

1. Piel de cocodrilo
2. Exudación
3. Agrietamiento en bloque
4. Abultamientos y hundimientos
5. Corrugación
6. Depresión
7. Grieta de borde
8. Grieta de reflexión de junta
9. Desnivel carril / berma
10. Grieta longitudinal y transversal
11. Parcheo
12. Pulimiento de agregados
13. Huecos
14. Cruce de vía férrea
15. Ahuellamiento
16. Desplazamiento
17. Grieta parabólica
18. Hinchamiento
19. Desprendimiento de agregados

➤ Las descripciones de las fallas se detallan en el Anexo J de la presente investigación.

2.2.10.9 Muestreo y unidades de muestra.

Manual American Society for Testing and Materials ASTM D6433-07, indica sobre el muestreo y las unidades de muestra se seguirá el siguiente procedimiento:

- ✓ Identificar áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos.
- ✓ Dividir cada tramo en secciones tomando como criterios, diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico, condición del pavimento.
- ✓ Dividir las secciones en estudio del pavimento en unidades de muestra.
- ✓ Identificar las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita ser localizadas fácilmente sobre la superficie del pavimento y si es necesario que las unidades de muestra sean reubicables para una verificación de las de fallas existentes de la misma unidad de muestra si fuera necesario en el futuro.
- ✓ Seleccionar las unidades muestrales a ser evaluadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.
 - Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el PCI promedio en la sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.
 - El número mínimo de unidades de muestra “n” a ser inspeccionadas en una sección dada, para obtener un valor estadísticamente adecuado (95% de confiabilidad), es calculado empleando la Ecuación N°1 y redondeado el valor obtenido de “n” al número entero mayor.

Ecuación N°1

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

Dónde:

e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección,
comúnmente, e=+/- 5% puntos del PCI.

s = desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección. Al realizar la inspección se asume que la desviación estándar es 10. Esta suposición debe ser comprobada como se describe a continuación después de haber determinado los valores del PCI. Para subsiguientes inspecciones, la desviación estándar de la inspección precedente debe ser utilizada para determinar el valor de “n”.

N = número total de unidades de muestra en la sección.

- Si obtener el 95% de confiabilidad es crítico, la conveniencia del número de unidades inspeccionadas debe ser verificada. El número de unidades de muestra fue estimado en base a un valor de desviación estándar asumido. Calcular el valor actual de la desviación (es) estándar de la siguiente manera en la Ecuación N°2

Ecuación N°2

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_f)^2}{n - 1}}$$

Dónde:

PCI_i = valor PCI de las unidades de muestra inspeccionadas i,

PCI_f = valor PCI de la sección (valor media PCI de las unidades de muestra inspeccionadas)

n = número total de unidades de muestra inspeccionadas.

- Calcular el número revisado mínimo de unidades de muestra (Ecuación N°1) a ser inspeccionadas utilizando la desviación estándar calculada (Ecuación N°2). Si el número de unidades de muestra revisado a ser inspeccionadas es mayor que el número de muestras ya inspeccionadas, seleccionar e inspeccionar unidades de muestra adicionales al azar. Estas unidades de muestra deben ser espaciadas uniformemente a través de la sección. Repetir este proceso de chequeo del número de unidades de muestra revisado, e inspeccionar las unidades de muestra adicionales al azar hasta que el número total de unidades de muestra inspeccionadas sea igual o mayor al número mínimo requerido de unidades de muestra “n” obtenido de la Ecuación N°1, usando la desviación estándar total de muestras real.
- Una vez que el # de unidades de muestra a ser inspeccionadas esté definido, se calculara el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento “i” de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la Ecuación N°3 redondeando el resultado al próximo número entero menor:

Ecuación N°3

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

Dónde:

N = número total de unidades de muestra en la sección.

n = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas.

i = intervalo de espaciamiento de las unidades por muestrear

- ✓ La primera unidad de muestra a ser inspeccionada es seleccionada al azar entre las unidades de muestra 1 hasta “i”. Las unidades de

muestra en la sección que son incrementos sucesivos del intervalo “i” después de la primera unidad seleccionada al azar también son inspeccionadas.

- ✓ Las unidades de muestra adicionales deben ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas representativas. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario.

2.2.10.10 Procedimientos de inspección.

- ✓ Inspeccionar cada unidad de muestra escogida.
- ✓ Registrar el tramo y n° de sección así como el n° y el tipo de unidad muestral (al azar o adicional).
- ✓ Registrar el tamaño de unidad muestral medido con el odómetro.
- ✓ Realizar la verificación de las fallas, cuantificando los niveles y grados de severidad y los tipos de fallas.
- ✓ El método de medición se encuentra en la descripción de cada falla.
- ✓ Repetir este procedimiento para cada unidad muestral a ser inspeccionada.

2.2.10.11 Calculo del PCI de la unidad de muestra

Luego de finalizar la verificación de las fallas existentes in situ, se procede al cálculo del PCI teniendo en cuenta los valores deducidos según el tipo falla, cantidad y severidad de las mismas.

Etapa 1: Calculo de los valores deducidos (DV)

- Realizar la sumatoria de cada tipo de falla según el grado de severidad, y registrarla en la columna total de severidades. las unidades deben ser en m², ml, o # de ocurrencia, dependiendo del tipo de falla.
- Dividir la cantidad total según tipo de daño y nivel de severidad entre el área total de la unidad muestral y multiplicar lo obtenido por 100 para obtener la densidad en % para cada tipo y grado de severidad de daño.

- Determinar el valor deducido (DV) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando las curvas de valor deducido según el tipo de falla. Las curvas en mención se encuentran ubicadas en el anexo N°2 del presente estudio.

Etapa 2: Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

- Si ninguno o solamente un valor deducido individual es > que 2%, el valor deducido total es usado en lugar del máximo valor deducido corregido (CDV) para determinar el PCI; caso contrario, el máximo CDV debe ser determinado usando los pasos que siguen líneas abajo
- Crear una lista de los valores deducidos individuales de orden de mayor a menor.
- Se determinara el número máximo admisible de valores deducidos permisibles (m) utilizando la gráfica de ajuste del número de valores reducidos que se aprecia en la Figura N°35 o mediante la Ecuación N°4.

Ecuación N°4

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$$

Dónde:

HDVi = el mayor valor deducido individual para la unidad de muestra
 m = número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo (debe ser menor o igual a diez).

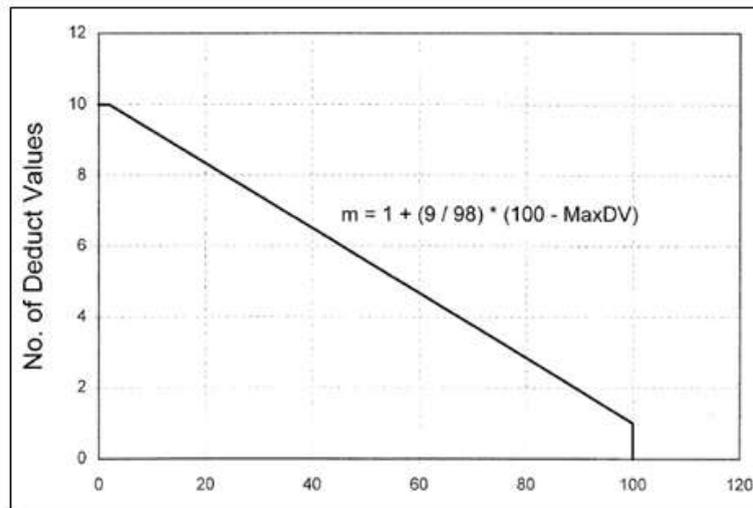


Figura N°35: Ajuste del número de valores deducidos.
Fuente: American Society for Testing and Materials (2007).

- El número de valores individuales deducidos se reducen al valor m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapa 3. Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)

- Luego de calcular el número máximo admisible de valores deducidos (m), se deberá seguir un proceso de iteración para hallar el CDV. Primero se determina el valor deducido total que viene de la suma de todos los valores deducidos individuales.
- Determinar el CDV con q (En la primera iteración $q=m$) y el valor deducido total en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento ya sea asfáltico o hidráulico, la cual se muestra en la Figura N°36.

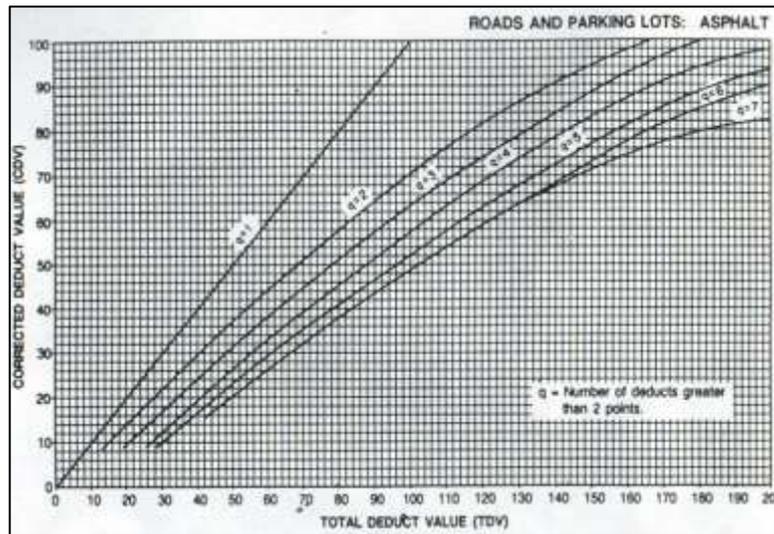


Figura N° 36: Corrección del Vd. en pavimentos asfálticos.
Fuente: American Society for Testing and Materials (2007).

Las curvas de valores deducidos se detallan en el Anexo J de la presente investigación.

- En la siguiente iteración, se cambia el menor valor deducido por 2% para luego sumar y hallar un nuevo valor deducido total, en este caso el valor q es igual a “m -1” y se repite el mismo procedimiento hasta lograr que q = 1.
- El máximo valor deducido corregido es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso, valor que permite hallar el PCI mediante la Ecuación N°5.

Ecuación N°5

$$PCI = 100 - \text{máx. } CDV$$

Dónde:

Máx. CDV = Máximo valor deducido corregido

PCI = Índice de condición de pavimento

2.2.10.12 Determinación del PCI de la sección.

American Society for Testing and Materials (2007). Indica que: “El PCI es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento. El PCI proporciona una medida de la condición presente del pavimento basada en las fallas observadas en la superficie del pavimento, que también indican la integridad estructural y condición operacional de la superficie (rugosidad localizada y seguridad)” (p.3).

- Si todas las unidades de muestreo son inventariadas o si todas las unidades de muestra inspeccionadas son escogidas en forma aleatoria, entonces el PCI de la sección es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra inspeccionadas.

Ecuación N°6

$$PCI_s = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}}$$

Dónde:

PCI_r = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria.

PCI_{ri} = PCI de la unidad de muestra aleatoria “i”.

A_{ri} = área de la unidad de muestra aleatoria “i”.

n = número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas.

Si hay unidades de muestras adicionales que se inspeccionaron, el PCI ponderado de área de las unidades adicionales inspeccionadas será calculado empleando la ecuación N°7.

Ecuación N°7

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}}$$

El PCI de la sección de pavimento es calculado empleando la siguiente Ecuación N°8:

Ecuación N°8

$$PCI_s = \frac{PCI_r(A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a(\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A}$$

Dónde:

PCIa = PCI ponderado del área de las unidades de muestra adicionales.

PCIai = PCI de la unidad de muestra adicional “i”.

A_{ai} = área de la unidad de muestra adicional “i”.

A = área de la sección.

m = número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas

PCIs = PCI ponderado por área de la sección de pavimento.

2.2.11 Metodología del MTC PERU

2.2.11.1 Reseña histórica

El Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, forma parte de los manuales de carreteras establecidos por el reglamento nacional de gestión de infraestructura vial, aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC (versión 2014), y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo que rige a nivel nacional y en consecuencia su aplicación se rige en el ámbito nacional.

La finalidad del manual es brindar los criterios apropiados a aplicar en la gestión de mantenimiento ya sea rutinario o periódico, que se ejecuten en las vías nacionales para que estas se conserven en niveles de servicio adecuados.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones -Manual de Carreteras sección de Mantenimiento o Conservación vial (2014), señala que: “*en su*

calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.”(p.19).

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones -Manual de Carreteras sección de Mantenimiento o Conservación vial (2014), indica que “*Los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.”(p.39).*

2.2.11.2 Objetivo de la metodología MTC PERU

El objetivo principal es realizar un inventario detallado de la vía para establecer su estado actual y tomar las medidas respectivas mediante las actividades de conservación vial.

En tal sentido esta metodología realiza estudios a las fallas en el pavimento asfáltico, empleando hojas de recolección de datos en campo que nos permita registrar: fecha, ubicación, componente, sección, tamaño de la unidad de muestra, tipos de falla.

2.2.11.3 Clasificación de las fallas en los pavimentos flexibles o asfálticos

Los deterioros o fallas de los pavimentos flexibles se clasifican en 02 grandes categorías: fallas estructurales que se asocian generalmente con obras de rehabilitación de alto costo y las fallas superficiales se relacionan generalmente con obras de mantenimiento periódico como por ejemplo, carpeta delgada de concreto asfáltico o tratamiento superficial.

✓ Falla Estructural.

Caracteriza un estado estructural del pavimento, concerniente al conjunto de las diferentes capas o solo la capa de rodadura. Las cargas en este tipo de falla generan deformaciones verticales elásticas del material de las capas granulares y del suelo de la subrasante (hundimiento o ahuellamiento), además de las deformaciones horizontales elásticas de tensión por flexión en la parte inferior de la capa asfáltica (fisuras longitudinales en las huellas del tránsito y fisuras en forma de piel de cocodrilo)

✓ Fallas Superficiales.

Se originan por un defecto de construcción, calidad de los materiales o por una condición de la zona en particular que el tráfico lo acentúa. Además, puede resultar de la evolución de deterioros o una falla estructural. En este tipo de fallas se distinguen los desprendimientos en los baches, las fisuras transversales que no resultan de la fatiga del pavimento asfáltico.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Manual de Carreteras sección de Mantenimiento o Conservación vial (2014), propone: *“los tipos de deterioros o fallas siguientes en cuanto a calzada de pavimento flexible.”* Ver Tabla N°1. Donde se detallan los tipos de deterioros que son considerados por esta metodología.

El detalle de las descripciones del tipo de deterioros o fallas ya sea superficial o estructural así como el nivel de gravedad y demás información respecto a la metodología del MTC PERU se adjunta en el [Anexo B](#). del presente estudio.

Tabla N°1: Deterioros o Fallas de los pavimentos asfálticos

Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/falla	Deterioro / Falla	Gravedad
Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm 3: Profundidad > 12 mm
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.
Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.
	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	9	Exudación	1: Puntual 2: Continua 3: Continua con superficie viscosa

Fuente; Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Manual de Carreteras y Mantenimiento o Conservación vial (2014)

2.2.11.4 Tipos de Fallas según MTC PERU

El Manual de Carreteras en la sección de Mantenimiento o Conservación vial (2014), detalla los A continuación los 11 tipos de fallas consideradas por la metodología MTC PERU.

1. Piel de cocodrilo
2. Fisuras longitudinales
3. Deformación por deficiencia estructural
4. Ahuellamiento
5. Reparaciones o parchados
6. Peladura y desprendimiento
7. Baches (Huecos)
8. Fisuras Transversales
9. Exudación
10. Daños puntuales
11. Desnivel calzada berma

Las descripciones de las fallas y severidades están descritas en el Anexo K. de la presente investigación.

2.2.11.5 Procedimiento de Evaluación.

Se tomara secciones cada 200 m de calzada y berma y se evalúa la condición de las mismas teniendo en cuenta el tipo de deterioro o falla, nivel de gravedad y su clase de extensión.

El Manual de Carreteras en la sección de Mantenimiento o Conservación vial (2014), Se localizara el inicio y fin de cada tipo de deterioro y el nivel de gravedad y luego dichos datos se procesan aplicando las consideraciones de la Tabla N°2 que define la clase de extensión para la longitud de la sección de 200m que presenta el deterioro.

Tabla N°2: Clase de extensión de los daños de los pavimentos

Clase	Descripción	Criterio de extensión (porcentaje de la longitud de la sección)
1	Leve	menor que el 10 %
2	Moderado	entre 10 y 30 %
3	Severo	mayor que el 30 %

Fuente: Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación vial (2014)

Criterio para evaluación de los baches con el manual de mantenimiento o conservación vial es, si en el tramo evaluado hay menos de 4 baches se considerara leve, si hay entre 4 y 10 se considerara moderado y si son más de 10 baches se considerara severo, siempre y cuando estos cumplan con los niveles de gravedad de los baches (huecos). Ver Tabla N°3.

Tabla N°3: Clase de densidad de los baches de los pavimentos flexibles

Clase	Descripción	Criterio de densidad de baches (huecos) (número /200 m)
1	Leve	menor a 4
2	Moderado	entre 4 y 10
3	Severo	mayor a 10

Fuente: Manual de Carreteras MTC - Mantenimiento o Conservación vial (2014)

El Manual de Carreteras en la sección de Mantenimiento o Conservación vial (2014), “Para el cálculo del área de las fisuras longitudinales y transversales se tomará en cuenta la longitud de las fisuras por un ancho de influencia asignado según la gravedad del deterioro o falla.”(p.103). Ver Tabla N°4.

Tabla N°4: Ancho de influencia de las fisuras longitudinales y transversales

Gravedad	Ancho de Influencia (m)
1	0.10 m
2	0.30 m
3	0.50 m

Fuente: Manual de Carreteras MTC - Mantenimiento o Conservación vial (2014)

Luego de evaluar la totalidad de las fallas que existen en el tramo en estudio se procede a la sumatoria de estas que según lo establecido no debe ser mayor a 1000. Siendo la calificación de la condición del pavimento asfáltico la diferencia entre 1000 y la suma del puntaje de la condición como se observa en la Tabla N°5

Tabla N°5: Calificación de condición

CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN=	1000 - SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN
CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN=	

Fuente: Manual de Carreteras MTC - Mantenimiento o Conservación vial (2014)

En tal sentido la calificación de condición representa la condición superficial del pavimento flexible y se resume en 03 tipos de condición según el rango de calificación que se muestra en la Tabla N°6.

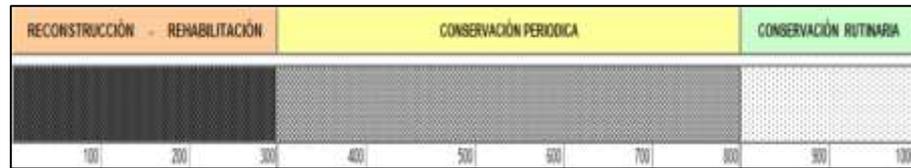
Tabla N°6: Tipos de condición según calificación de condición

CONDICIÓN BUENO	800
CONDICIÓN REGULAR	300 Y ≤ 800
CONDICIÓN MALO	≤ 300

Fuente: Manual de Carreteras MTC - Mantenimiento o Conservación vial (2014)

Según la calificación de condición superficial del pavimento flexible se establecerá el tipo de conservación a ejecutar en cada sección de 200 m de longitud como se aprecia en la Tabla N°7.

Tabla N°7: Tipos de conservación según calificación de condición



Fuente: Manual de Carreteras MTC - Mantenimiento o Conservación vial (2014)

2.2.12 Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos asfálticos.

Los trabajos de conservación vial se clasifican en función a la magnitud de los trabajos requeridos, de una intervención simple hasta una intervención complicada y por ende más costosa.

El mantenimiento de las vías reduce el deterioro del pavimento antes de que ellos empeoren y conduzcan a mayores deterioros.

Con el fin de mejorar el deterioro de la capa de rodadura ocasionado por el tránsito y los efectos del clima, el simple mantenimiento no es suficiente y se requieren obras de rehabilitación que conducen a un mejoramiento del pavimento, recuperando las condiciones iniciales de la vía.

El mantenimiento se agrupa en 02 categorías, las rutinarias y periódicas. El mantenimiento rutinario incluye actividades realizadas para cuidar el pavimento y disminuir su deterioro. Mientras el mantenimiento periódico consiste en las actividades ejecutadas para corregir fallas puntuales del pavimento.

Tabla N°8: Acciones de intervención según PCI

PCI	Acciones de Intervención
71 - 100	Mantenimiento
31 – 70	Rehabilitación
0 - 30	Reconstrucción

Fuente: Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que si bien la aplicación de la metodología PCI constituye una gran ayuda en la evaluación del pavimento, no solo esta evaluación determinara la acción de intervención ya que solo es una inspección visual, posteriormente se realizara otras exploraciones sean destructivas y no destructivas con el fin de evaluar estructuralmente al pavimento y tomar la decisión final.

El mantenimiento preventivo se puede clasificar en rutinario y periódico. El rutinario se ejecuta con regularidad, una o más veces al año, dependiendo de la condición del camino y el periódico se realiza cada cierto número de años. A continuación se describen las principales actividades de conservación en los pavimentos asfálticos.

2.2.12.1 Actividades de conservación de pavimentos asfálticos.

✓ Sellado de fisuras y grietas

El sello de fisuras (aberturas iguales o menores a 3 mm) y de las grietas (aberturas mayores a 3mm) y consiste en la limpieza de las fisuras y grietas y sellado de las mismas con productos asfálticos, lechada o mezcla asfáltica, a fin de prevenir el ingreso de agua y otros materiales a la estructura del pavimento. Ver Figura N°37.



Figura N°37: Sellado de grietas con asfalto
Fuente: Choque (2019)

✓ Parchado o Bacheo de calzada.

Es la reparación más común en las fallas localizadas en pavimentos, que consiste en la remoción y reposición de un área localizada dañada o de relleno de huecos producidos por disgregación. Se hace para corregir fallas estructurales manifestadas por aparición de grietas del tipo ahuellamiento profundo, grietas de deslizamiento, piel de cocodrilo de severidad media y alta, y fallas puntuales como huecos, hundimientos, quiebres etc.

El bacheo se clasifica en 04 tipos, los cuales se describen brevemente a continuación:

Emergencia: se trata del relleno de huecos con mezclas asfálticas en frío o en caliente y eventualmente cemento, materiales granulares, etc. Se ejecutan con poca o ninguna preparación del área afectada.

Superficie: No requiere remoción del pavimento. Consiste en sellar mediante la aplicación de un riego de adherencia y mezcla asfáltica en frío o caliente en áreas localizadas que presenten agrietamientos, deformaciones, hundimientos y/o disgregación.

El procedimiento consiste en limpiar la superficie, luego se aplica el riego asfáltico, extender y compactar la mezcla de espesores por lo general entre 2 y 4 cm.

Carpeta: Es la remoción parcial o total de la carpeta asfáltica en la zona afectada, limpieza y conformación de ser necesario de la superficie de apoyo, aplicación de un riego de adherencia, el cual puede eliminarse en algunos casos a juicio del supervisor, relleno y compactación de la mezcla asfáltica de reposición.

Profundo: reposición y remoción de la carpeta asfáltica y de bases o sub-rasante. La remoción de bases, sub-bases o material de sub-rasante se hará cuando no se encuentre una superficie de apoyo sólida, los casos comunes son: exceso de humedad, falta de compactación, contaminación y/o materiales de pobre calidad. En estos casos debe removerse y reemplazarse el material inadecuado.

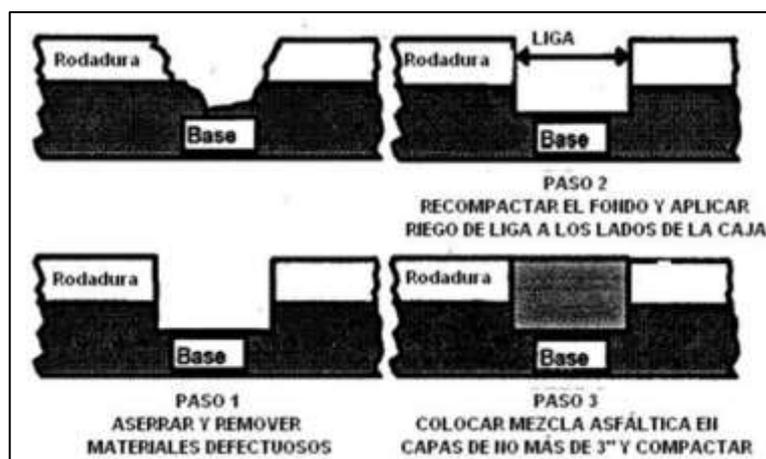


Figura N°38: Procedimiento típico de colocación de parches.
Fuente: Medina & De la Cruz (2015)

✓ Tratamiento Superficial (Sello) Localizado

Consiste en la aplicación de un sello de asfalto o tratamiento superficial en sitios localizados menores de 300 m² de área. Riego con material asfáltico cubierto con agregados o lechada asfáltica. Es conveniente sobre

pavimentos envejecidos y oxidados, que presenten grietas finas y/o pérdida de agregado por disgregación menor. Así mismo, pueden ser utilizados para corregir problemas de textura con el fin de mejorar la resistencia al deslizamiento en puntos críticos como: intersecciones, curvas, y pendientes. Requiere acciones previas como: sellado de grietas anchas, el bacheo, nivelación localizada en áreas deformadas, además de barrido y limpieza de la superficie. Las acciones más comunes son: capa de sello con piedra o grava picada o con arena y lechada asfáltica.

✓ Nivelación localizada con mezcla asfáltica

Esta acción es básicamente igual en su ejecución al bacheo superficial. Es adecuada para corregir fallas de poca gravedad como: ahuellamientos, hundimientos, zanjas, etc. Esta ejecución requiere barrido y riego asfáltico de la superficie a tratar. Luego la mezcla es extendida a mano o con la ayuda de equipos de construcción. Finalmente la mezcla es compactada, empleando equipos de rodillo liso, hasta obtener una densidad adecuada.

✓ Micro-fresado y/o texturizado localizada

Es un proceso por el cual un equipo provisto de un cilindro rotatorio, con dientes de especial dureza, remueve pavimentos asfálticos, hasta una profundidad especificada. Estos equipos cuentan con sistemas de nivelación automática y son capaces de operar con buena precisión. Esta acción se refiere, en el caso de fresado, a la remoción de 1 a 3 cm. de pavimento con la finalidad de alisar áreas deformadas con elevaciones y corrugaciones, ahuellamientos menores, superficies agrietadas y disgregadas. Este equipo remueve el material sin dañar las capas inferiores, deja una superficie rugosa y nivelada que facilita la colocación de nuevas capas de espesor uniforme, además mejora la adherencia. Por su parte la texturización se refiere al fresado o remoción de un espesor entre 3 a 10 mm. Con la finalidad de mejorar la fricción del pavimento.

2.2.12.2 Técnicas de rehabilitación de pavimentos.

✓ Tratamientos Superficiales (Capas de Sello)

Los sellos o tratamientos superficiales constituyen una excelente alternativa de rehabilitación. Son adecuados y económicos para proteger superficies viejas y oxidadas, sellar grietas y corregir fallas menores. Los sellos asfálticos no aportan un significativo incremento estructural al pavimento. Sin embargo, al sellar grietas, es decir, Impermeabilizando la superficie, se reduce la tasa de deterioro y produce un incremento en la vida de éste.

Para el buen comportamiento de un sello es importante que se realice una preparación adecuada de la superficie. Esta debe incluir reparaciones localizadas, bacheo, nivelación y/o fresado, sello de grietas anchas, reparación de zanjas, barrido, etc. La duración de un sello asfáltico es variable y depende de la condición del pavimento original, calidad del sello y características del tráfico. Por lo general, puede esperarse una duración entre 4 y 8 años.

A continuación se mostraran fotografías de los diversos tipos de tratamientos que existen en la actualidad.

La sellada arena – asfalto

Es una aplicación de una emulsión de rotura rápida continuada por la extensión y compactación de una capa delgada de arena con el fin es impermeabilizar capas de rodadura que presenten excesos de vacíos con aire y sean susceptibles de deterioro prematuro por envejecimiento y alta permeabilidad.



Figura N°39: Procedimiento típico sello arena-asfalto
Fuente: Medina & De la Cruz (2015)

El riego negro

Es una aplicación leve de emulsión asfáltica para sellar áreas localizadas fisuradas o con vacíos superficiales.



Figura N°40: Procedimiento típico de riego negro
Fuente: Medina & De la Cruz (2015)

El arenado

Se aplica en áreas donde la superficie presente excesos de asfalto.



Figura N°41: Procedimiento típico de arenado

Fuente: Medina & De la Cruz, 2015

✓ Aplicación de lechada asfáltica y el micro-aglomerado en frío

Se usan para Impermeabilizar y rejuvenecer la superficie, así como para mejorar las características de fricción. También son efectivos en sellado de áreas con grietas de escasa abertura. También existe micro-aglomerado en caliente y se usan para restablecer la resistencia al deslizamiento de pavimentos estructuralmente competentes y mejorar el drenaje.



Figura N°42: Aplicación de lechada asfáltica y micro aglomerante

Fuente: Medina & De la Cruz (2015)

✓ Tratamiento superficial con asfalto modificado con polímeros (SAM)

Este tratamiento superficial con SAM se usa para rejuvenecer e impermeabilizar la superficie, así como para mejorar las características de fricción.

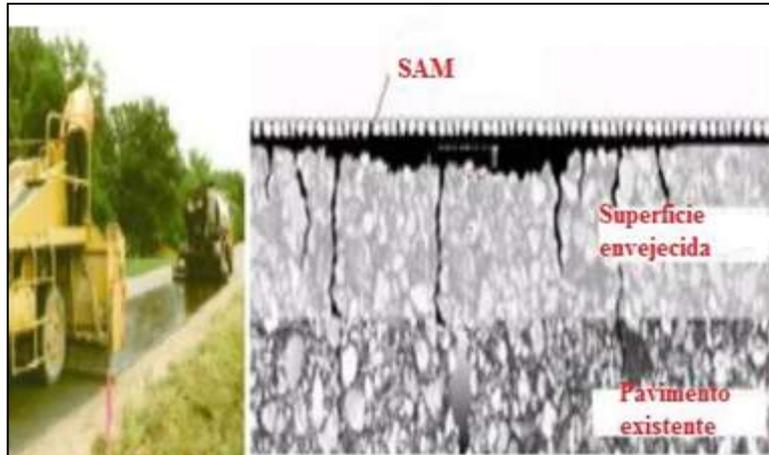


Figura N°43: Tratamiento superficial con polímeros (SAM)
Fuente: Medina & De la Cruz (2015)

✓ Capas o sobre-carpeta:

Procedimiento clásico para proteger un pavimento deteriorado, eliminar o reducir su rugosidad, mejorar la resistencia al deslizamiento y reforzar la estructura de un pavimento flexible mediante la repavimentación con concreto asfáltico. Las capas asfálticas de alta calidad ofrecen solución para casi todo tipo de problema. Se tiene tres alternativas, las cuales se describen a continuación:

✓ Nivelación:

Se aplican en aquellas vías deformadas que permitan elevación de la rasante. Son capas de espesor variable colocadas con equipos especializados. Dependiendo del caso pueden ejecutarse previo a la colocación de otra capa, o cumplir simultáneamente funciones de nivelación, refuerzo estructural, nivelación y sello en forma simultánea.

Es práctica común el uso de capas delgadas (2 a 4 cm.) cuando se considera la necesidad de proteger una superficie envejecida, mejorar su tránsito de rodaje y resistencia al deslizamiento.

✓ Fricción y/o sello:

Este tipo de capa tiene como objetivo principal mejorar la resistencia al deslizamiento del pavimento a fin de dar mayor seguridad a los usuarios. Estas capas deben ser asfálticas. Sus características especiales son: el uso de agregados de especial dureza y resistencia al pulimiento y el cumplimiento de un requisito mínimo de textura. Estas capas se colocan en pavimentos sanos y con poca deformación, generalmente con espesores entre 2 y 4 cm. Su aporte estructural es moderado, sin embargo debe considerarse según el caso y su efecto de sello y nivelación de deformaciones leves que mejoran la calidad de rodaje del pavimento, además de cumplir con su objetivo principal, como es el mejorar la fricción.

✓ Refuerzo estructural:

Se recurre a un refuerzo estructural, se da cuando las cargas exceden su resistencia inicial de diseño. En estos casos el pavimento falla estructuralmente y requiere ser reforzado para soportar futuras cargas. La construcción de capas de asfalto es comúnmente utilizada para reforzar la estructura de un pavimento y mejorar su condición funcional.

La determinación del espesor de esta capa debe hacerse mediante un análisis que permita establecer la condición del pavimento existente y su mecanismo de falla; determinar las características y condición de los materiales "in-situ"; definir el período de vida de la nueva estructura y las cargas esperadas, y determinar el espesor de refuerzo empleando un método o procedimiento técnicamente reconocido y apropiado del pavimento.

Es importante mencionar que para el refuerzo estructural se puede hacer uso de concreto con cemento la cual se coloca por encima de la capa de rodadura de concreto asfáltico, denominando a este tipo de pavimento como compuesto.



Figura N°44: Sobre carpeta de asfalto.
Fuente: Medina & De la Cruz (2015)

✓ Reciclado

Se entiende por reciclado la reutilización de materiales que conforman (capas) un pavimento existente, mediante procesos especiales, con la finalidad de mejorar sus propiedades y reincorporarlos en la estructura. El reciclado puede ejecutarse en frío o en caliente. En ambos casos puede hacerse en obra, o transportando el material a una planta donde es procesado, bien en caliente o en frío.

El reciclado en frío presenta las siguientes opciones: con cemento, emulsión asfáltica, emulsión asfáltica y cemento, asfalto espumado y por ultimo con asfalto espumado y cemento. El reciclado en frío se emplea para corregir pavimentos que presenten agrietamientos y deformaciones debidos a insuficiencias estructurales.

El reciclado en caliente se aplica para corregir deterioros no atribuibles a deficiencias estructurales



Figura N°45: Reciclado superficial en sitio
Fuente: Choque (2019)

✓ Remoción por fresado

Su uso es adecuado para alisar superficies deformadas, remover elevaciones y corrugaciones, o reducir el ahuellamiento antes de la ejecución de otras acciones. Existen equipos capaces de remover más de 10 cm en una sola pasada. En algunos casos el procedimiento puede ser beneficioso, específicamente en vías multicarril pueden lograrse importantes ahorros económicos cuando se encuentra un carril más deteriorado que los adyacentes. En este caso el fresado permite remover con precisión el lado de la vía fallada y aplicar un correctivo específico, no necesariamente requerido por toda la calzada.

Otro caso común es cuando un carril de una vía, generalmente el externo en vías multicarril, requiere un mayor refuerzo estructural que los adyacentes. En este caso al remover parte de la carpeta asfáltica fallada, y colocar el refuerzo que éste requiere, la nueva rasante no obliga un sobre-espesor en los canales adyacentes menos deteriorados lográndose ahorros económico. No produce daño a las base y capas inferiores, reutilización del material removido y causa poca molestia al tráfico.

El problema principal de ésta acción se encuentra en el costo de los equipos y su poca disponibilidad a nivel nacional.



Figura N°46: Maquina fresadora, pavimento y material fresado
Fuente: Choque (2019)

CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS

3.1 Hipotesis

Arias (2012), en su libro el proyecto de investigación señala que la: *“hipótesis es una suposición que expresa la posible relación entre dos o más variables, la cual se formula para responder tentativamente aun problema o pregunta de investigación”* (p.47).

3.1.1 Hipótesis general

Al evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de un pavimento asfaltico, la metodología PCI es más precisa en el rango del 80% a 85%.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Un 60% a 65% de tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERU coincide con la metodología PCI.
- b) El índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU representa el 60% a 65% de la metodología PCI.
- c) Aplicar la metodología MTC PERU es más simple y tiene ventajas de tiempo y formato que aplicar la metodología PCI.

3.1.3 Variables

En el presente trabajo de investigación se ha identificado 02 tipos de variables que se detallan a continuación:

Variable 1: Evaluación superficial de los pavimentos asfalticos

Variable 2: Metodologías MTC PERU y PCI

Luego de haber definido las variables de la investigación se procede a la contextualización de las variables mediante la definición de las mismas.

3.1.3.1 Definición de variables

- ✓ Evaluación Superficial de los Pavimentos Asfálticos.

Consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento asfáltico, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar su vida útil, en este sentido es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva considerando todos aquellos factores que afectan negativamente al usuario como: el costo, seguridad y confort.

- ✓ Metodología PCI.

Es una metodología muy completa para la evaluación y calificación de los pavimentos y es de fácil implementación ya que no requiere de herramientas especializadas para su uso y consiste en determinar la condición del pavimento mediante inspecciones visuales para identificar el tipo de falla, severidad y cantidad de fallas encontradas, y su clasificación viene dada por la escala en el que se encuentra su PCI que es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento de 0 a 100, siendo 0 la peor condición y 100 la mejor condición posible.

- ✓ Metodología MTC PERU.

Esta metodología evalúa la condición del pavimento mediante evaluaciones visuales de las fallas en el pavimento empleando hojas de recolección de datos que nos permite registrar diversos parámetros, como: fecha, ubicación, sección muestral, severidad, y tipos de falla. Mediante un inventario detallado de la vía para establecer su clasificación y determinar su condición actual.

3.1.3.2 Operacionalización de variables.

- Se adjunta en el Anexo F. de la presente investigación.

3.1.3.3 Matriz de consistencia

- Se adjunta en el Anexo G. de la presente investigación.

CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es básico con nivel descriptivo, cuantitativo y explicativo, ya que interesa sintetizar la importancia de la evaluación de los pavimentos asfálticos mediante la aplicación de las metodologías del MTC PERU y PCI, siendo prioridad en el orden metodológico.

4.2 Método de investigación

El método será del tipo deductivo simple por que logra deducir las dos metodologías mediante una evaluación a los pavimentos asfálticos a través de las dos metodologías empleadas.

4.3 Población de estudio

El trabajo de investigación tendrá como población de estudio a la recopilación de información del tipo científica como tesis ya sea de universidades nacionales como internacionales además de artículos, libros, manuales, blogs y toda información que cuente con respaldo académico.

Respecto a la población se tomó a bien tener como sustento de la investigación 30 tesis nacionales, 15 tesis internacionales, 5 manuales, 10 artículos de investigación.

4.4 Diseño muestral

Se tomó en cuenta toda la información relacionada a la evaluación de pavimentos asfálticos y las metodologías del MTC PERU y PCI.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

De acuerdo a los objetivos que persigue la investigación será del tipo documental científica que tenga suficiente respaldo académico.

4.6 Procedimientos para la recolección de datos.

La recolección de datos será mediante las variables de investigación con el fin de obtener la información necesaria para dar cumplimiento al objetivo de la tesis.

4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se cuenta con una base de información como tesis ya sea de universidades nacionales como internacionales juntamente de artículos, libros, manuales, blogs que están debidamente clasificadas por origen, año, tema y autor.

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

5.1 Presentación de experiencias en evaluaciones de pavimentos asfálticos bajo las metodologías del MTC PERU y PCI.

5.1.1 Contexto de la Investigación.

La presente investigación es netamente documental por consiguiente la recolección de datos está basada a las investigaciones relacionadas con el tema de estudio. El fin es obtener información con sustento académico para dar cumplimiento al objetivo de la tesis, ya que en la actualidad debido a la emergencia sanitaria mundial no se daban las condiciones para realizar muestreos en campo y ensayos de laboratorio.

Respecto a la recolección de datos:

Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista-Lucio, M. del P. (2014), en el libro metodología de la investigación (6ta ed.), desde el enfoque cualitativo igual que para el cuantitativo, la recolección de datos resulta fundamental, y se debe tener en cuenta que su propósito no es medir variables para llevar a cabo inferencias y análisis estadísticos. En tal sentido lo que se busca en el estudio cualitativo es la obtención de datos que se convertirán en información del tema en estudio.

➤ Experiencias consideradas en la Investigación.

Se tomaron en cuenta las siguientes investigaciones basadas a los objetivos que plantean, como son la evaluación de los pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC PERU y PCI, que sean recientes y sigan la misma dirección del presente estudio.

- ✓ Choque Palacios, J. A. (2019), Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, Tramo Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017.

- ✓ Mori Grandez, D. J. (2018). Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla.

➤ Experiencia N° 01.

Datos Generales del Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC PERU en la evaluación superficial de pavimento flexible, Tramo Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017. Puno, Perú.

[Choque Palacios (2019)].

- Ubicación de zona de estudio.

Se encuentra ubicado en el altiplano a una altura de 3822m sobre el nivel del mar a orillas del lago Titicaca. (Puno).

- Clima

El clima es semiseco y frígido, en las estaciones de primavera y verano presentan periodos de lluvia y en las estaciones de otoño e invierno. La precipitación pluvial promedio anual es 700mm. La temperatura promedio máximo mensual registrada es de 16.1°C en el mes de noviembre y la temperatura promedio mínimo es de - 4.10 °C.

- Calculo del tráfico

Se realizó el aforo de los vehículos que pasan por dicha vía se obtuvo los datos en dos estaciones. La mayor parte de los vehículos está compuesto por el paso de vehículos ligeros: Autos, camionetas, combis, microbuses y en menor parte por vehículos pesado como: B2, B3-1, B4-1 C2, C3. Dando un Índice Medio Semanal = 247.14 imds/veh.

- Dimensiones de la vía en evaluación

Longitud total de la vía: 9000 m

Ancho de calzada: 5 m

Longitud de la muestra: 50 m

Área: 250 m²



Figura N°47: Dimensión de calzada y berma
Fuente: Choque (2015)

- Calculo del número de muestras e intervalos según metodología PCI

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

Confiabilidad de 95%,

Remplazando en la ecuación:

Error: e= 5%

n=14.76 = 15 muestras se evalúan de las 180

Desviación estándar $\sigma = 10$

Calculo del intervalo de muestreo: $I=N/n= 180/15 = 12$ (el intervalo será cada 12 intervalos de muestras) como se aprecia en la Tabla N°9

Tabla N°9: Número de muestras e intervalos de muestras

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	53	170	180
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	-------	----	------	-----	-------	-----

Fuente: Choque (2019)

Se debe tener en cuenta que esta investigación se realizó siguiendo el procedimiento de los manuales de las respectivas metodologías del MTC PERU y del PCI.

- Calculo del número de muestras e intervalos según metodología MTC PERU

Debido a la metodología se tomaran tramos de 200m (según MTC) los 9000m se divide en 45 unidades de muestra con áreas de 1000m².

Longitud total de la vía: 9000 m

Ancho de calzada: 5 m

Longitud de la muestra: 200 m (Según el MTC se toman 200 m)

Área: 1000 m²

Las unidades de muestreo se calcularan según la metodología MTC

- Experiencia N° 02.

Datos Generales del Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC PERU en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla.

[Mori Grandez (2018)]

- Ubicación de zona de estudio.

La vía en estudio es la Av. Pedro Beltrán la cual se encuentra ubicada en el distrito de Ventanilla, Callao. Está dividida en 03 zonas que son las siguientes:

- Urb. Ciudad Satélite con 24 cuadras
- Ventanilla Alta con 20 cuadras
- Las Lomas de Ventanilla con 26 cuadras

Tal como se muestra en la Figura N°48.



Figura N°48: Zona de estudio
Fuente: Mori Grandez (2018)

- Dimensiones de la vía en evaluación

Tramo evaluado: Av. Pedro Beltrán (Principal)

Ancho de calzada: 6.3 m (2 Carriles: 1 subida 1 bajada)

Av. Pedro Beltrán (Subida)

Longitud: 4172.50 m

Área: 26,747.28 m²

Av. Pedro Beltrán (Bajada)

Longitud: 4,245.60 m

Área: 26,747.28 m²

Las Lomas de Ventanilla (2 Carriles de ambos sentidos)

Longitud: 292.80 m

Área: 1,844.64 m².

- Calculo del número de muestras e intervalos según metodología PCI

Debido a que se ha evaluado toda la vía de la Av. Pedro Beltrán no se tendrá que hacer uso de las fórmulas para hallar el número mínimo de unidades de muestreo, el intervalo de muestreo, y la desviación estándar, según la teoría descrita anteriormente. En tal sentido se describe que cada área de muestra será el siguiente:

$$A_{\text{MUESTRA}} = 36.6 \times 6.3 = 230.58 \text{ m}^2$$

Cantidad de unidades de muestreos evaluadas en las zonas de la Av. Beltrán

Urb. Ciudad Satélite: $n_{\text{subida}} = 47 \text{ UM}$; $n_{\text{bajada}} = 49 \text{ UM}$

Ventanilla alta: $n = 26 \text{ UM}$

Lomas de ventanilla: $n_{1 \text{ sentido}} = 41 \text{ UM}$; $n_{\text{ambos sentidos}} = 8 \text{ UM}$

- Calculo del número de muestras e intervalos según metodología MTC PERU

La metodología del MTC considera evaluar las fallas cada 200 m lineales en el caso de la Av. Beltrán que tiene una calzada de 6.3 m

$$A_{\text{MUESTRA}} = 200 \times 6.3 = 1260 \text{ m}^2$$

Cantidad de unidades de muestreos evaluadas en las zonas de la Av. Beltrán

Urb. Ciudad Satélite: $n_{(\text{subida y bajada})} = 9 \text{ UM}$

Ventanilla alta: $n_{(\text{subida y bajada})} = 5 \text{ UM}$

Lomas de ventanilla: $n_{\text{subida}} = 8 \text{ UM}$; $n_{\text{bajada}} = 7 \text{ UM}$

En el caso de la Av. Pedro Beltrán se han evaluado 22 unidades de muestreo para la calzada de subida y 21 unidades de muestreo para la calzada de bajada.

5.1.2 Tipos de fallas bajo las metodologías MTC PERU y PCI.

Luego de inspeccionar el tramo en estudio se identificaron las siguientes fallas.

Según la Metodología PCI:

- Tramo: Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017. Puno, Perú.

Fallas encontradas como se aprecia en la Figura N°49



Figura N°49: Tipos de fallas según PCI
Fuente: Choque (2019).

Según la Metodología MTC PERU:

- Tramo: Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017. Puno, Perú.

Fallas encontradas como se aprecia en la Figura N°50.

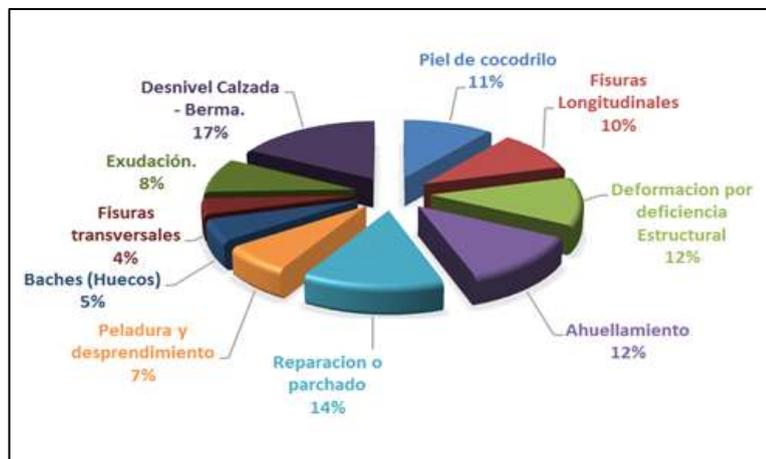


Figura N°50: Tipos de fallas según MTC
Fuente: Choque (2019).

Según la Metodología PCI:

Tramo: Av. Pedro Beltrán, Ventanilla, Callao.

Fallas encontradas como se aprecia en las Figuras N°51. N°52

Zona las lomas de Ventanilla:

ZONA	No. MUESTRA	FALLAS	SEVERIDAD	CANTIDAD
LAS LOMAS DE VENTANILLA CALZADA DE BAJADA	95	1. Piel de Cocodrilo	Media	2.17 m2
		3. Agrietamiento en Bloque	Alta	18.26 m2
		4. Abultamiento y Hundimiento	Media	4.10 m
		10. Grietas Long. y Transversales	Alta	3.50 m
		13. Huecos	Media	1.00
	13. Huecos	Alta	1.00	
	19. Desprendimiento de Agregados	Alta	30.56 m2	
	96	1. Piel de Cocodrilo	Media	9.43 m2
		1. Piel de Cocodrilo	Alta	13.72 m2
		3. Agrietamiento en Bloque	Media	6.72 m2
		10. Grietas Long. y Transversales	Baja	5.00 m
		10. Grietas Long. y Transversales	Media	8.40 m
	11. Parcheo	Media	4.58 m2	
	19. Desprendimiento de Agregados	Media	10.08 m2	
	97	1. Piel de Cocodrilo	Baja	3.36 m2
1. Piel de Cocodrilo		Media	8.04 m2	
1. Piel de Cocodrilo		Alta	1.25 m2	
3. Agrietamiento en Bloque		Baja	4.76 m2	
3. Agrietamiento en Bloque		Media	7.43 m2	
10. Grietas Long. y Transversales	Baja	5.06 m		
10. Grietas Long. y Transversales	Media	13.40 m		
11. Parcheo	Baja	4.56 m2		

Figura N°51: Tipos de fallas según PCI
Fuente: Mori (2018).

Zona ciudad satélite:

ZONA	No. MUESTRA	FALLAS	SEVERIDAD	CANTIDAD
URB. CIUDAD SATELITE CALZADA DE SUBIDA	26	1. Piel de Cocodrilo	Media	36.16 m2
		10. Grietas Long. y Transversales	Media	60.67 m
		13. Huecos	Baja	1.00
		19. Desprendimiento de Agregados	Media	40.08 m2
		1. Piel de Cocodrilo	Media	43.47 m2
27	10. Grietas Long. y Transversales	Media	51.45 m	
	11. Parcheo	Media	3.78 m2	
	19. Desprendimiento de Agregados	Media	34.16 m2	
LAS LOMAS DE VENTANILLA CALZADA DE SUBIDA	119	1. Piel de Cocodrilo	Media	5.64 m2
		10. Grietas Long. y Transversales	Media	11.50 m
		10. Grietas Long. y Transversales	Alta	11.95 m
		19. Desprendimiento de Agregados	Alta	19.32 m2
120	1. Piel de Cocodrilo	Media	7.25 m2	
	1. Piel de Cocodrilo	Alta	6.96 m2	
	10. Grietas Long. y Transversales	Media	6.40 m	
	10. Grietas Long. y Transversales	Alta	14.10 m	
19. Desprendimiento de Agregados	Alta	17.68 m2		

Figura N°52: Tipos de fallas según PCI
Fuente: Mori (2018).

Según la Metodología MTC:

Tramo: Av. Pedro Beltrán, Ventanilla, Callao.

Fallas encontradas como se aprecia en las Figuras N°48. N°49

- 1 Piel de cocodrilo.
- 2 fisuras longitudinales
- 3 deformaciones por deficiencia estructural
- 4 ahuellamiento
- 5 reparaciones o parchados
- 6 peladura y desprendimiento
- 7 baches (huecos)
- 8 fisuras transversales

5.1.3 Evaluación del tipo de fallas según las metodologías MTC PERU y PCI

- Evaluación del tipo de fallas del pavimento flexible, Tramo Emp.Pe-3s
- Atuncolla, 2017. Puno, Perú.
[Choque Palacios (2019)].

En esta etapa de la evaluación se inicia el proceso del levantamiento de información de campo con la finalidad de verificar los tipos de fallas existentes en la vía en estudio. Considerando que previamente ya se definió las unidades muestrales y los intervalos de muestreo. Se aplicara las metodologías PCI y MTC PERU.

- Calculo del PCI de las unidades muestrales

Para este procedimiento nos basaremos al manual American Society for Testing and Materials para el cálculo Índice de condición del pavimento que es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento.

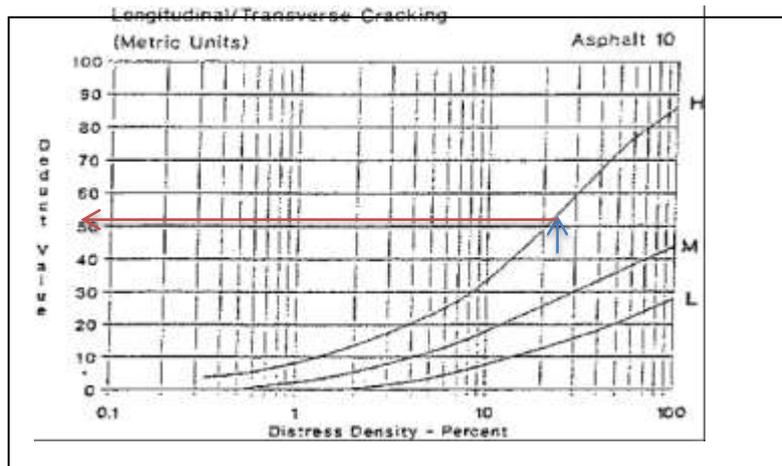


Figura N°53: Ábaco de fallas de fisuras longitudinales y transversales
Fuente: American Society for Testing and Materials (2007).

Como se aprecia en el abaco obtenemos un valor deducido (Vd.) = 16.5, para fisuras longitudinales y transversales. Este mismo procedimiento se hará para todo los tipos de fallas. Luego se procederá a calcular el número máximo de valores deducidos (m) utilizando la ecuación de fallas máximas deducidos “m” donde $m < =10$

El máximo valor deducido por cada tipo de falla y severidad es HDV = 47.5 y este es remplazado en la ecuación se obtiene que $m=5.8$, o también puede usar el abaco que se aprecia en la Figura N°54

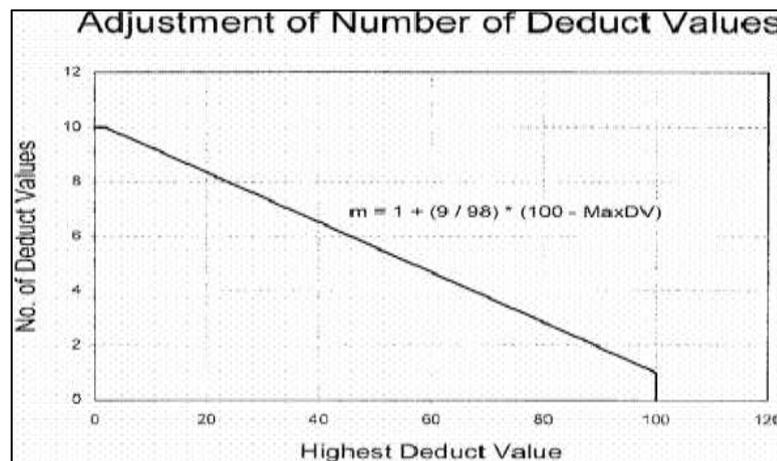


Figura N°54: Ábaco de fallas de fisuras longitudinales y transversales
Fuente: American Society for Testing and Materials (2007).

Se tiene que m es menor que el número de valores deducidos mayores a 2 puntos (q), en este caso $m < q$, por lo tanto se toma 5.8 y el sexto valor deducido se colocara el $2.3 * (5.8 - 5) = 1,84$

Luego se ordenara los valores deducidos individuales de forma descendente y obtiene $q=5$, de ahí se procede a la sumatoria de valores deducidos para luego estos ubicarlos en el abaco para su corrección como se aprecia en la Figura N°55 y esto se hará con todos, reemplazando por 2 el ultimo valor de cada caso y disminuyendo “q” en una unidad, hasta que “q” sea igual a 1, para luego hallar los valores deducidos para cada valor de “q”, tal como se muestra en la Tabla N°12

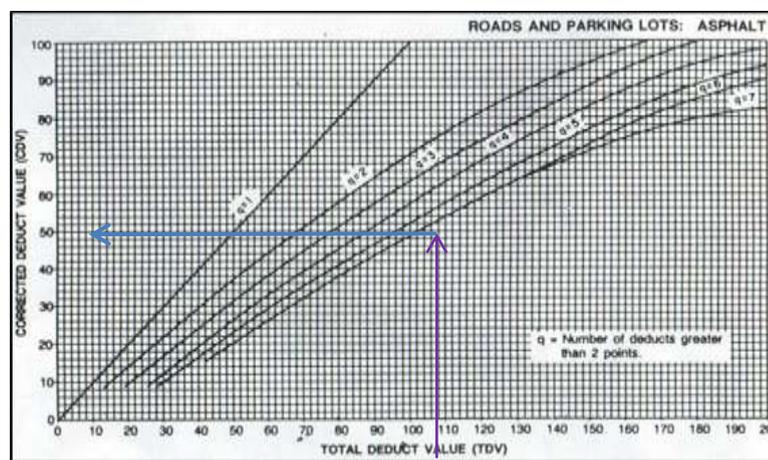


Figura N°55: Corrección del valor deducido en pavimentos asfálticos
Fuente: American Society for Testing and Materials (2007)

En la Figura N°55 se calcula la corrección del valor deducido intersecando en la gráfica los valores del máximo total que es 98.34 y el $q=5$ nos da un $CDV = 51$ así se hará a todos los valores y se tomara el Máximo CDV que en este caso es 58.

Tabla N°11: Calculo de valores deducidos

#	VALORES DEDUCIDOS						m= 5.8	TOTAL	q	CDV
1	47.50	20.50	16.50	7.50	4.50	1.84		98.34	5	51
2	47.50	20.50	16.50	7.50	2.00	1.84		95.84	4	56
3	47.50	20.50	16.50	2.00	2.00	1.84		90.34	3	58
4	47.50	20.50	2.00	2.00	2.00	1.84		75.84	2	55
5	47.50	2.00	2.00	2.00	2.00	1.84		57.34	1	57
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC):										58

Fuente: Choque (2019)

Finalmente luego de tener todos los valores deducidos corregidos se tomara el mayor valor de estos para el cálculo del PCI de la unidad de muestra mediante la ecuación regida en el manual American Society for Testing and Materials.

Para este caso se tiene que $PCI=100-\text{MaxCDV}$, $PCI=100-58=42$, entonces la clasificación de nivel de PCI obtenido en la escala de graduación es REGULAR.

- Calificación del pavimento mediante la metodología del MTC PERU

Previamente en el ítem sobre el cálculo del número de muestras e intervalos se determinó como se detalla a continuación:

Longitud total de la vía: 9000 m

Ancho de calzada: 5 m

Longitud de la muestra: 200 m (Según el MTC se toman 200 m)

Área: 1000 m²

Se inicia el procedimiento levantando información pero cada 200m según metodología.

Para la recolección de datos como se aprecia en la Tabla N°12 y cálculo de calificación de condición del pavimento se tomara una unidad de muestra con el fin de ser explícito en el cálculo detallando la área muestral N°01 paso a paso.

Tabla N°12: Formato recolección para la metodología MTC PERU

CARRETERA: Desv. Atuncolla - Atuncolla			SECCION: KM 2+800- M 3+000			AREA DE LA UNIDAD (m2,L): 1000			UNIDAD DE MUESTRO: 01													
TIPO DE DETERIORO/FALLA																						
1	PIEL DE COCODRILO					7	BACHES (HUECOS)															
2	FISURAS LONGITUDINALES					8	FISURAS TRANSVERSALES															
3	DEFORMACIÓN POR DEFICIENCIA ESTRUCTURAL					9	EXUDACIÓN.															
4	AHUELLAMIENTO					10	DAÑOS PUNTUALES.															
5	REPARACIÓN O PARCHADO					11	DESIVEL CALZADA - BERMA															
6	PELADURA Y DESPRENDIMIENTO																					
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																						
TIPO	1			2			3			4			7			11						
CANTIDAD Y SEVERIDAD	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	
		11.00			15.00			12.00			9.00	13.50			2.00			140.00	60.00	1.00		
		5.85			16.00																	
		7.50			17.30																	
TOTAL	G-1	0.00			0.00			0.00			9.00			0.00			0.00			1.00		
	G-2	24.35			48.30			12.00			13.50			2.00			140.00			0.00		
	G-3	0.00			0.00			0.00			0.00			0.00			60.00			0.00		

Fuente: Choque (2019)

Como se observa la unidad muestral en la tabla N°13 se recolecto el tipo I que es falla de piel de cocodrilo con sus medidas y el nivel de gravedad (G2) igual a 24.35 m2 y aplicando la ecuación de porcentaje de extensión del deterioro. Ahora se continúa con la calificación de la condición del pavimento. En tal sentido se utilizara la ecuación simplificada ponderada con el fin de luego dar el puntaje de condición, según el % de extensión calculada según el tipo de daño y sus intervalos de puntaje.

Ecuación simplificada ponderada:

$$EF_p = \frac{100}{A_s} \left(\frac{A_{11}^2 + A_{12}^2 + A_{13}^2}{A_{11} + A_{12} + A_{13}} \right)$$

Para el caso de la falla o deterioro de piel de cocodrilo tiene un código de daño 1, con una extensión promedio ponderado de 2.44% y como el promedio ponderado es menor a 10% para este caso el puntaje es 9.76 como se aprecia en la Tabla N° 13.

Tabla N°13: Formato cálculo de condición MTC PERU

CODICION DE DAÑO	EXT. PROM. PONDERADO	PUNTAJE DE CONDICION SEGÚN EXTENSION DE CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA										PUNTAJE DE CONDICION											
		0: SIN DETERIORO O SIN FALLA		1: LEVE EFP=M ENOR A 10%		2: MODERADO EFP=ENTRE 10% Y 30%			3: SEVERO EFP=M AYOR A 30%														
1	2.44														9.76								
2	4.83														9.66								
3	1.20														2.40								
4	1.17														2.34								
7	2.00														9.00								
11	58.00													100.00	100.0								
	0.10														-								
SUMA DE PUNTAJE DE CONDICION (PC):															133.16								
CALIFICACION DE CONDICION:												Tipo de conservación según calificación de condición.											
												RECONSTRUCCION-REHABILITACION		CONSERVACION PERIODICA				CONSERVACION RUTINARIA					
CC=1000-PC =		866.84												100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
CONDICION DEL PAVIMENTO:												TIPO DE INTERVENCION SEGÚN C. CONDICION:											
CONDICION BUENO												CONSERVACION RUTINARIA											

Fuente: Choque (2019)

Se puede concluir que el pavimento está en la condición **BUENO** y esta calificación de condición estima un tipo de **CONSERVACION PERIODICA**.

- Evaluación del tipo de fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC PERU en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla.

[Mori Grandez (2018)]

En esta etapa se seguirá el mismo procedimiento que se realizó detalladamente en la investigación anterior pero en este caso se podrán los resultados de la investigación ya que la finalidad es la recolección de datos con el fin de compararlos e interpretar sus resultados. Se aplicara las metodologías PCI y MTC PERU.

- Calculo del PCI de las unidades muestrales

Paso previo se había concluido que debido a que se ha evaluado toda la vía de la Av. Pedro Beltrán no se tendrá que hacer uso de fórmulas para hallar el número mínimo de unidades de muestreo, el intervalo de muestreo, y la desviación estándar, ya que se toman las consideraciones del manual del PCI. En tal sentido se describe que cada área de muestra será el siguiente:

$$A_{\text{MUESTRA}} = 36.6 \times 6.3 = 230.58 \text{ m}^2$$

Cantidad de unidades de muestreos evaluadas en las zonas de la Av. Beltrán

Urb. Ciudad Satélite: $n_{\text{subida}} = 47 \text{ UM}$; $n_{\text{bajada}} = 49 \text{ UM}$

Ventanilla alta: $n = 26 \text{ UM}$

Lomas de ventanilla: $n_{1 \text{ sentido}} = 41 \text{ UM}$; $n_{\text{ambos sentidos}} = 8 \text{ UM}$

Luego se procederá a la recolección de datos para evaluar los distintos tipos de fallas según formato que se aprecia en la Figura N°56.

Se debe tener en cuenta que para el cálculo del PCI de la Av. Pedro Beltrán se realizaran todos los cálculos basados a la metodología del PCI que se detalló paso a paso en la primera área muestral de la evaluación del tramo Desvió. Atuncolla – Atuncolla, Puno.

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFALTICA (PCI)

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA																																											
ZONA Satélite	ABSCISA INICIAL 0+000	ABSCISA FINAL 0+000	UNIDAD DE MUESTREO 1	AREA MUESTREO (m ²) 230.58	FECHA 03/06/2018																																												
INSPECCIONADO POR David J. Porcasián Mori Grande																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>DAÑO</th> <th>N°</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>PIEL DE COCODRILLO</td><td>11</td><td>PARCHEO</td></tr> <tr><td>2</td><td>EXUDACION</td><td>12</td><td>PULMIENTO DE AGREGADOS</td></tr> <tr><td>3</td><td>AGRETTAMIENTO EN BLOQUE</td><td>13</td><td>HUECOS</td></tr> <tr><td>4</td><td>ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO</td><td>14</td><td>CRUCE DE VIA FERREA</td></tr> <tr><td>5</td><td>CORRUGACION</td><td>15</td><td>AHUELLAMIENTO</td></tr> <tr><td>6</td><td>DEPRESION</td><td>16</td><td>DESPLAZAMIENTO</td></tr> <tr><td>7</td><td>GRETA DE BORDE</td><td>17</td><td>GRETA PARABOLICA (SUPPAGE)</td></tr> <tr><td>8</td><td>GRETA DE REFLEXION DE JUNTA</td><td>18</td><td>HONCHAMIENTO</td></tr> <tr><td>9</td><td>DESNIVEL CARREL / BERMA</td><td>19</td><td>DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS</td></tr> <tr><td>10</td><td>GRETAS LONG. Y TRANSVERSALES</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			N°	DAÑO	N°	DAÑO	1	PIEL DE COCODRILLO	11	PARCHEO	2	EXUDACION	12	PULMIENTO DE AGREGADOS	3	AGRETTAMIENTO EN BLOQUE	13	HUECOS	4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14	CRUCE DE VIA FERREA	5	CORRUGACION	15	AHUELLAMIENTO	6	DEPRESION	16	DESPLAZAMIENTO	7	GRETA DE BORDE	17	GRETA PARABOLICA (SUPPAGE)	8	GRETA DE REFLEXION DE JUNTA	18	HONCHAMIENTO	9	DESNIVEL CARREL / BERMA	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	10	GRETAS LONG. Y TRANSVERSALES					
N°	DAÑO	N°	DAÑO																																														
1	PIEL DE COCODRILLO	11	PARCHEO																																														
2	EXUDACION	12	PULMIENTO DE AGREGADOS																																														
3	AGRETTAMIENTO EN BLOQUE	13	HUECOS																																														
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14	CRUCE DE VIA FERREA																																														
5	CORRUGACION	15	AHUELLAMIENTO																																														
6	DEPRESION	16	DESPLAZAMIENTO																																														
7	GRETA DE BORDE	17	GRETA PARABOLICA (SUPPAGE)																																														
8	GRETA DE REFLEXION DE JUNTA	18	HONCHAMIENTO																																														
9	DESNIVEL CARREL / BERMA	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS																																														
10	GRETAS LONG. Y TRANSVERSALES																																																
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO																																										
3	M	0.37			0.37	3.39	0.30																																										
10	L	0.60	2.00	2.10	1.60	4.80	0.40																																										
12	M	3.85	3.60	3.80	11.20	4.86	11.20																																										
13	M	3.15	2.60		5.75	2.49	15.90																																										

Figura N°56: Formato de exploración de la condición por U.M
Fuente: Mori (2018)

Luego de evaluar todas las fallas de la vía se ha determinado su grado de severidad y demás parámetros para las 3 zonas de la Av. Pedro Beltrán: Urb. Ciudad Satélite, Ventanilla alta y Lomas de ventanilla.

- Calificación del pavimento mediante la metodología del MTC PERU

Debido a la metodología se tomaran tramos de 200m (según MTC) los 9000m se divide en 45 unidades de muestra con áreas de 1000m².

Longitud total de la vía: 9000 m

Ancho de calzada: 5 m

Longitud de la muestra: 200 m (Según el MTC se toman 200 m)

Área: 1000 m²

Se realizara el mismo procedimiento que se detalló en el cálculo de la calificación del tramo Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017.

5.1.4 Resultados del estado de condición del pavimento según metodologías MTC PERU y PCI.

✓ Según la Metodología PCI:

Tramo: Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017. Puno, Perú. (14 U.M)

Tabla N°14: Resultados del método del PCI

N°	PROGRESIVA		PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIO	FINAL		
1	Km 00+000	Km 00+050	42.00	REGULAR
2	Km 00+650	Km 00+700	25.00	MALO
3	Km 01+300	Km 01+350	11.00	MUY MALO
4	Km 01+950	Km 02+000	25.00	MALO
5	Km 02+600	Km 02+650	49.00	REGULAR
6	Km 03+250	Km 03+300	46.00	REGULAR
7	Km 03+900	Km 03+950	50.00	REGULAR
8	Km 04+550	Km 04+600	30.00	MALO
9	Km 05+200	Km 05+250	24.00	MUY MALO
10	Km 05+850	Km 05+900	33.00	MALO
11	Km 06+500	Km 06+550	11.00	MUY MALO
12	Km 07+150	Km 07+200	17.00	MUY MALO
13	Km 07+800	Km 07+850	22.00	MUY MALO
14	Km 08+450	Km 08+500	26.00	MALO

Fuente: Choque (2019)

Basándose a los resultados y usando la escala de clasificación de la metodología del PCI los resultados son los siguientes:

Tabla N°15: Resumen del estado U.M de la vía según PCI

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO (50M)	%
BUENO	0	0%
REGULAR	4	29%
MALO	5	36%
MUY MALO	5	36%

Fuente: Choque (2019)

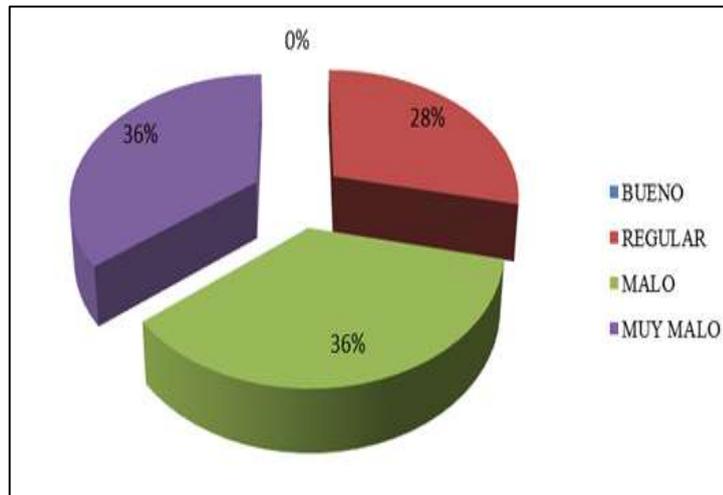


Figura N°57: Porcentaje de Condición del pavimento PCI
Fuente: Choque (2019)

Para determinar la condición del pavimento PCI evaluado se procede a promediar las 14 unidades muestrales y nos da como resultado de un valor numérico de 29 lo que equivale a un estado de clasificación **MALO** para la vía.

Tabla N°16: Resumen del estado de la vía según PCI

METODOLOGIA	CLASIFICACION PROMEDIO	ESTADO
PCI	29	MALO

Fuente: Choque (2019)

✓ Según la Metodología MTC:

Tabla N°17: Resultados del método del MTC

N°	PROGRESIVA		MTC	CLASIFICACIÓN	TIPO DE INTERVENCION SEGÚN CALIF. DE COND.
	INICIO	FINAL			
1	Km 00+00	Km 00+200	784.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
2	Km 00+200	Km 00+400	788.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
3	Km 00+400	Km 00+600	799.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
4	Km 00+600	Km 00+800	847.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
5	Km 00+800	Km 01+000	757.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
6	Km 01+000	Km 01+200	761.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
7	Km 01+200	Km 01+400	798.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
8	Km 01+400	Km 01+600	780.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
9	Km 01+600	Km 01+800	846.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
10	Km 01+800	Km 02+000	768.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
11	Km 02+000	Km 02+200	798.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
12	Km 02+200	Km 02+400	860.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
13	Km 02+400	Km 02+600	795.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
14	Km 02+600	Km 02+800	824.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
15	Km 02+800	Km 03+000	774.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
16	Km 03+000	Km 03+200	758.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
17	Km 03+200	Km 03+400	761.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
18	Km 03+400	Km 03+600	799.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
19	Km 03+600	Km 03+800	885.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
20	Km 03+800	Km 04+000	861.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
21	Km 04+000	Km 04+200	768.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
22	Km 04+200	Km 04+400	721.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
23	Km 04+400	Km 04+600	761.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
24	Km 04+600	Km 04+800	852.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
25	Km 04+800	Km 05+000	755.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
26	Km 05+000	Km 05+200	811.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
27	Km 05+200	Km 05+400	799.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
28	Km 05+400	Km 05+600	867.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
29	Km 05+600	Km 05+800	846.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
30	Km 05+800	Km 06+000	797.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
31	Km 06+000	Km 06+200	741.00	REGULAR	CONSERVACION RUTINARIA
32	Km 06+200	Km 06+400	880.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
33	Km 06+400	Km 06+600	740.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
34	Km 06+600	Km 06+800	787.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
35	Km 06+800	Km 07+000	798.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
36	Km 07+000	Km 07+200	804.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
37	Km 07+200	Km 07+400	798.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
38	Km 07+400	Km 07+600	761.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
39	Km 07+600	Km 07+800	732.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
40	Km 07+800	Km 08+000	803.00	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
41	Km 08+000	Km 08+200	772.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
42	Km 08+200	Km 08+400	719.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
43	Km 08+400	Km 08+600	749.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
44	Km 08+600	Km 08+800	670.00	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
45	Km 08+800	Km 09+000			

Fuente: Choque (2019)

Tabla N°18: Resumen del estado de U.M de la vía según MTC

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO (200)	%
BUENO	13	30
REGULAR	31	70
MALO	0	0

Fuente: Choque (2019)

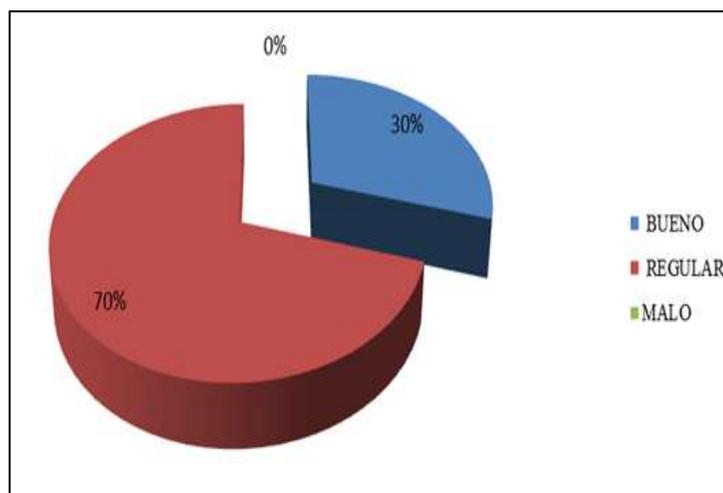


Figura N°58: Porcentaje de condición del pavimento MTC

Fuente: Choque (2019)

Para determinar la condición del pavimento MTC evaluado se procede a promediar las 44 unidades muestrales y nos da como resultado de un valor numérico de 789 lo que equivale a un estado de clasificación **REGULAR** para la vía.

Según la calificación de condición de **REGULAR** correspondería una intervención de “Mantenimiento Periódico” ya que puede deteriorarse más y entrar a la condición de **MALO**, la cual correspondería a una intervención de “Rehabilitación”, donde el costo sería muy elevado.

Tabla N°19: Resumen del estado de la vía según MTC

METODOLOGIA	CLASIFICACION PROMEDIO	ESTADO
MANUAL DEL MTC	789	REGULAR

Fuente: Choque (2019)

✓ Según la Metodología PCI:

Tramo: Av. Pedro Beltrán – Ventanilla. Callao.

Zona: Urb. Ciudad Satélite (Subida)

ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
URB. CIUDAD SATELITE	1	0.00	36.60	77	MUY BUENO	72
	2	36.60	73.20	85	MUY BUENO	
	3	73.20	109.80	87	EXCELENTE	
	4	109.80	146.40	78	MUY BUENO	
	5	146.40	183.00	55	REGULAR	
	6	183.00	219.60	59	BUENO	
	7	219.60	256.20	76	MUY BUENO	
	8	256.20	292.80	73	MUY BUENO	
	9	292.80	329.40	64	BUENO	
	10	329.40	366.00	76	MUY BUENO	
	11	366.00	402.60	83	MUY BUENO	
	12	402.60	439.20	71	MUY BUENO	
	13	439.20	475.80	74	MUY BUENO	
	14	475.80	512.40	85	MUY BUENO	
	15	512.40	549.00	70	BUENO	
	16	549.00	585.60	79	MUY BUENO	
	17	585.60	622.20	75	MUY BUENO	
	18	622.20	658.80	68	BUENO	
	19	658.80	695.40	80	MUY BUENO	
	20	695.40	732.00	80	MUY BUENO	
	21	732.00	768.60	64	BUENO	
	22	768.60	805.20	69	BUENO	
	23	805.20	841.80	54	REGULAR	
	24	841.80	878.40	66	BUENO	
	25	878.40	915.00	72	MUY BUENO	
	26	915.00	951.60	35	MALO	
	27	951.60	988.20	32	MALO	
	28	988.20	1024.80	53	REGULAR	
	29	1024.80	1061.40	78	MUY BUENO	
	30	1061.40	1098.00	49	REGULAR	
	31	1098.00	1134.60	67	BUENO	
	32	1134.60	1171.20	57	BUENO	
	33	1171.20	1207.80	80	MUY BUENO	
	34	1207.80	1244.40	83	MUY BUENO	
	35	1244.40	1281.00	83	MUY BUENO	
	36	1281.00	1317.60	79	MUY BUENO	
	37	1317.60	1354.20	59	BUENO	
	38	1354.20	1390.80	81	MUY BUENO	
	39	1390.80	1427.40	79	MUY BUENO	
	40	1427.40	1464.00	74	MUY BUENO	
	41	1464.00	1500.60	74	MUY BUENO	
	42	1500.60	1537.20	93	EXCELENTE	
	43	1537.20	1573.80	90	EXCELENTE	
	44	1573.80	1610.40	73	MUY BUENO	
	45	1610.40	1647.00	73	MUY BUENO	
	46	1647.00	1683.60	79	MUY BUENO	
	47	1683.60	1720.20	88	EXCELENTE	

Figura N°59: Resultados del método PCI

Fuente: Mori (2018)

Tramo: Av. Pedro Beltrán – Ventanilla. Callao.

Zona: Ventanilla Alta

ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
VENTANILLA ALTA	48	1720.20	1756.80	82	MUY BUENO	79
	49	1756.80	1793.40	82	MUY BUENO	
	50	1793.40	1830.00	84	MUY BUENO	
	51	1830.00	1866.60	88	EXCELENTE	
	52	1866.60	1903.20	98	EXCELENTE	
	53	1903.20	1939.80	88	EXCELENTE	
	54	1939.80	1976.40	88	EXCELENTE	
	55	1976.40	2013.00	88	EXCELENTE	
	56	2013.00	2049.60	91	EXCELENTE	
	57	2049.60	2086.20	83	MUY BUENO	
	58	2086.20	2122.80	83	MUY BUENO	
	59	2122.80	2159.40	80	MUY BUENO	
	60	2159.40	2196.00	77	MUY BUENO	
	61	2196.00	2232.60	84	MUY BUENO	
	62	2232.60	2269.20	80	MUY BUENO	
	63	2269.20	2305.80	53	REGULAR	
	64	2305.80	2342.40	65	BUENO	
	65	2342.40	2379.00	65	BUENO	
	66	2379.00	2415.60	85	MUY BUENO	
	67	2415.60	2452.20	69	BUENO	
	68	2452.20	2488.80	83	MUY BUENO	
	69	2488.80	2525.40	81	MUY BUENO	
	70	2525.40	2562.00	81	MUY BUENO	
	71	2562.00	2598.60	55	REGULAR	
	72	2598.60	2635.20	56	BUENO	
	73	2635.20	2671.80	88	EXCELENTE	

Figura N°60: Resultados del método PCI

Fuente: Mori (2018)

Tramo: Av. Pedro Beltrán – Ventanilla. Callao.

Zona: las lomas de ventanilla (Subida)

ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
LAS LOMAS DE VENTANILLA	74	2671.80	2708.40	83	MUY BUENO	81
	75	2708.40	2745.00	94	EXCELENTE	
	76	2745.00	2781.60	91	EXCELENTE	
	77	2781.60	2818.20	83	MUY BUENO	
	78	2818.20	2854.80	95	EXCELENTE	
	79	2854.80	2891.40	87	EXCELENTE	
	80	2891.40	2928.00	87	EXCELENTE	
	81	2928.00	2964.60	85	MUY BUENO	
	82	2964.60	3001.20	91	EXCELENTE	
	83	3001.20	3037.80	94	EXCELENTE	
	84	3037.80	3074.40	85	MUY BUENO	
	85	3074.40	3111.00	88	EXCELENTE	
	86	3111.00	3147.60	95	EXCELENTE	
	87	3147.60	3184.20	86	EXCELENTE	
	88	3184.20	3220.80	77	MUY BUENO	
	89	3220.80	3257.40	73	MUY BUENO	
	90	3257.40	3294.00	73	MUY BUENO	
	91	3294.00	3330.60	85	MUY BUENO	
	92	3330.60	3367.20	85	MUY BUENO	
	93	3367.20	3403.80	81	MUY BUENO	
	94	3403.80	3440.40	98	EXCELENTE	
	95	3440.40	3477.00	74	MUY BUENO	
	96	3477.00	3513.60	74	MUY BUENO	
	97	3513.60	3550.20	75	MUY BUENO	
98	3550.20	3586.80	75	MUY BUENO		
99	3586.80	3623.40	71	MUY BUENO		
100	3623.40	3660.00	69	BUENO		
101	3660.00	3696.60	69	BUENO		
102	3696.60	3733.20	90	EXCELENTE		
103	3733.20	3769.80	82	MUY BUENO		
104	3769.80	3806.40	83	MUY BUENO		
105	3806.40	3843.00	81	MUY BUENO		
106	3843.00	3879.60	81	MUY BUENO		
107	3879.60	3916.20	79	MUY BUENO		
108	3916.20	3952.80	79	MUY BUENO		
109	3952.80	3989.40	52	REGULAR		
110	3989.40	4026.00	79	MUY BUENO		
111	4026.00	4062.60	80	MUY BUENO		
112	4062.60	4099.20	90	EXCELENTE		
113	4099.20	4135.80	90	EXCELENTE		
114	4135.80	4172.40	51	REGULAR		
AV. PEDRO BELTRAN RECORRIDO - SUBIDA						
ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
LAS LOMAS DE VENTANILLA 1 SOLA CALZADA	115	4172.40	4209.00	52	REGULAR	47
	116	4209.00	4245.60	48	REGULAR	
	117	4245.60	4282.20	47	REGULAR	
	118	4282.20	4318.80	62	BUENO	
	119	4318.80	4355.40	40	MALO	
	120	4355.40	4392.00	20	MUY MALO	
	121	4392.00	4428.60	55	REGULAR	
122	4428.60	4465.20	55	REGULAR		

Figura N°61: Resultados del método PCI

Fuente: Mori (2018)

Tramo: Av. Pedro Beltrán – Ventanilla. Callao.

Zona: Urb. Ciudad Satélite Urb. (bajada)

ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
URB. CIUDAD SATELITE	1	0.00	36.60	63	BUENO	82
	2	36.60	73.20	88	EXCELENTE	
	3	73.20	109.80	87	EXCELENTE	
	4	109.80	146.40	98	EXCELENTE	
	5	146.40	183.00	88	EXCELENTE	
	6	183.00	219.60	88	EXCELENTE	
	7	219.60	256.20	97	EXCELENTE	
	8	256.20	292.80	85	MUY BUENO	
	9	292.80	329.40	87	EXCELENTE	
	10	329.40	366.00	98	EXCELENTE	
	11	366.00	402.60	62	BUENO	
	12	402.60	439.20	97	EXCELENTE	
	13	439.20	475.80	98	EXCELENTE	
	14	475.80	512.40	60	BUENO	
	15	512.40	549.00	60	BUENO	
	16	549.00	585.60	97	EXCELENTE	
	17	585.60	622.20	95	EXCELENTE	
	18	622.20	658.80	91	EXCELENTE	
	19	658.80	695.40	96	EXCELENTE	
	20	695.40	732.00	80	MUY BUENO	
	21	732.00	768.60	80	MUY BUENO	
	22	768.60	805.20	88	EXCELENTE	
	23	805.20	841.80	88	EXCELENTE	
	24	841.80	878.40	78	MUY BUENO	
	25	878.40	915.00	83	MUY BUENO	
	26	915.00	951.60	76	MUY BUENO	
	27	951.60	988.20	84	MUY BUENO	
	28	988.20	1024.80	97	EXCELENTE	
	29	1024.80	1061.40	90	EXCELENTE	
	30	1061.40	1098.00	73	MUY BUENO	
	31	1098.00	1134.60	83	MUY BUENO	
	32	1134.60	1171.20	94	EXCELENTE	
	33	1171.20	1207.80	94	EXCELENTE	
	34	1207.80	1244.40	95	EXCELENTE	
	35	1244.40	1281.00	81	MUY BUENO	
	36	1281.00	1317.60	63	BUENO	
	37	1317.60	1354.20	55	REGULAR	
	38	1354.20	1390.80	75	MUY BUENO	
	39	1390.80	1427.40	82	MUY BUENO	
	40	1427.40	1464.00	82	MUY BUENO	
	41	1464.00	1500.60	64	BUENO	
	42	1500.60	1537.20	55	REGULAR	
	43	1537.20	1573.80	73	MUY BUENO	
	44	1573.80	1610.40	85	MUY BUENO	
	45	1610.40	1647.00	78	MUY BUENO	
	46	1647.00	1683.60	42	REGULAR	
	47	1683.60	1720.20	86	EXCELENTE	
	48	1720.20	1756.80	84	MUY BUENO	
	49	1756.80	1793.40	80	MUY BUENO	

Figura N°62: Resultados del método PCI

Fuente: Mori (2018)

Tramo: Av. Pedro Beltrán – Ventanilla. Callao.

Zona: Lomas de ventanilla (bajada)

ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
LAS LOMAS DE VENTANILLA	75	2745.00	2781.60	75	MUY BUENO	70
	77	2781.60	2818.20	97	EXCELENTE	
	78	2818.20	2854.80	72	MUY BUENO	
	79	2854.80	2891.40	58	BUENO	
	80	2891.40	2928.00	58	BUENO	
	81	2928.00	2964.60	76	MUY BUENO	
	82	2964.60	3001.20	76	MUY BUENO	
	83	3001.20	3037.80	78	MUY BUENO	
	84	3037.80	3074.40	80	MUY BUENO	
	85	3074.40	3111.00	83	MUY BUENO	
	86	3111.00	3147.60	84	MUY BUENO	
	87	3147.60	3184.20	79	MUY BUENO	
	88	3184.20	3220.80	97	EXCELENTE	
	89	3220.80	3257.40	79	MUY BUENO	
	90	3257.40	3294.00	67	BUENO	
	91	3294.00	3330.60	75	MUY BUENO	
	92	3330.60	3367.20	77	MUY BUENO	
	93	3367.20	3403.80	77	MUY BUENO	
	94	3403.80	3440.40	77	MUY BUENO	
	95	3440.40	3477.00	21	MUY MALO	
	96	3477.00	3513.60	29	MUY MALO	
97	3513.60	3550.20	35	MALO		
98	3550.20	3586.80	48	REGULAR		
99	3586.80	3623.40	52	REGULAR		
100	3623.40	3660.00	78	MUY BUENO		
101	3660.00	3696.60	97	EXCELENTE		
102	3696.60	3733.20	78	MUY BUENO		
103	3733.20	3769.80	49	REGULAR		
104	3769.80	3806.40	50	REGULAR		
105	3806.40	3843.00	52	REGULAR		
106	3843.00	3879.60	82	MUY BUENO		
107	3879.60	3916.20	79	MUY BUENO		
108	3916.20	3952.80	80	MUY BUENO		
109	3952.80	3989.40	91	EXCELENTE		
110	3989.40	4026.00	85	MUY BUENO		
111	4026.00	4062.60	98	EXCELENTE		
112	4062.60	4099.20	56	BUENO		
113	4099.20	4135.80	61	BUENO		
114	4135.80	4172.40	58	BUENO		
115	4172.40	4209.00	58	BUENO		
116	4209.00	4245.60	75	MUY BUENO		

Figura N°63: Resultados del método PCI

Fuente: Mori (2018)

Tramo: Av. Pedro Beltrán – Ventanilla. Callao.

Zona: Ventanilla alta. (Bajada)

ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
VENTANILLA ALTA	50	1798.40	1830.00	83	MUY BUENO	81
	51	1830.00	1866.60	81	MUY BUENO	
	52	1866.60	1903.20	79	MUY BUENO	
	53	1903.20	1939.80	82	MUY BUENO	
	54	1939.80	1976.40	83	MUY BUENO	
	55	1976.40	2013.00	85	MUY BUENO	
	56	2013.00	2049.60	82	MUY BUENO	
	57	2049.60	2086.20	80	MUY BUENO	
	58	2086.20	2122.80	83	MUY BUENO	
	59	2122.80	2159.40	82	MUY BUENO	
	60	2159.40	2196.00	79	MUY BUENO	
	61	2196.00	2232.60	85	MUY BUENO	
	62	2232.60	2269.20	85	MUY BUENO	
	63	2269.20	2305.80	90	EXCELENTE	
	64	2305.80	2342.40	97	EXCELENTE	
	65	2342.40	2379.00	92	EXCELENTE	
	66	2379.00	2415.60	83	MUY BUENO	
	67	2415.60	2452.20	83	MUY BUENO	
	68	2452.20	2488.80	86	EXCELENTE	
	69	2488.80	2525.40	80	MUY BUENO	
	70	2525.40	2562.00	62	BUENO	
	71	2562.00	2598.60	62	BUENO	
	72	2598.60	2635.20	47	REGULAR	
	73	2635.20	2671.80	56	BUENO	
	74	2671.80	2708.40	97	EXCELENTE	
75	2708.40	2745.00	97	EXCELENTE		

Figura N°64: Resultados del método PCI

Fuente: Mori (2018)

✓ Según la Metodología MTC PERU:

Al evaluar con el manual del MTC PERU se obtuvo que todas las unidades de muestreo de la Av. Pedro Beltrán den como resultado que la condición de la vía es **BUENA** como se observa en los cuadros de resultados. Ver Figuras N°58 y N°59

Tramo: Av. Pedro Beltrán (subida)

AV. PEDRO BELTRAN RECORRIDO - SUBIDA						
ZONA	No.	Inicio	Final	MTC	MTC DE LA ZONA	ESTADO DE LA ZONA
URB. CIUDAD SATELITE	1	0.00	200.00	988.14	980	BUENO
	2	200.00	400.00	983.88		
	3	400.00	600.00	987.56		
	4	600.00	800.00	984.85		
	5	800.00	1000.00	943.98		
	6	1000.00	1200.00	966.60		
	7	1200.00	1400.00	978.21		
	8	1400.00	1600.00	993.62		
	9	1600.00	1800.00	992.97		
VENTANILLA ALTA	10	1800.00	2000.00	995.86	992	BUENO
	11	2000.00	2200.00	992.48		
	12	2200.00	2400.00	989.95		
	13	2400.00	2600.00	987.55		
	14	2600.00	2800.00	995.12		
LAS LOMAS DE VENTANILLA	15	2800.00	3000.00	996.56	993	BUENO
	16	3000.00	3200.00	996.71		
	17	3200.00	3400.00	996.36		
	18	3400.00	3600.00	994.40		
	19	3600.00	3800.00	992.80		
1 SOLA CALZADA	20	3800.00	4000.00	991.63	978	BUENO
	21	4000.00	4200.00	985.70		
	22	4200.00	4400.00	978.39		

Figura N°65: Resultados del método MTC
Fuente: Mori (2018)

Tramo: Av. Pedro Beltrán (bajada)

AV. PEDRO BELTRAN RECORRIDO - BAJADA						
ZONA	No.	Inicio	Final	MTC	MTC DE LA ZONA	ESTADO DE LA ZONA
URB. CIUDAD SATELITE	1	0.00	200.00	994.35	992	BUENO
	2	200.00	400.00	994.45		
	3	400.00	600.00	993.1		
	4	600.00	800.00	995.92		
	5	800.00	1000.00	994.28		
	6	1000.00	1200.00	991.45		
	7	1200.00	1400.00	987.03		
	8	1400.00	1600.00	987.58		
	9	1600.00	1800.00	992.11		
VENTANILLA ALTA	10	1800.00	2000.00	993.98	991	BUENO
	11	2000.00	2200.00	993.51		
	12	2200.00	2400.00	995		
	13	2400.00	2600.00	987.31		
	14	2600.00	2800.00	987.31		
LAS LOMAS DE VENTANILLA	15	2800.00	3000.00	991.77	987	BUENO
	16	3000.00	3200.00	993.53		
	17	3200.00	3400.00	991.82		
	18	3400.00	3600.00	971.67		
	19	3600.00	3800.00	984.94		
	20	3800.00	4000.00	993.84		
	21	4000.00	4200.00	983.36		

Figura N°66: Resultados del método MTC
Fuente: Mori (2018)

5.2 Evaluación de vía muestral aplicativa de av. Las nazarenas – surco – Lima.

5.2.1 Ubicación de la zona en estudio.

La avenida las nazarenas consta de dos carriles y está ubicada en el distrito de surco, provincia de Lima, departamento Lima, y comprende de la cuadra 1 a la cuadra 5. El carril derecho va en dirección del Jr. Morro Solar y La sección lateral derecha, que va con dirección hacia la av. alejandro velasco astete que comienza en el Jr. Morro Solar.

El tramo de estudio delimitado comprende desde el Jr. Morro Solar hasta la Av. caminos del Inca, a lo largo de la av. Las nazarenas del distrito santiago de surco, para lo cual, sólo se analizará la calzada que da el sentido hacia el Jr. Morro Solar.



Figura N°67: Ubicación de vía muestral
Fuente: Google Earth

✓ Características del tramo en estudio.

Esta vía tiene dos calzadas con sentidos distintos. Cada calzada está formada por dos carriles de un solo sentido de un ancho promedio de 6.20m y al recorrer el tramo en estudio, se pudo evidenciar que el pavimento presenta deterioros a nivel superficial, además de reparaciones respectivas por temas de alcantarillado.

- ✓ Carga de tránsito.

El flujo vehicular que circula en la red de pavimento es constante, es decir no hay variaciones significativas del tránsito. Básicamente circulan vehículos livianos.

5.2.2 Aplicación de metodologías MTC PERU y PCI.

Para evaluar la vía muestral se aplicaran las metodologías del MTC PERU y PCI considerando los procedimientos que se detalló explícitamente en la presentación de experiencias en el ITEM 5.1 que sirvió como antecedente aplicativo del estudio.

5.2.3 Aplicación de la metodología PCI en la vía muestral.

- ✓ Área de muestreo y unidades de muestra.

Se identificó el área muestral de 2480 m² por evaluar que está comprendida entre el Jr. Morro Solar y la Av. Monte de los Olivos que hacen un total de 400 metros lineales de pavimento flexible que forman parte de la Av. Las Nazarenas. Ver Figura N°68

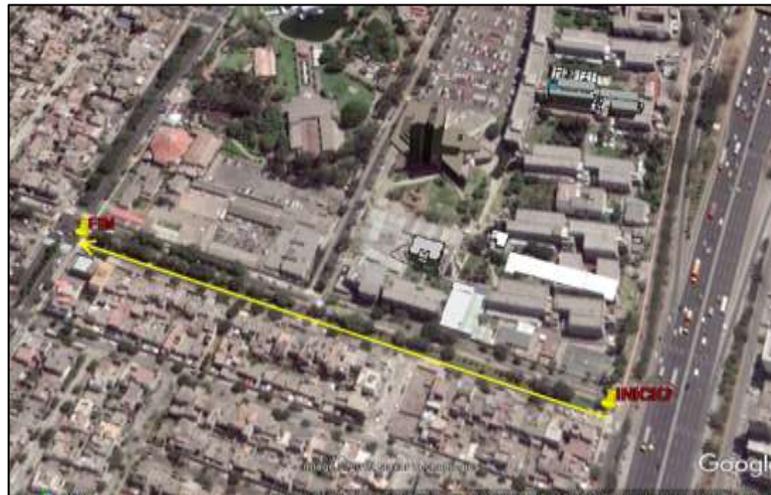


Figura N°68: Tramo muestral
Fuente: Google Earth

Se dividió las secciones del pavimento en unidades de muestra. Como el ancho de la calzada es un valor constante igual 6.20m, se definieron las dimensiones por unidad de muestreo: 6.20x50m, abarcando un A sección muestral = 310.00 m², el cual está dentro del rango que recomienda el manual PCI. (225m² ±90m²). En tal sentido se analizarán 06 unidades de muestra que se le denominaran Tramos I, II, III, IV, V, VI.

Datos generales:

Longitud de la vía = 400 ml

Ancho de calzada = 6.20 ml

Longitud muestral = 50 ml

A sección muestral = 310.00 m²

- ✓ Calculando el número total de la muestra (N)

$$N = (\text{Longitud de la vía} / \text{Longitud muestral}) = 400/50$$

$$N = 8 \text{ (Número total de la muestra)}$$

- ✓ Calculando el número de muestras a ser evaluadas (n)

S = 10 % (Desviación estándar), e = 5% (Error aceptable)

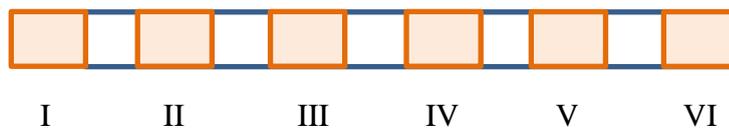
$$n = (N \cdot S^2 / e^2 / 4 \cdot (N - 1) + s^2)$$

Remplazando: $n = 5.57 = 6$ (muestras a ser evaluadas)

Entonces se evaluaran 6 muestras que serían los Tramos I, II, III, IV, V, VI

- ✓ Calculo de la selección de las unidades de muestreo. (i)

$$I = (N/n) = (8/6) = 1.33$$



- ✓ Identificación de fallas y recolección de datos en zona muestral.

En esta etapa se identificaron las fallas y se procedió a la recolección de datos en los formatos establecidos según el manual del PCI (ver anexo N° 1), así cuantificando los niveles de severidad de cada falla y demás parámetros establecidos por la metodología.



Figura N°69: Vista panorámica de zona de estudio
Fuente: Elaboración propia

En el tramo de la vía muestral evaluada se encontraron los siguientes tipos de fallas:

- Grietas transversales y longitudinales
- Agrietamiento en bloque
- Piel de cocodrilo
- Parcheo y acometidas de servicio
- Peladura y desprendimiento de agregados
- Grieta de borde
- huecos o baches.
- Pulimiento de agregados
- Depresiones
- Abultamientos

Luego se procesa la información y se da inicio a los cálculos del PCI del pavimento.

5.2.4 Calculo del PCI de unidades muestrales evaluadas.

Tramo I

Tabla N°20: Valor deducido tramo I

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
G.TRANSVERSAL	M	6	1.5	4.5	1.5	3.1	2.1	2.2	20.9	6.742	15.6
G.LONGITUDINAL	L	11.5	2.2						13.7	4.42	6.4
G.LONGITUDINAL	M	1.9							1.9	0.61	1.4
G.TRANSVERSAL	L	1.6							1.6	0.52	0.1
GRIETA DE BORDE	M	0.8	1.65	9.3	2.55				14.3	4.61	13.6
P. AGREGADOS	H	9.6	8.16						17.76	5.73	1.5
PARCHEO	L	1.0							1.0	0.32	0.23
HUECOS	L	0.02							0.02	0.01	1.8
										VDT	40.63

Fuente: Elaboración propia.

Numero de valores deducidos > 2 , $q = 3$

Valor deducido máximo (HDVi) = 15.6

Número máximo de valores deducidos (Mi) = 8.75

Tabla N°21: Valor deducido corregido tramo I

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL (TDV)	q	VDC
1	15.6	13.6	6.4					35.6	3	21
2	15.6	13.6	2					31.2	2	22
3	15.6	2	2					19.6	1	20
								MAX (VDC)		22

Fuente: Elaboración propia

✓ CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI) = $100 - \text{Max VDC} = 100 - 22$, PCI = 78

	Standard PCI™ Rating Scale	Suggested Colors
100	Good	Dark Green
85	Satisfactory	Light Green
70	Fair	Yellow
55	Poor	Light Red
40	Very Poor	Medium Red
25	Serious	Dark Red
10	Failed	Dark Grey
0		

ESTADO : SATISFACTORIO

Tramo II

Tabla N°22: Valor deducido tramo II

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
G.TRANSVERSAL	M	3.0	2.1	0.8	2.5	1.2	1.9		11.5	3.710	9.2
G.TRANSVERSAL	L	1.2	3.3	2.77	2.87				10.14	3.27	1.2
DEPRESION	H	2.7	1.5						4.2	1.35	34.6
HUECOS	L	0.24							0.24	0.08	16.4
PARCHEO	L	1.2							1.2	0.39	0.4
										VDT	61.8

Fuente: Fuente: Elaboración propia

Numero de valores deducidos > 2 , $q = 3$

Valor deducido máximo (HDVi) = 34.6

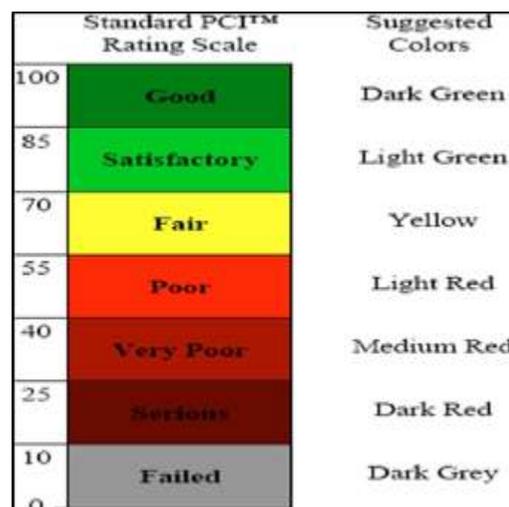
Número máximo de valores deducidos (Mi) = 7.01

Tabla N°23: Valor deducido corregido tramo II

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL (TDV)	q	VDC
1	34.6	16.4	9.2					60.2	3	38
2	34.6	16.4	2					53	2	40
3	34.6	2	2					38.6	1	39
								MAX (VDC)		40

Fuente: Elaboración propia

✓ CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI) = $100 - \text{Max VDC} = 100 - 40 = 60$, PCI = 60



ESTADO : JUSTO

Tramo III

Tabla N°24: Valor deducido tramo III

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
PARCHEO	L	0.1	0.2	0.1					0.40	0.129	0.1
DEPRESION	H	1.2	1.45	2	1				5.65	1.82	41.2
PARCHEO	L	1.0							1.00	0.32	0.1
G.TRANSVERSAL	L	1.2							1.15	0.37	0.1
G.LONGITUDINAL	M	5.0	1.95						6.95	2.24	8.5
G.TRANSVERSAL	M	3.3							3.30	1.06	4.6
ABULTAMIENTO	M	3.3							3.30	1.06	12.4
AGRIE EN BLOQUE	H	0.39							0.39	0.13	0.1
										VDT	67.1

Fuente: Elaboración propia

Numero de valores deducidos > 2 , $q = 4$

Valor deducido máximo (HDVi) = 41.2

Número máximo de valores deducidos (Mi) = 6.40

Tabla N°25: Valor deducido corregido tramo III

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL (TDV)	q	VDC
1	41.2	12.4	8.5	4.6				66.7	4	38
2	41.2	12.4	8.5	2				64.1	3	41
3	41.2	12.4	2	2				57.6	2	44
4	41.2	2	2	2				47.2	1	48
								MAX (VDC)		48

Fuente: Elaboración propia

✓ CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI) = $100 - \text{Max VDC} = 100 - 48 = 52$, PCI = 52

	Standard PCI™ Rating Scale	Suggested Colors
100	Good	Dark Green
85	Satisfactory	Light Green
70	Fair	Yellow
55	Poor	Light Red
40	Very Poor	Medium Red
25	Serious	Dark Red
10	Failed	Dark Grey
0		

ESTADO : POBRE

Tramo IV

Tabla N°26: Valor deducido tramo IV

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
PARCHEO	L	1.1	0.0	0.1					1.2	0.386	0
G.TRANSVERSAL	M	5.5	2.5	1.8					9.8	3.16	9.6
G.TRANSVERSAL	L	2.9	4						6.9	2.23	0.1
GRIETA DE BORDE	M	2.0							2	0.65	9.4
G.LONGITUDINAL	M	8.0							8	2.58	8.7
										VDT	27.8

Fuente: Elaboración propia

Numero de valores deducidos > 2 , $q = 3$

Valor deducido máximo (HDVi) = 9.6

Número máximo de valores deducidos (Mi) = 9.3

Tabla N°27: Valor deducido corregido tramo IV

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL (TDV)	q	VDC
1	9.6	9.4	8.7					27.7	3	16
2	9.6	9.4	2					21	2	15
3	9.6	2	2					13.6	1	14
								MAX (VDC)		16

Fuente: Elaboración propia

✓ CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI) = $100 - \text{Max VDC} = 100 - 16 = 84$, PCI = 84

	Standard PCI™ Rating Scale	Suggested Colors
100	Good	Dark Green
85	Satisfactory	Light Green
70	Fair	Yellow
55	Poor	Light Red
40	Very Poor	Medium Red
25	Serious	Dark Red
10	Failed	Dark Grey
0		

ESTADO : SATISFACTORIO

Tramo V

Tabla N°28: Valor deducido tramo V

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
PARCHEO	L	9.8	4.8	1.0	0.0558	1.0			16.6	5.357	10.2
DEPRESION	H	0.9	5						5.9	1.90	40.5
HUECO	L	0.0	0.98						0.984	0.32	8.6
G.TRANSVERSAL	M	50.0	0.9						50.9	16.42	21.2
D.AGREGADOS	M	2.0	3.33						6.36	2.05	10.1
										VDT	90.6

Fuente: Elaboración propia

Numero de valores deducidos > 2 , $q = 5$

Valor deducido máximo (HDVi) = 40.5

Número máximo de valores deducidos (Mi) = 6.46

Tabla N°29: Valor deducido corregido tramo V

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL (TDV)	q	VDC
1	40.5	21.2	10.2	10.1	8.6			90.6	5	47
2	40.5	21.2	10.2	10.1	2			84	4	49
3	40.5	21.2	10.2	2	2			75.9	3	48
4	40.5	21.2	2	2	2			67.7	2	50
5	40.5	2	2	2	2			48.5	1	51
								MAX (VDC)		51

Fuente: Elaboración propia

✓ CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI) = $100 - \text{Max VDC} = 100 - 51 = 49$, PCI = 49

	Standard PCI™ Rating Scale	Suggested Colors
100	Good	Dark Green
85	Satisfactory	Light Green
70	Fair	Yellow
55	Poor	Light Red
40	Very Poor	Medium Red
25	Serious	Dark Red
10	Failed	Dark Grey
0		

ESTADO : POBRE

Tramo VI

Tabla N°30: Valor deducido tramo VI

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
G.TRANSVERSAL	M	2.3							2.3	0.742	12
PIEL DE COCODRILO	M	0.2							0.16	0.05	0
AGRIE.EN BLOQUE	H	5.3	3.4						8.65	2.79	17.4
DEPRESION	H	5.0							5	1.61	39.2
D. AGREGADOS	M	0.7	0.12						0.84	0.27	6.5
G.LONGITUDINAL	M	1.7	4						5.7	1.84	4.4
G.TRANSVERSAL	L	0.7	2.8	6					9.5	3.06	1.8
PARCHEO	L	1.0 0							1	0.32	0.1
										VDT	81.4

Fuente: Elaboración propia

Numero de valores deducidos > 2 , $q = 5$

Valor deducido máximo (HDVi) = 39.2

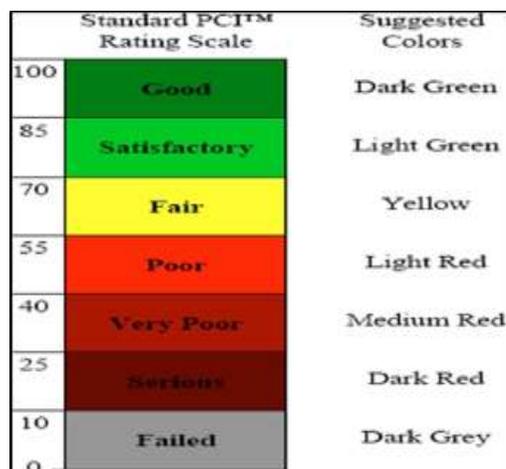
Número máximo de valores deducidos (Mi) = 6.58

Tabla N°31: Valor deducido corregido tramo VI

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL (TDV)	q	VDC
1	39.2	17.4	12	6.5	4.4			79.5	5	42
2	39.2	17.4	12	6.5	2			77.1	4	44
3	39.2	17.4	12	2	2			72.6	3	47
4	39.2	17.4	2	2	2			62.6	2	46
5	39.2	2	2	2	2			47.2	1	47
								MAX (VDC)		47

Fuente: Elaboración propia

✓ CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI) = $100 - \text{Max VDC} = 100 - 47 = 53$, PCI = 53



ESTADO : POBRE

✓ Cuadro resumen metodología PCI

Tabla N°32: Resumen de unidades muestrales según PCI

RANGO (ml)	TRAMO U.M	PCI	ESCALA DE CALIFICACION	COLOR SUGERIDO
[0 -50]	I	78	SATISFACTORIO	LIGHT GREEN
[50 -100]	II	60	JUSTO (FAIR)	YELLOW
[100 -150]	III	52	POBRE (POOR)	LIGHT REED
[150-200]	IV	84	SATISFACTORIO	LIGHT GREEN
[200 -250]	V	49	POBRE (POOR)	LIGHT REED
[250-300]	VI	53	POBRE (POOR)	LIGHT REED

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la condición del pavimento PCI evaluado se procede a promediar las 06 unidades muestrales y nos da como resultado un valor numérico promedio de 63 lo que equivale a un estado de clasificación **JUSTO** según el rango de escalas establecidas en la metodología PCI.

Tabla N°33: Resumen del estado de la vía muestral según PCI

VIA MUESTRAL [PCI]	CLASIFICACION PROMEDIO	COLOR SUGERIDO
63	JUSTO (FAIR)	YELLOW

Fuente: Elaboración propia

5.2.5 Aplicación de la metodología MTC PERU en la vía muestral.

- ✓ Área de muestreo y unidades de muestra.

Se identificó el área muestral de $A_{\text{muestral}} = 2480 \text{ m}^2$ por evaluar que está comprendida entre el Jr. Morro Solar y la Av. Monte de los Olivos que hacen un total de 400 metros lineales de pavimento flexible que forman parte de la Av. Las Nazarenas.

Basándose a la metodología del MTC PERU que considera la evaluación en tramos de 200 metros lineales por consiguiente se analizaran 02 secciones muestrales denominados Tramo A y Tramo B.

En el tramo de la vía muestral evaluada se encontraron los siguientes tipos de fallas que se detalla a continuación:

- Piel de cocodrilo
- Fisuras longitudinales
- Fisuras transversales
- Reparaciones o parchados
- Peladura y desprendimientos
- Baches (Huecos)
- Desnivel calzada berma

- ✓ Cálculo del área sección muestral

$$A_{\text{sección muestral}} = 200 \times 6.2 = 1240 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{sección muestral}} = 200 \text{ m}$$

Luego de evaluar las 02 secciones muestrales bajo los procedimientos que se detalló explícitamente en la presentación de experiencias relacionadas al tema descrito en el ÍTEM 5.1 que sirvió como antecedente aplicativo del estudio.

5.2.6 Cálculo de la condición de la sección muestral

El cálculo de la condición del pavimento será bajo la metodología del MTC PERU. La vía muestral consta de 02 tramos de 200 m de longitud cada uno

Se iniciará realizando el levantamiento de cada una de las fallas existentes en la vía muestral ayudándose del formato de recolección de datos.

Luego se continuará calculando el % de extensión como ejemplo del Tramo A describiremos el % de extensión de la falla de la fisura longitudinal que será de la siguiente manera $= (18.4/1240) * 100 = 1.48\%$ el paso siguiente es calcular la extensión promedio ponderada y demás cálculos que se detallan en los [Anexos D.](#) y [Anexo E.](#) para determinar los puntajes de condición de los Tramos A y B y así determinar la condición general de la vía muestral Av. las nazarenas.

Los puntajes obtenidos en la evaluación fueron los siguientes:

➤ **Tramo A:**

Suma de puntajes de condición = 11.02

Para calcular la condición del pavimento del tramo muestral viene dada por la siguiente expresión.

Condición del pavimento Tramo A = $1000 - 11.02$

Condición del pavimento Tramo A = 988.98

La condición se clasifica como **BUENO** de acuerdo al manual de mantenimiento y conservación vial del MTC PERU.

➤ **Tramo B:**

Suma de puntajes de condición = 13.96

Para calcular la condición del pavimento del tramo muestral viene dada por la siguiente expresión.

Condición del pavimento Tramo A = $1000 - 13.96$

Condición del pavimento Tramo A = 986.04

La condición se clasifica como **BUENO** de acuerdo al manual de mantenimiento y conservación vial del MTC PERU.

✓ Cuadro de resumen metodología MTC PERU

Al evaluar bajo el manual del MTC PERU se obtuvo que todas las unidades de muestreo de la Av. Las nazarenas dan como resultado que la condición de la vía es **BUENO** como se observa en los cuadros de resultados.

Ver tabla N°34

Tabla N°34: Resumen de unidades muestrales según MTC PERU

RANGO (ml)	TRAMO	MTC PERU	CLASIFICACION
[0 -200]	A	988.98	BUENO
[200-400]	B	986.04	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la condición del pavimento bajo la metodología del MTC PERU luego de evaluarlo se procede a promediar las 02 unidades muestrales y nos da como resultado un número promedio de 987.50 lo que equivale a un estado de clasificación **BUENO** según el rango de escalas establecidas en la metodología MTC PERU. Ver Tabla N°35

Tabla N°35: Resumen del estado de la vía según MTC PERU

METODOLOGIA	CLASIFICACION VIA MUESTRAL	ESTADO MTC PERU	TIPO DE CONSERVACION
MTC PERU	987.50	BUENO	RUTINARIA

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Presentación de resultados de la evaluación superficial bajo las metodologías PCI y MTC PERU

El problema de la investigación es como evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos. En esa dirección y respondiendo a esta interrogante, si nos referimos a la metodología PCI se evaluó como se describe en el procedimiento del manual American Society for Testing and Materials. ASTM D6433-07 y respecto a la metodología MTC PERU se evaluó bajo el procedimiento del manual de mantenimiento y conservación vial del MTC PERU y la comparación de ambas metodologías se hará mediante los resultados obtenidos y sus procedimientos de evaluación que se han detallado en el desarrollo de la cada metodología que involucra a la presente investigación.

La vía muestral evaluada fue la: av. las nazarenas - surco, en la que se encontraron los siguientes tipos de fallas que se detallan a continuación:

➤ Fallas encontradas bajo la metodología PCI

[Total de Fallas = 10]

- Grietas transversales y longitudinales
- Agrietamiento en bloque
- Piel de cocodrilo
- Parcheo y acometidas de servicio
- Peladura y desprendimiento de agregados
- Grieta de borde
- huecos o baches.
- Pulimiento de agregados
- Depresiones
- Abultamientos

➤ Fallas encontradas bajo la metodología MTC PERU [Total de Fallas = 07]

- Piel de cocodrilo
- Fisuras longitudinales
- Fisuras transversales
- Reparaciones o parchados
- Peladura y desprendimientos
- Baches (Huecos)
- Desnivel calzada berma

Además se evaluó los niveles de severidad según la tipología de fallas encontradas que están dentro del margen de Bajo (L), Medio (M) y Alto (H).

El objetivo de la investigación es la de evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos. En esa dirección se mostrarán los resultados obtenidos de la evaluación del pavimento asfáltico de la vía muestral bajo ambas metodologías que se detallan líneas abajo.

- ✓ Cuadro resumen de evaluación de unidades muestrales bajo la metodología PCI. Ver tabla N°36.

Tabla N°36: Resumen de unidades muestrales PCI

RANGO (ml)	TRAMO U.M	PCI	ESCALA DE CALIFICACION	COLOR SUGERIDO
[0 -50]	I	78	SATISFACTORIO	LIGHT GREEN
[50 -100]	II	60	JUSTO (FAIR)	YELLOW
[100 -150]	III	52	POBRE (POOR)	LIGHT REED
[150-200]	IV	84	SATISFACTORIO	LIGHT GREEN
[200 -250]	V	49	POBRE (POOR)	LIGHT REED
[250-300]	VI	53	POBRE (POOR)	LIGHT REED

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Cuadro resumen de evaluación vía muestral según PCI

Tabla N°37: Resumen del estado de la vía muestral según PCI

VIA MUESTRAL [PCI]	CLASIFICACION PROMEDIO	COLOR SUGERIDO
63	JUSTO (FAIR)	YELLOW

Fuente: Elaboración propia

Luego de evaluar la vía muestral bajo la metodología del PCI se puede concluir que la vía muestral av. Las nazarenas se encuentran en una condición de estado **JUSTO** el tipo de intervención a ejecutar es de **REHABILITACIÓN** y un posterior mantenimiento de la vía.

- ✓ Cuadro resumen de evaluación de unidades muestrales bajo la metodología MTC PERU.

Tabla N°38: Resumen de unidades muestrales según MTC PERU

RANGO (ml)	TRAMO U.M	VALOR	CONDICION MTC PERU
[0-200]	A	988.98	BUENO
[200-400]	B	986.04	BUENO

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Cuadro resumen de evaluación según MTC PERU.

Tabla N°39: Resumen del estado de la vía muestral según MTC PERU.

METODOLOGIA	CLASIFICACION VIA MUESTRAL	ESTADO MTC PERU	TIPO DE CONSERVACION
MTC PERU	987.50	BUENO	RUTINARIA

Fuente: Elaboración propia

6.2 Comparación entre las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación de los pavimentos asfálticos.

La hipótesis de la investigación es Al evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de un pavimento asfáltico, la metodología PCI es más precisa en el rango del 80% a 85%. Con el fin de demostrar la hipótesis propuesta se inicia mostrando el cuadro comparativo obtenido de la evaluación del pavimento asfáltico de la vía muestral.

Tabla N°40: Cuadro comparativo de metodologías PCI y MTC PERU

METODOLOGIA	CLASIFICACION PROMEDIO	ESTADO DE CONDICION
PCI	63.00	JUSTO
MTC PERU	987.50	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos en la tabla N°40 se procederá a responder la hipótesis propuesta teniendo en cuenta los fundamentos de evaluación de ambas metodologías. En tal sentido se determinara la precisión obtenida de la metodología PCI respecto a la metodología MTC PERU basada en la comparación de resultados obtenidos en la investigación como se detalla a continuación:

Mediante una regla de tres simple se determinara el % de fallas encontradas bajo la metodología PCI:

$$\% F_{PCI} = (10 \cdot 100 / 19) = 52.6 \%$$

Ahora el mismo procedimiento se hará para determinar el % de fallas encontrada encontradas bajo la metodología MTC PERU:

$$\% F_{MTC PERU} = (7 \cdot 100 / 11) = 63.3\%$$

Finalmente se calculara el porcentaje de precisión de la metodología PCI respecto a la del MTC PERU:

$$\% \text{ Precisión PCI} = (52.6 * 100 / 63.3) = 83\% \text{ [Está en el rango del 80\% a 85\%]}$$

En este sentido se da respuesta a la precisión propuesta en la hipótesis general de la presente investigación. Además se puede observar que al momento de comparar las evaluaciones mediante las metodologías PCI y del MTC existen diferencias marcadas de clasificar la condición del pavimento, ya que estas dos metodologías no tienen los mismos procedimientos y parámetros de clasificación. El método PCI ofrece un rango más completo de calificación ya que posee 7 rangos para calificar desde 0 que es una superficie FALLADA hasta 100 que es una superficie BUENA, en comparación con el Manual del MTC que solo tiene 3 rangos para calificar, que van de 0-300 para superficie MALO, 300-800 para superficies REGULAR y 800-1000 para superficies BUENA.



Figura N°70: Escalas de condición PCI y MTC PERU

Fuente: Elaboración propia

6.3 Análisis de resultados de la evaluación superficial bajo las metodologías PCI y MTC PERU.

- ✓ Cuadro de fallas encontradas en la vía muestral bajo la evaluación de las metodologías MTC PERU y PCI

Al realizar la recopilación de fallas en la vía muestral se encontraron 10 tipos de fallas bajo la metodología PCI y 07 tipos de fallas bajo la metodología MTC PERU que se detallan a continuación:

Tabla N°41: Cuadro comparativo de tipo de fallas PCI y MTC PERU

<u>Fallas Metodologia PCI</u>	<u>Fallas Metodologia MTC PERU</u>
Grietas transversales y longitudinales	Piel de cocodrilo
Agrietamiento en bloque	Fisuras longitudinales
Piel de cocodrilo	Fisuras transversales
Parcheo y acometidas de servicio	Reparaciones o parchados
Peladura y desprendimiento de agregados	Peladura y desprendimientos
Grieta de borde	Baches (Huecos)
huecos o baches.	Desnivel calzada berma
Pulimiento de agregados	
Depresiones	
Abultamientos	

Fuente: Elaboración propia

Además se evaluó los niveles de severidad que se relacionan directamente con la tipología de fallas encontradas que están dentro del margen de Bajo (L), Medio (M) y Alto (H) que se detallan en el Anexo J, y con el fin de entender a mayor detalle se pasan a describir una a una basándose a las metodologías en estudio.

Segun el American Society for Testing and Materials. ASTM D6433-07. Respecto a la calidad de tránsito los niveles de severidad se detallan a continuación:

Bajo (L): Se sienten vibraciones en el vehículo debido a: ondulaciones, abultamientos, hundimientos solo causan ligera incomodidad. Pero no es necesario reducir la velocidad ni por seguridad o de comodidad.

Medio (M): En este caso las vibraciones del vehículo son significativas y en este caso si necesario reducir la velocidad por temas de seguridad y comodidad ya que los hundimientos y abultamientos hacen que el vehículo rebote considerablemente, creando incomodidad.

Alto (H): Las vibraciones del vehículo son tan excesivas y es necesario reducir la velocidad significativamente por seguridad y comodidad. Los abultamientos y hundimientos ahora si hacen que el vehículo rebote excesivamente peligroso, creando gran incomodidad tanto así que peligran la seguridad y existe un alto potencial de daño en el vehículo y sus ocupantes.

Respecto a los tipos de severidades de las fallas encontradas en la vía muestral bajo la metodología MTC PERU, que se clasifican basándose al manual de mantenimiento y conservación vial del ministerio de transportes y comunicaciones, que son los que se detallan a continuación:

En la vía se encontró fallas de Gravedad del tipo (1), tipo (2) y tipo (3) como se detallan en el cuadro de puntaje de los tramos A y B. que se adjuntan en los Anexo D y Anexo E donde se adjuntan las descripciones según el tipo de fallas consideradas por la metodología MTC PERU que se aprecian en el Anexo K.

Dentro de los *objetivos específicos* propuestos en la investigación es la de determinar la relación del índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU y PCI

Tabla N°42: Cuadro comparativo de metodologías PCI y MTC PERU

METODOLOGIA	CLASIFICACION PROMEDIO	ESTADO DE CONDICION
PCI	63.00	JUSTO
MTC PERU	987.50	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de determinar la relación entre los índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU y PCI nos basaremos a los resultados que se aprecia en la Tabla N°42.

- PCI resultado final = 63.00, que es clasificado como **JUSTO** donde se encontraron 10 tipos de fallas de las 19 totales de la metodología PCI.
- MTC PERU resultado final = 987.50, que es clasificado como **BUENO** donde se encontraron 07 tipos de fallas de las 11 totales de la metodología MTC PERU.

Mediante un cálculo de regla de tres simple se determinara la relación que hay entre ambas metodologías MTC PERU y PCI.

Relación entre los índices de condición superficial = $(63 \cdot 100 / 98.75) = 63.7$ y 36.3%, esto demuestra que la metodología PCI es el 63.7 % de la metodología MTC

Respecto a las *hipotesis específicas* propuestas de la investigación una de ellas es que: al aplicar la metodología MTC PERU es más simple y tiene ventajas de tiempo y formato que aplicar la metodología PCI.

Respondiendo en este sentido a la hipótesis específica propuesta se puede decir que luego de evaluar bajo ambas metodologías se podría decir que la metodología MTC PERU al tener solo 3 rangos para calificar que van:

- [0-300] Para condición MALO,
- [300-800] Para condición REGULAR
- [800-1000] Para condición BUENA

y sumado que solo se considera 11 tipos de fallas y los tramos de evaluación son de 200 ml de longitud y su formato es más sencillo de completar al momento de hacer el levantamiento de fallas. Debido a todo lo antes mencionado esta metodología se hace más simple y tiene mayores ventajas de tiempo de evaluación pero esto no la hace ser más eficiente con respecto a la metodología PCI. Aunque se debe tener en cuenta que las metodologías MTC PERU y PCI se fundamentan en las inspecciones visuales.

6.4 Propuesta de mejora según los resultados de la evaluación de la metodología MTC PERU y PCI.

Basándose en los resultados obtenidos en el cuadro resumen entre las metodologías y ajustándonos a las medidas correctivas bajo ambas metodologías. Según sus respectivos manuales se tomarían las siguientes acciones.

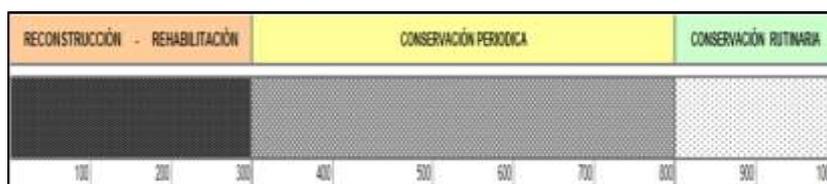
Tabla N°43: Acciones de Intervención según su PCI

PCI	Acciones de Intervención
71 - 100	Mantenimiento
31 – 70	Rehabilitación
0 - 30	Reconstrucción

Fuente: Elaboración propia

Al obtener como resultado un PCI = 63, se recomienda la acción de intervención basado a su PCI de la **REHABILITACION** y un posterior mantenimiento. En cambio por la metodología MTC PERU al haber obtenido un valor de condición del pavimento de 987.50 nos adecuamos a la escala que indica metodología la acción correctiva será una **CONSERVACION RUTINARIA**.

Tabla N°44: Tipos de Conservación según calificación de condición MTC PERU



Fuente: Manual de Carreteras MTC - Mantenimiento o Conservación vial (2014)

Finalmente se puede concluir luego de evaluar los resultados de la av. nazarenas que se propone una **REHABILITACIÓN** mediante el sello de fisuras y bacheo o parches o un tratamiento superficial de la carpeta asfaltico con un posterior mantenimiento, ya que si no se toma acciones puede llegar a ser necesario un fresado.

6.5 Contrastación de hipótesis y discusión de resultados.

Luego de hacer las evaluaciones bajo las metodologías MTC PERU y PCI a la vía muestral denominada av. Las nazarenas y tener como sustento las experiencias relacionadas al tema de investigación, se procede a la presentación de la comprobación de las hipótesis planteadas.

Hipotesis general

➤ Hipótesis Alterna (H_a) :

Al evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de un pavimento asfáltico, la metodología PCI es más precisa en el rango del 80% a 85%.

➤ Hipótesis Nula (H_0):

Al evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de un pavimento asfáltico, la metodología PCI no es más precisa en el rango del 80% a 85%.

Hipótesis específicas

➤ Hipótesis Alterna (H_{a1}):

Un 60% a 65% de tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERU coincide con la metodología PCI.

➤ Hipótesis Nula (H_{01}):

Un 60% a 65% de tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERU no coincide con la metodología PCI.

Respuesta H_{i1} :

Debido a los resultados obtenidos bajo las metodologías MTC PERU y PCI en la vía muestral av. las nazarenas se encontraron 10 tipos de fallas bajo la metodología PCI y 07 tipos de fallas bajo la metodología MTC PERU que se detallan a continuación:

Tabla N°45: Cuadro comparativo de tipo de fallas PCI y MTC PERU

<u>Fallas Metodología PCI</u>	<u>Fallas Metodología MTC PERU</u>
Grietas transversales y longitudinales	Piel de cocodrilo
Agrietamiento en bloque	Fisuras longitudinales
Piel de cocodrilo	Fisuras transversales
Parcheo y acometidas de servicio	Reparaciones o parchados
Peladura y desprendimiento de agregados	Peladura y desprendimientos
Grieta de borde	Baches (Huecos)
huecos o baches.	Desnivel calzada berma
Pulimiento de agregados	
Depresiones	
Abultamientos	

Fuente: Elaboración propia

Además se evaluó los niveles de severidad según la tipología de fallas bajo la metodología PCI encontradas que están dentro del margen de Bajo (L), Medio (M) y Alto (H), y respecto a la metodología MTC PERU se encontraron fallas de Gravedad del tipo (1), tipo (2) y tipo (3). Con el fin de demostrar la validez de la hipótesis se realizara un cálculo estableciendo el % de fallas que coinciden entre ambas metodologías teniendo como base la metodología MTC PERU.

$$\% \text{ Coincidencia de fallas metodología MTC PERU} = (100 * 7 / 11) = 63.6\%$$

Esto demuestra que un 63.6% de las fallas y severidades de la metodología MTC PERU coinciden con las fallas de la metodología PCI.

Discusión:

Finalizada la evaluación de la hipótesis alterna (H_{a1}) de la presente investigación se puede concluir que los resultados obtenidos cumplen con lo propuesto inicialmente.

Conclusión:

Por lo tanto, se válida la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

➤ Hipótesis Alterna (Ha2):

El índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU representa el 60% a 65% de la metodología PCI.

➤ Hipótesis Nula (H02):

El índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU no representa el 60% a 65% de la metodología PCI.

Respuesta H₁₂:

Luego de la evaluación bajo las metodologías MTC PERU y PCI y basándose en los resultados obtenidos como se aprecia en la Tabla N°46.

Tabla N°46: Cuadro comparativo de metodologías PCI y MTC PERU

METODOLOGIA	CLASIFICACION PROMEDIO	ESTADO DE CONDICION
PCI	63.00	JUSTO
MTC PERU	987.50	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Se determinara el % de representación del índice de condición superficial de la metodología MTC PERU respecto a la metodología PCI

El resultado del PCI = 63.00, que es clasificado como **JUSTO** esto bajo la metodología PCI donde se encontraron 10 tipos de fallas de las 19 totales.

El resultado MTC PERU = 987.50, que es clasificado como **BUENO** esto bajo la metodología MTC PERU donde se encontraron 07 tipos de fallas de las 11 totales.

Con el fin de demostrar la validez de la hipótesis se realizara un cálculo estableciendo el % de representación del índice de condición superficial de la metodología MTC PERU respecto a la metodología PCI que viene dada por la siguiente expresión:

% de representación del índice de condición = $(7/11)*98.75= 62.84\%$, esto demuestra que el índice de condición superficial aplicando la metodología MTC PERU representa el 62.84 % de la metodología PCI.

Discusión:

Finalizada la evaluación de la hipótesis alterna (H_{a2}) de la presente investigación se puede concluir que los resultados obtenidos cumplen con lo propuesto inicialmente.

Conclusión:

Por lo tanto, se valida la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

➤ Hipótesis Alterna (H_{a3}):

Aplicar la metodología MTC PERU es más simple y tiene ventajas de tiempo y formato que aplicar la metodología PCI.

➤ Hipótesis Nula (H_{03}):

Aplicar la metodología MTC PERU no es más simple y tiene ventajas de tiempo y formato que aplicar la metodología PCI.

Respuesta H_{i3} :

Se puede decir que luego de evaluar bajo ambas metodologías se podría decir que la metodología MTC PERU al tener 3 rangos de calificación que van [0-1000] en condición MALO, REGULAR y BUENA, solo se consideran 11 tipos de fallas y los tramos de evaluación son de 200ml y su formato es más sencillo para el mapeo de fallas.

Discusión:

Debido a todo lo antes mencionado esta metodología se hace más simple y tiene mayores ventajas de tiempo de evaluación, pero esto no la hace ser más eficiente con respecto a la metodología PCI, pero se puede concluir que ambas metodologías independientemente de sus ventajas y desventajas son importantes en la evaluación.

Conclusión:

Por lo tanto, se valida la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula

CONCLUSIONES

1. Luego de evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos en la presente de investigación se puede concluir que habiéndose aplicado estas metodologías a la vía muestral av. las nazarenas y obteniendo como resultado un PCI = 63 que lo clasifica en la escala como **JUSTO** (según el manual de pavement condition index) y que considera como acción correctiva la **REHABILITACION**, y en el caso de la evaluación bajo la metodología del MTC PERU dio como resultado un estado de condición = 987.50 que lo clasifica en la escala como **BUENO** (según el manual de mantenimiento y conservación vial del MTC) que considera como acción la **CONSERVACION RUTINARIA**. Aunque se debe tener en cuenta que las metodologías MTC PERU y PCI se fundamentan esencialmente en las inspecciones visuales.
2. En la investigación se llegó a determinar la coincidencia entre las fallas de las metodologías del MTC PERU y PCI que fue = 63.3% lo que significa que un 63.3% de las fallas y severidades de la metodología MTC PERU coinciden con las fallas de la metodología PCI cumpliéndose con la hipótesis específica propuesta que un 60% a 65% de tipos y nivel de severidad de las fallas de la metodologías MTC PERU coincide con la metodología PCI.
3. Se determinó la relación del índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU y PCI que dio como resultado = 63.7% y 36.3% a su vez se determinó el índice de condición superficial del pavimento respecto a la metodología MTC PERU que dio como resultado = 62.84 % que valida la hipótesis de que el índice de condición superficial aplicando la metodología MTC PERU representa el 60% a 65% de la metodología PCI.
4. Se puede concluir que las ventajas y desventajas de las metodologías MTC PERU y PCI. Se basan específicamente en su evaluación ya que existen diferencias marcadas de clasificar la condición del pavimento, estas dos metodologías no tienen los mismos procedimientos y parámetros de

clasificación. El método PCI es más completa debido que ofrece un rango más completo de calificación ya que posee 7 rangos para calificar desde 0 que es una condición FALLADA hasta 100 que es una condición BUENA y toma en consideración 19 tipos de fallas, en comparación con la metodología MTC PERU que solo tiene 3 rangos para calificar, que van de 0-300 para condición MALO, 300-800 para condición REGULAR y 800-1000 para condición BUENA y considera solo 11 tipos de fallas. Aunque se debe tener en cuenta que las metodologías MTC PERU y PCI se fundamentan en las inspecciones visuales. Además se debe acotar que metodología MTC PERU es más simple y tiene mayores ventajas de tiempo de evaluación ya que toma tramos de evaluación de 200ml y su formato es más sencillo para el mapeo de fallas. Pero esto no la hace ser más eficiente con respecto a la metodología PCI, pero se puede concluir que ambas metodologías independientemente de sus ventajas y desventajas son importantes en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos.

5. Un punto importante a tener en cuenta es que la metodología PCI es una de las más usadas a nivel mundial en la evaluación superficial de los pavimentos en general, esto basado a su procedimiento de evaluación y cuantificación de las fallas y si hablamos de la metodología del MTC PERU al ser nacional se está consolidando su uso en las diversas evaluaciones en el interior del país, aunque debido a su procedimiento de evaluación tiene desventajas respecto a la metodología PCI por los diversos motivos que se ha presentado en la presente investigación.
6. Finalmente se debe tener en cuenta que si bien la aplicación de las metodologías MTC PERU y PCI constituyen una gran ayuda en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos, no solo con esta evaluación se determinara la acción de intervención debido que solo es una inspección visual, posteriormente se realizara según sea el caso otras evaluaciones destructivas y no destructivas con el fin de evaluar estructuralmente el estado del pavimento y finalmente tomar la decisión más adecuada por los especialistas.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable tomar acciones respecto a la av. las nazarenas que fue la vía muestral evaluada y comparada bajo las metodologías PCI y MTC PERU, con la metodología PCI se determinó que necesita una **REHABILITACION** y mediante la metodología MTC PERU una **CONSERVACION RUTINARIA**. En tal sentido las entidades del estado a todo nivel deben ejecutar un plan de rehabilitación y mantenimiento de las vías ya que no se debe esperar el deterioro parcial o total del pavimento para recién intervenirlo ya que generaría mayores gastos, considerando que la vía se debe mantener en buen estado y debe ofrecer lo necesario como la transitabilidad, seguridad y confort, al usuario. Finalmente luego de evaluar bajo ambas metodologías se recomienda su uso teniendo en cuenta las consideraciones de ventajas y desventajas que se hizo a lo largo de la presente investigación.
2. Es recomendable que se revise la metodología del MTC PERU a nivel de aplicación y se complemente debido a que no abarca la totalidad de fallas como se evaluó en la hipótesis específica que se aprecia la coincidencia entre las fallas y los grados de severidades de ambas metodologías MTC PERU y PCI y tener en cuenta los demás parámetros de evaluación que existen en los pavimentos asfálticos como la longitud del área muestral que debería ser menor y considerar un área muestral máxima de 315m² como lo considera el PCI. aun así esta metodología es adecuada ya que sus resultados se manejan dentro de un rango determinado.
3. Es recomendable el uso de la metodología PCI en el mantenimiento de los pavimentos asfálticos por ser una metodología completa y eficiente ya que al ser su evaluación aleatoriamente abarca mayor kilometraje de carretera a diferencia de la metodología del MTC PERU que su evaluación es continua y simple. Pero se debe tener en cuenta en la evaluación ya sea bajo una u otra metodología se debe tener en cuenta el estado actual del pavimento que se obtiene bajo Índice de condición superficial que se adecua a una escala ya predeterminada por la metodología utilizada, en este caso nos dio un índice PCI = 63 que lo clasifica

en la escala como **JUSTO** y el MTC PERU dio como resultado un índice de condición = 987.50 que lo clasifica en la escala como **BUENO**, también se llegó a validar basado a los resultados obtenidos en la investigación que el índice de condición superficial aplicando la metodología MTC PERU representa el 60% a 65% de la metodología PCI.

4. Es recomendable la aplicación de ambas metodologías a pesar de sus ventajas y desventajas. La metodología PCI detalla la condición de las muestras con mayor exactitud debido a que toma en cuenta mayores parámetros de evaluación como el cálculo del área muestral y número de intervalos aleatorios de muestras a evaluar en promedio el PCI evalúa tramos de 50 ml dependiendo el ancho de la vía diferencia que la metodología del MTC PERU evalúa tramos de 200 ml. Otro tema para tener en cuenta es que la metodología PCI considera 19 tipos de fallas a comparación de la metodología del MTC PERU que solo considera 11 tipos de fallas ya que no toma en cuenta los siguientes tipos de fallas como: **agrietamiento en bloque, abultamiento y hundimiento, corrugación, grieta de reflexión de junta, pulimiento de agregados, cruce de vía férrea, grieta parabólica e hinchamiento**. Otro tema no menos importante es la normatividad del país donde se realiza la evaluación superficial ya que se necesita un marco legal para la aplicación de ambas metodologías. Por todo lo antes escrito en la investigación se recomienda el uso de la metodología PCI debido a que presenta mayores ventajas por ser más completa ya que considera mayores parámetros de evaluación que la metodología MTC PERU que no se debe descartar su uso de ya que bajo algunos ajustes a nivel de metodología también es válida para la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aldazabal, K. (2012). *Estudio comparativo de metodologías del Relevamiento superficial de fallas de pavimentos asfálticos aplicación caso Chimbote*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil) Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú.
- Armijos Salinas, Christian (2009). *Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja. Tesis para optar por el título de ingeniería civil. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.*
<https://1library.co/document/4yrw7jzo-evaluacion-superficial-calles-ciudad-loja.html>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación (Vol. 6ta Edición)*. Caracas, Venezuela: Episteme.
- American Society for Testing and Materials. (2007). *Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-07)*. Estados Unidos.
- ASTM D 6433-07, (2007). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. Estados Unidos.
- Al-Neami, M, Al-Rubae, R., & Kareem, Z. (2018). *Assessment of al-amarah street within the al-kut city using pavement condition index (PCI) and GIS technique*. Les Ulis: EDP Sciences.
doi:<http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/201816201033>
- Coy, O. M. (2017). *Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a A 53c comparando los métodos Vizir y Pci*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/16508>.
- Choque Palacios, J. A. (2019). *Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, Tramo Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil) Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú.

- CNN español (2018). *¿Qué países de América Latina tienen las mejores vías?*
<https://cnnespanol.cnn.com/2018/09/28/que-paises-de-america-latina-tienen-las-mejores-vias/>
- Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (2009). *Manual de evaluación de pavimentos*. Venezuela: Mayer 97 ingenieros asociados, C.A.
<https://1library.co/document/wq27onry-manual-de-evaluacion-de-pavimentos.html>
- Crisanto M & Peralta D, (2019), *Evaluación de la condición del pavimento asfáltico en la avenida los frutales distrito de La Molina – Lima, por medio del método PCI y propuesta de alternativa de rehabilitación*.
Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2671>
- Caballero, Pilar y Guerrero-Valverde, Denisse (2019). *Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI)*. Ciencia en su PC, 1 (1), 58-72. [Fecha de Consulta 15 de Diciembre de 2020]. ISSN: 1027-2887. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1813/181358738015>
- Díaz, J. M. (2014). *Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/12102>.
- INGEPAV. (2002). *Manual de cálculo de índice de condición de pavimento (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Preparado por ing. esp. Luís Ricardo Vásquez Varela
Recuperado de: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación (6ta ed.)*. México, D.F.: Ed. Mc Graw Hill.

- Instituto Nacional de Vías. (Octubre de 2006). *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras*. Bogotá, Colombia: Ministerio de transportes Instituto Nacional de Vías.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - *Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su Sección Suelos y Pavimentos* (2013).
- Menéndez, José Rafael (2003). “*Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual técnico*”. Lima, Perú.
- Medina Palacios, A & De la Cruz Puma, M (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de lince aplicando el método del PCI*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú.
- Mori Grandez, D. J. (2018). *Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil) Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones-*Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial* (2014)
- Matos Bendezu, D. R., & Nuñez Tolentino, F. B. (2018). *Evaluación del sistema de gestión de pavimentos de la carretera Central (tramo: La Oroya – Concepción “PE003-S”)*.
- Ministerio de Transporte Universidad Nacional de Colombia. INVIAS (2006). (<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/974-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-flexibles/file>)
- Montoya, J. (2013). *Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú. Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial*. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Lima, Perú.

- Shahnazari, H., Tutunchian, M. A., Mashayekhi, M., & Amini, A. A. (2012). *Application of soft computing for prediction of pavement condition index: Proceedings of the american society of civil engineers. Journal of Transportation Engineering, 138(12), 1495. Retrieved from* <http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/docview/1237999999?accountid=45097>
- Rodríguez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla. Piura, Perú: Universidad de Piura. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil.*
- Rijal, P. H., & Medis, S. S. (2019). *Study of Pavement Condition Index (PCI) relationship with International Roughness Index (IRI) on Flexible Pavement. EDP Sciences.* <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/201925803019>
- Ruiz, D. A. (2019). *Aplicación de metodología de evaluación PCI a pavimento flexible en la localidad de Engativá. Recuperado de:* <http://hdl.handle.net/10654/32855>.
- Tarefder, R. A., & Md, M. R. (2015). *PCI based maintenance with nonlinear deterioration rate. I-Manager's Journal on Civil Engineering, 5(2), 1-8. Retrieved from.* <http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/docview/1702050631?accountid=45097>
- Thenoux, G. y Gaete, R. (2012). *Evaluación Técnica del Pavimento y Comparación de Métodos de Diseño de Capas de Refuerzo Asfáltico. Recuperado de* <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/364/pdf>
- Uricoechea & Barragán (2020). *Evaluación de deterioros de la capa superficial del pavimento flexible de un (1) km de vía comprendida desde la calle 16 con carrera 12 con calle 15 y calle 14 hasta calle 11 con calle 12 del municipio de Girardot Cundinamarca. Recuperado:* <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/9337/MONOGRAFIA%20SEMINARIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Wirtgen (2012). *Cold Recycling Technology*. (1era edición). Alemania: Wirtgen GmbH.

Zevallos Gamarra, R. E. (2018). *Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017*. Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en dirección de empresas de la construcción. Universidad Cesar Vallejo. Escuela de postgrado. Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo A: Hoja de recolección de datos metodología PCI.

Anexo B: Calificación del tipo de deterioro por secciones de 200 metros en pavimentos flexibles MTC PERU (Parte 1)

Anexo C: Calificación del tipo de deterioro por secciones de 200 metros en pavimentos flexibles MTC PERU (Parte 2)

Anexo D: Evaluación de la condición del pavimento vía muestral según MTC PERU:
Tramo A

Anexo E: Evaluación de la condición del pavimento vía muestral según MTC PERU:
Tramo B

Anexo F: Operacionalización de variables.

Anexo G: Matriz de consistencia.

Anexo H: Fallas en pavimentos flexibles según metodología MTC PERU (Parte 1)

Anexo I: Fallas en pavimentos flexibles según metodología MTC PERU (Parte 2)

Anexo J: Descripción de fallas y curvas de valores deducidos para pavimentos asfálticos según el tipo de falla de la metodología PCI

Anexo K: Descripción de fallas por grados de severidad según Manual MTC PERU

Anexo B: Calificación del tipo de deterioro por secciones de 200 metros en pavimentos flexibles MTC PERU (Parte 1)

Calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 200m de carreteras con pavimento flexible														
Clasificación de los Deterioros / Fallas	Código de daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas Área de deterioro Aij (m ²) Número de deterioros (Ni) Longitud del deterioro (Lij)	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²) As	Porcentaje de Extensión del deterioro/falla { EFij }	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante Por Cada Tipo de Deterioro/Falla
										0: Sin Deterioros o sin fallas	1: Leve EFp = Menor a 10%	2: Moderado EFp = entre 10% y 30%	3: Severo EFp = mayor a 30%	
CALZADA Deterioros o Fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.6 m) sin material suelto	Área (A ₁₁): Daño 1 Gravedad 1 A ₁₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₁₁ = (A ₁₁ /As) x 100						
			2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	Área (A ₁₂): Daño 1 Gravedad 2 A ₁₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₁₂ = (A ₁₂ /As) x 100	EFp = [(EF ₁₁ x A ₁₁ + EF ₁₂ x A ₁₂ + EF ₁₃ x A ₁₃) / (A ₁₁ + A ₁₂ + A ₁₃)]	0	> 0 y < 40	≥ 40 y < 200	200	
			3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto	Área (A ₁₃): Daño 1 Gravedad 3 A ₁₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₁₃ = (A ₁₃ /As) x 100						
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas de tránsito (ancho < 1 mm)	Área (A ₂₁): Daño 2 Gravedad 1 A ₂₁ = Longitud x 0.10m/Ancho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₂₁ = (A ₂₁ /As) x 100		EFp = [(EF ₂₁ x A ₂₁ + EF ₂₂ x A ₂₂ + EF ₂₃ x A ₂₃) / (A ₂₁ + A ₂₂ + A ₂₃)]	0	> 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100
			2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y < 3 mm)	Área (A ₂₂): Daño 2 Gravedad 2 A ₂₂ = Longitud x 0.20m/Ancho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₂₂ = (A ₂₂ /As) x 100						
			3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	Área (A ₂₃): Daño 2 Gravedad 3 A ₂₃ = Longitud x 0.30m/Ancho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₂₃ = (A ₂₃ /As) x 100						
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm	Área (A ₃₁): Daño 3 Gravedad 1 A ₃₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₃₁ = (A ₃₁ /As) x 100	EFp = [(EF ₃₁ x A ₃₁ + EF ₃₂ x A ₃₂ + EF ₃₃ x A ₃₃) / (A ₃₁ + A ₃₂ + A ₃₃)]	0	> 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100	
			2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm	Área (A ₃₂): Daño 3 Gravedad 2 A ₃₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₃₂ = (A ₃₂ /As) x 100						
			3: Profundidad > 4 cm	Área (A ₃₃): Daño 3 Gravedad 3 A ₃₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₃₃ = (A ₃₃ /As) x 100						
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero < 6 mm	Área (A ₄₁): Daño 4 Gravedad 1 A ₄₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₄₁ = (A ₄₁ /As) x 100	EFp = [(EF ₄₁ x A ₄₁ + EF ₄₂ x A ₄₂ + EF ₄₃ x A ₄₃) / (A ₄₁ + A ₄₂ + A ₄₃)]	0	> 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100	
			2: Profundidad > 6 mm y < 12 mm	Área (A ₄₂): Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₄₂ = (A ₄₂ /As) x 100						
			3: Profundidad > 12 mm	Área (A ₄₃): Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₄₃ = (A ₄₃ /As) x 100						
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales.	Área (A ₅₁): Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₅₁ = (A ₅₁ /As) x 100	EFp = [(EF ₅₁ x A ₅₁ + EF ₅₂ x A ₅₂ + EF ₅₃ x A ₅₃) / (A ₅₁ + A ₅₂ + A ₅₃)]	0	> 0 y < 10	≥ 10 y < 50	50	
			2: Reparación de piel de cocodrilo de fisuras longitudinales, en buen estado.	Área (A ₅₂): Daño 5 Gravedad 2 A ₅₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₅₂ = (A ₅₂ /As) x 100						
			3: Reparación de piel de cocodrilo de fisuras longitudinales, en mal estado.	Área (A ₅₃): Daño 5 Gravedad 3 A ₅₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₅₃ = (A ₅₃ /As) x 100						

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial (2014)

Anexo C: Calificación del tipo de deterioro por secciones de 200 metros en pavimentos flexibles MTC PERU (Parte 2)

Calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 200m de carreteras con pavimento flexible															
Clasificación de los Deterioros / Fallas	Código de daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas Área de deterioro Aij (m ²) Número de deterioros (Ni) Longitud del deterioro (Lij)	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²) As	Porcentaje de Extensión del deterioro/falla (EFij)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante Por Cada Tipo de Deterioro/Falla	
										0: Sin Deterioros o sin fallas	1: Leve EFp = Menor a 10%	2: Moderado EFp = entre 10% y 30%	3: Severo EFp = mayor a 30%		
CALZADA Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto	Área (A ₁₁): Daño 1 Gravedad 1 A ₁₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₁₁ = (A ₁₁ / A _s) x 100							
			2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	Área (A ₁₂): Daño 1 Gravedad 2 A ₁₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₁₂ = (A ₁₂ / A _s) x 100	EFp = [(EF ₁₁ x A ₁₁ + EF ₁₂ x A ₁₂ + EF ₁₃ x A ₁₃) / (A ₁₁ + A ₁₂ + A ₁₃)]	0	> 0 y < 40	≥ 40 y < 200	200		
			3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto	Área (A ₁₃): Daño 1 Gravedad 3 A ₁₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₁₃ = (A ₁₃ / A _s) x 100							
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en los huecos de tránsito (ancho ≤ 1 mm)	Área (A ₂₁): Daño 2 Gravedad 1 A ₂₁ = Longitud x 0.10m (Ancho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₂₁ = (A ₂₁ / A _s) x 100							
			2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y < 3 mm)	Área (A ₂₂): Daño 2 Gravedad 2 A ₂₂ = Longitud x 0.20m (Ancho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₂₂ = (A ₂₂ / A _s) x 100	EFp = [(EF ₂₁ x A ₂₁ + EF ₂₂ x A ₂₂ + EF ₂₃ x A ₂₃) / (A ₂₁ + A ₂₂ + A ₂₃)]	0	> 0 y < 20	> 20 y < 100	100		
			3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	Área (A ₂₃): Daño 2 Gravedad 3 A ₂₃ = Longitud x 0.30m (Ancho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₂₃ = (A ₂₃ / A _s) x 100							
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm	Área (A ₃₁): Daño 3 Gravedad 1 A ₃₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₃₁ = (A ₃₁ / A _s) x 100							
			2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm	Área (A ₃₂): Daño 3 Gravedad 2 A ₃₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₃₂ = (A ₃₂ / A _s) x 100	EFp = [(EF ₃₁ x A ₃₁ + EF ₃₂ x A ₃₂ + EF ₃₃ x A ₃₃) / (A ₃₁ + A ₃₂ + A ₃₃)]	0	= 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100		
			3: Profundidad > 4 cm	Área (A ₃₃): Daño 3 Gravedad 3 A ₃₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₃₃ = (A ₃₃ / A _s) x 100							
	4	Aneamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero < 6 mm	Área (A ₄₁): Daño 4 Gravedad 1 A ₄₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₄₁ = (A ₄₁ / A _s) x 100							
			2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm	Área (A ₄₂): Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₄₂ = (A ₄₂ / A _s) x 100	EFp = [(EF ₄₁ x A ₄₁ + EF ₄₂ x A ₄₂ + EF ₄₃ x A ₄₃) / (A ₄₁ + A ₄₂ + A ₄₃)]	0	= 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100		
			3: Profundidad > 12 mm	Área (A ₄₃): Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₄₃ = (A ₄₃ / A _s) x 100							
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales.	Área (A ₅₁): Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₅₁ = (A ₅₁ / A _s) x 100							
			2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.	Área (A ₅₂): Daño 5 Gravedad 2 A ₅₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₅₂ = (A ₅₂ / A _s) x 100	EFp = [(EF ₅₁ x A ₅₁ + EF ₅₂ x A ₅₂ + EF ₅₃ x A ₅₃) / (A ₅₁ + A ₅₂ + A ₅₃)]	0	> 0 y < 10	≥ 10 y < 50	50		
			3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.	Área (A ₅₃): Daño 5 Gravedad 3 A ₅₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₅₃ = (A ₅₃ / A _s) x 100							

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial (2014)

Anexo D: Evaluación de la condición del pavimento vía muestral según MTC PERU: Tramo A

CODIGO DE DAÑO	DETERIOROS / FALLAS	GRAVEDAD (G)	MEDIDAS	ANCHO DE LA SECCION (M)	LONGITUD DE LA SECCION (M)	AREA DE LA SECCION (M2)	(% DE EXTENSION DEL DETERIORO)	EXTENSION PROMEDIO PONDERADA	PUNTAJE DE CONDICION SEGUN EXTENSION DE CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA				PUNTAJE DE CONDICION RESULTANTE
									0. SIN DETERIORO O SIN FALLA	1. LEVE EPP= MENOR A 10%	2. MODERADO EPP= ENTRE 10% Y 30%	3. SEVERO EPP= MAYOR A 30%	
		2. MALLA MEDIANA (ENTRE 0.3 Y 0.5M) SIN O CON MATERIAL SUELTO		6.2	200	1240	0		0				0.00
		3. MALLA PEQUEÑA (<0.3M) SIN O CON MATERIAL SUELTO		6.2	200	1240	0						
2	FISURAS LONGITUDINALES	1. FISURAS FINAS EN LAS HUELLAS DEL TRANSITO (ANCHO <1MM)		6.2	200	1240	0						
		2. FISURAS MEDIAS CORRESPONDEN A FISURAS ABIERTAS Y/O RAMIFICADAS (ANCHO > 1MM Y < 3MM)		6.2	200	1240	0	1.48	0	2.96			2.96
		3. FISURAS GRUESAS CORRESPONDEN A FISURAS ABIERTAS Y/O RAMIFICADAS (ANCHO > 3MM)	18.4	6.2	200	1240	1.48						
		2. PROFUNDIDAD ENTRE 2CM Y 4CM		6.2	200	1240	0	-	0				
		3. PROFUNDIDAD > 4CM		6.2	200	1240	0						
		2. PROFUNDIDAD > 6MM Y < 12MM		6.2	200	1240	0	-	0				0.00
		3. PROFUNDIDAD > 12MM		6.2	200	1240	0						
5	REPARACIONES O PARCHADOS	1. REPARACION O PARCHADO PARA DETERIOROS SUPERFICIALES		6.2	200	1240	0						
		2. REPARACION DE PIEL DE COCODRILO O DE FISURAS LONGITUDINALES EN BUEN ESTADO		6.2	200	1240	0	0.096	0	0.048			0.048
		3. REPARACION DE PIEL DE COCODRILO O DE FISURAS LONGITUDINALES EN MAL ESTADO	1.2	6.2	200	1240	0.096						
6	PELADURA Y DESPRENDIMIENTO	1. PUNTUAL SIN APARICION DE LA BASE GRANULAR	70.47	6.2	200	1240	5.59						
		2. CONTINUO SIN APARICION DE LA BASE GRANULAR O PUNTUAL CON APARICION DE LA BASE GRANULAR	63.75	6.2	200	1240	5.06	4.84	0	4.84			4.84
		3. CONTINUO CON APARICION DE LA BASE GRANULAR	21.15	6.2	200	1240	1.68						
7	BACHES (HUECOS)	1. DIAMETRO < 0.2M	0.22					0.22					
		2. DIAMETRO ENTRE 0.2 Y 0.5 M							0	0.22			0.22
		3. DIAMETRO > 5M											
8	FISURAS TRANSVERSALES	1. FISURAS FINAS (ANCHO < 1MM)	4.6	6.2	200	1240	0	0.37					
		2. FISURAS MEDIAS CORRESPONDEN A FISURAS ABIERTAS Y/O RAMIFICADAS (ANCHO > 1MM Y < 3MM)		6.2	200	1240	0		0	0.95			0.95
		3. FISURAS GRUESAS CORRESPONDEN A FISURAS ABIERTAS Y/O RAMIFICADAS (ANCHO > 3MM)	7.2	6.2	200	1240	0.37	0.58					
9	EXUDACION	1. PUNTUAL		6.2	200	1240	0						
		2. CONTINUA		6.2	200	1240	0	-	0				
		3. CONTINUO CON SUPERFICIE VISCOSO		6.2	200	1240	0						
10	DAÑOS PUNTALES	1. DAÑOS PUNTALES BACHES O HUECOS, EROSION		6.2	200	1240	0						
		2. DAÑOS EN MENOS DEL 30% DE LA LONGITUD		6.2	200	1240	0	-	0				0.00
		3. DAÑOS EN MAS DEL 30% DE LA LONGITUD		6.2	200	1240	0						
11	DENIVEL CALZADA BERMA	1. DESNIVEL LEVE < 15MM	2.0		200		2.0		2.0				2.0
		2. DENIVEL MODERADO ENTRE 15 Y 50 MM			200		0		-	0			
		3. DENIVEL SEVERO > 50MM			200		0						
SUMA DE PUNTAJES											11.018		

Fuente: Elaboración propia

Anexo E: Evaluación de la condición del pavimento vía muestral según MTC PERU: Tramo B

CODIGO DE DAÑO	DETERIOROS / FALLAS	GRAVEDAD (G)	MEDIDAS	ANCHO DE LA SECCION (M)	LONGITUD DE LA SECCION (M)	AREA DE LA SECCION (M2)	(% DE EXTENSION DEL DETERIORO)	EXTENSION PROMEDIO PONDERADA	PUNTAJE DE CONDICION SEGUN EXTENSION DE CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA				PUNTAJE DE CONDICION RESULTANTE
									0. SIN DETERIORO O SIN FALLA	1. LEVE EPP= MENOR A 10%	2. MODERADO EPP= ENTRE 10% Y 30%	3. SEVERO EPP= MAYOR A 30%	
1	PIEL DE COCODRILO	1. MALLA GRANDE (>0.5M) SIN MATERIAL SUELTO	2.0	6.2	200	1240	0.16	0.16					
		2. MALLA MEDIANA (ENTRE 0.3 Y 0.5M) SIN O CON MATERIAL SUELTO		6.2	200	1240	0		0				0.16
		3. MALLA PEQUEÑA (<0.3M) SIN O CON MATERIAL SUELTO		6.2	200	1240	0						
2	FISURAS LONGITUDINALES	1. FISURAS FINAS EN LAS HUELLAS DEL TRANSITO (ANCHO <1MM)	12.0	6.2	200	1240	0						
		2. FISURAS MEDIAS CORRESPONDEN A FISURAS ABIERTAS Y/O RAMIFICADAS (ANCHO > 1MM Y < 3MM)		6.2	200	1240	0	1.41	0	2.82			2.82
		3. FISURAS GRUESAS CORRESPONDEN A FISURAS ABIERTAS Y/O RAMIFICADAS (ANCHO > 3MM)	5.7	6.2	200	1240	0.45						
3	DEFORMACIONES POR DEFICIENCIA ESTRUCTURAL	1. PROFUNDIDAD SENSIBLE AL USUARIO <2 CM		6.2	200	1240	0						
		2. PROFUNDIDAD ENTRE 2CM Y 4CM		6.2	200	1240	0	-	0				
		3. PROFUNDIDAD > 4CM		6.2	200	1240	0						
		2. PROFUNDIDAD > 6MM Y < 12MM		6.2	200	1240	0	-	0				0.00
		3. PROFUNDIDAD > 12MM		6.2	200	1240	0						
5	REPARACIONES O PARCHADOS	1. REPARACION O PARCHADO PARA DETERIOROS SUPERFICIALES	18.8	6.2	200	1240	0	1.51		3.03			
		2. REPARACION DE PIEL DE COCODRILO O DE FISURAS LONGITUDINALES EN BUEN ESTADO		6.2	200	1240	0		0				3.03
		3. REPARACION DE PIEL DE COCODRILO O DE FISURAS LONGITUDINALES EN MAL ESTADO		6.2	200	1240							
6	PELADURA Y DESPRENDIMIENTO	1. PUNTUAL SIN APARICION DE LA BASE GRANULAR	5.9	6.2	200	1240	0.47						
		2. CONTINUO SIN APARICION DE LA BASE GRANULAR O PUNTUAL CON APARICION DE LA BASE GRANULAR		6.2	200	1240	5.06	0.873	0	0.873			0.873
		3. CONTINUO CON APARICION DE LA BASE GRANULAR	5.0	6.2	200	1240	0.40						
7	BACHES (HUECOS)	1. DIAMETRO < 0.2M	0.98					0.98					
		2. DIAMETRO ENTRE 0.2 Y 0.5 M							0	0.98			0.98
		3. DIAMETRO > 5M											
8	FISURAS TRANSVERSALES	1. FISURAS FINAS (ANCHO < 1MM)	50.9	6.2	200	1240	4.10	4.10					
		2. FISURAS MEDIAS CORRESPONDEN A FISURAS ABIERTAS Y/O RAMIFICADAS (ANCHO > 1MM Y < 3MM)		6.2	200	1240	0		0	0.95			4.10
		3. FISURAS GRUESAS CORRESPONDEN A FISURAS ABIERTAS Y/O RAMIFICADAS (ANCHO > 3MM)		6.2	200	1240							
9	EXUDACION	1. PUNTUAL		6.2	200	1240	0						
		2. CONTINUA		6.2	200	1240	0	-	0				
		3. CONTINUO CON SUPERFICIE VISCOSO		6.2	200	1240	0						
		2. DAÑOS EN MENOS DEL 30% DE LA LONGITUD		6.2	200	1240	0	-	0				0.00
11	DENIVEL CALZADA BERMA	1. DENIVEL LEVE < 15MM	2.0		200		2.0		0	2.0			2.0
		2. DENIVEL MODERADO ENTRE 15 Y 50 MM			200		0	-	0				
		3. DENIVEL SEVERO > 50MM			200		0						
SUMA DE PUNTAJES											13.963		

Fuente: Elaboración propia

Anexo F: Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICION DE LA VARIABLE	INDICADORES	ITEMS ANALISIS DOCUMENTAL
<p>EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS</p>	<p>Consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento asfáltico, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar su vida útil, en este sentido es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva considerando todos aquellos factores que afectan negativamente al usuario como: el costo, seguridad y confort.</p>	<p>Parámetros de evaluación superficial de los pavimentos asfálticos.</p> <p>Determinar la condición del pavimento asfáltico mediante la metodología del MTC PERU</p> <p>Determinar la condición del pavimento asfáltico mediante la metodología del PCI.</p>	<p>Choque Palacios, J. A. (2019). Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, Tramo Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017.</p> <p>Mori Grandez, D. J. (2018). Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla.</p>
<p>METODOLOGÍAS DEL MTC PERU Y PCI</p>	<p>METODOLOGÍA PCI</p> <p>Es una metodología muy completa para la evaluación y calificación de los pavimentos y es de fácil implementación ya que no requiere de herramientas especializadas para su uso y consiste en determinar la condición del pavimento mediante inspecciones visuales para identificar el tipo de falla, severidad y cantidad de fallas encontradas, y su clasificación viene dada por la escala en el que se encuentra su PCI que es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento de 0 a 100, siendo 0 la peor condición y 100 la mejor condición posible.</p> <p>METODOLOGÍA MTC PERÚ</p> <p>Esta metodología evalúa la condición del pavimento mediante evaluaciones visuales de las fallas en el pavimento empleando hojas de recolección de datos que nos permite registrar diversos parámetros, como: fecha, ubicación, sección muestral, severidad, y tipos de falla. Mediante un inventario detallado de la vía para establecer su clasificación y determinar su condición actual.</p>	<p>Parámetros de evaluación superficial de los pavimentos asfálticos.</p> <p>Determinar la condición del pavimento asfáltico mediante la metodología del MTC PERU</p> <p>Determinar la condición del pavimento asfáltico mediante la metodología del PCI.</p> <p>Determinación de las Unidades muestrales según la metodología usada.</p> <p>Calculo del PCI de las unidades muestrales y la sección muestral.</p> <p>Calculo del puntaje de condición de cada tipo de falla y la sumatoria total de estas.</p> <p>Escalas de calificación de condición del pavimento según metodologías MTC y PCI</p>	<p>Tesis relacionadas al tema de estudio, tesis nacionales e internacionales, artículos de investigación, libros, bibliotecas virtuales y repositorios.</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo G: Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cómo evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>Al evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de un pavimento asfáltico, la metodología PCI es más precisa en el rango del 80% a 85%.</p>	<p>VARIABLE 1</p> <p>EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS</p>	<p>Parámetros de evaluación superficial de los pavimentos asfálticos.</p> <p>Recopilación de información in situ de fallas encontradas en los pavimentos asfálticos.</p> <p>Determinar la condición del pavimento asfáltico mediante la metodología del MTC PERU</p>	<p>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Cuantitativo: dado que los resultados serán numéricos.</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Básico</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptivo explicativo: porque tiene por finalidad detallar los hechos tal como son observados.</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN No experimental</p> <p>METODO DE INVESTIGACIÓN Hipotético deductivo</p> <p>POBLACION DE ESTUDIO Respecto a la población se tomó a bien tener como sustento de la investigación: 30 tesis nacionales, 15 tesis internacionales, 5 manuales, 10 artículos.</p> <p>MUESTREO Probabilístico/ Intencionado</p> <p>INSTRUMENTO Cuestionario estructurado en base a cada metodología utilizada que es un formato de registro de evaluación.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>¿En qué medida los tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERU y PCI se relacionan?</p> <p>¿En qué medida los índices de condición superficial del pavimento de las metodologías MTC PERU y PCI se relacionan?</p> <p>¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las metodologías MTC PERU y PCI?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>Determinar la relación entre los tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERU y PCI.</p> <p>Determinar la relación del índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU y PCI.</p> <p>Describir las ventajas y desventajas de las metodologías MTC PERU y PCI.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECIFICOS</p> <p>Un 60% a 65% de tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERU coincide con la metodología PCI.</p> <p>El índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU representa el 60% a 65% de la metodología PCI.</p> <p>Aplicar la metodología MTC PERU es más simple y tiene ventajas de tiempo y formato que aplicar la metodología PCI.</p>	<p>VARIABLE 2</p> <p>METODOLOGÍAS MTC PERU Y PCI</p>	<p>Determinar la condición del pavimento asfáltico mediante la metodología del PCI.</p> <p>Determinación de las Unidades muestrales según la metodología usada.</p> <p>Calculo del PCI de las unidades muestrales y la sección muestral.</p> <p>Calculo del puntaje de condición de cada tipo de falla y la sumatoria total de estas.</p> <p>Escalas de calificación de condición del pavimento según metodologías MTC PERU y PCI.</p>	

Fuente: Elaboración propia

Anexo H: Fallas en pavimentos flexibles según metodología MTC PERU (Parte 1)

Clasificación de los Deterioros / Fallos	Código de daño	Deterioros / Fallos	Gravedad (G)	Medidas Área de deterioro (A _d) (m ²) Número de deterioros (N _d) Longitud del deterioro (L _d)	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²) A _s	Porcentaje de Extensión del deterioro/falla (EF _d)
CALZADA Deterioros o fallos Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto	Área (A _{d1}): Daño 1 Gravedad 1 A _{d1} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d1} = (A _{d1} / A _s) x 100
			2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	Área (A _{d2}): Daño 1 Gravedad 2 A _{d2} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d2} = (A _{d2} / A _s) x 100
			3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto	Área (A _{d3}): Daño 1 Gravedad 3 A _{d3} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d3} = (A _{d3} / A _s) x 100
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm)	Área (A _{d4}): Daño 2 Gravedad 1 A _{d4} = Longitud x 0.10m / Ancho de influencia	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d4} = (A _{d4} / A _s) x 100
			2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)	Área (A _{d5}): Daño 2 Gravedad 2 A _{d5} = Longitud x 0.20m / Ancho de influencia	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d5} = (A _{d5} / A _s) x 100
			3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	Área (A _{d6}): Daño 2 Gravedad 3 A _{d6} = Longitud x 0.30m / Ancho de influencia	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d6} = (A _{d6} / A _s) x 100
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm	Área (A _{d7}): Daño 3 Gravedad 1 A _{d7} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d7} = (A _{d7} / A _s) x 100
			2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm	Área (A _{d8}): Daño 3 Gravedad 2 A _{d8} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d8} = (A _{d8} / A _s) x 100
			3: Profundidad > 4 cm	Área (A _{d9}): Daño 3 Gravedad 3 A _{d9} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d9} = (A _{d9} / A _s) x 100
	4	Abultamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm	Área (A _{d10}): Daño 4 Gravedad 1 A _{d10} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d10} = (A _{d10} / A _s) x 100
			2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm	Área (A _{d11}): Daño 4 Gravedad 2 A _{d11} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d11} = (A _{d11} / A _s) x 100
			3: Profundidad > 12 mm	Área (A _{d12}): Daño 4 Gravedad 3 A _{d12} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d12} = (A _{d12} / A _s) x 100
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales.	Área (A _{d13}): Daño 5 Gravedad 1 A _{d13} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d13} = (A _{d13} / A _s) x 100
			2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.	Área (A _{d14}): Daño 5 Gravedad 2 A _{d14} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d14} = (A _{d14} / A _s) x 100
			3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.	Área (A _{d15}): Daño 5 Gravedad 3 A _{d15} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{d15} = (A _{d15} / A _s) x 100

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Manual de Carretera Mantenimiento o Conservación vial (2014)

Anexo I: Fallas en pavimentos flexibles según metodología MTC PERU (Parte 2)

Clasificación de los Deterioros / Fallas	Código de daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas Área de deterioro A _{ij} (m ²) Número de deterioros (N _{ij}) Longitud del deterioro (L _{ij})	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²) A _s	Porcentaje de Extensión del deterioro/falla (EF _{ij})
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1. Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial)	Área (A ₆₁): Daño 6 Gravedad 1 A ₆₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₆₁ = (A ₆₁ / A _s) x 100
			2. Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.	Área (A ₆₂): Daño 6 Gravedad 2 A ₆₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₆₂ = (A ₆₂ / A _s) x 100
			3. Continuo con aparición de la base granular.	Área (A ₆₃): Daño 6 Gravedad 3 A ₆₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₆₃ = (A ₆₃ / A _s) x 100
	7	Baches (huecos)	1. Diámetro < 0.2 m	Número (N ₇₁): Daño 7 Gravedad 1				
			2. Diámetro entre 0.2 y 0.5 m	Número (N ₇₂): Daño 7 Gravedad 2				
			3. Diámetro > 0.5 m	Número (N ₇₃): Daño 7 Gravedad 3				
	8	Fisuras transversales	1. Fisuras Finas (ancho < 1 mm)	Área (A ₈₁): Daño 8 Gravedad 1 A ₈₁ = Longitud x 0.10m/Ancho de influencia	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₈₁ = (A ₈₁ / A _s) x 100
			2. Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y < 3 mm)	Área (A ₈₂): Daño 8 Gravedad 2 A ₈₂ = Longitud x 0.20m/Ancho de influencia	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₈₂ = (A ₈₂ / A _s) x 100
			3. Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	Área (A ₈₃): Daño 8 Gravedad 3 A ₈₃ = Longitud x 0.30m/Ancho de influencia	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₈₃ = (A ₈₃ / A _s) x 100
	9	Exudación	1. Puntual	Área (A ₉₁): Daño 9 Gravedad 1 A ₉₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₉₁ = (A ₉₁ / A _s) x 100
			2. Continua	Área (A ₉₂): Daño 9 Gravedad 2 A ₉₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₉₂ = (A ₉₂ / A _s) x 100
			3. Continua con superficie viscosa	Área (A ₉₃): Daño 9 Gravedad 3 A ₉₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF ₉₃ = (A ₉₃ / A _s) x 100
BERMAS Pavimentadas y No Pavimentadas	10	Daños Puntuales	1. Daños puntuales baches o huecos, erosión	Área (A ₁₀₁): Daño 10 Gravedad 1 A ₁₀₁ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho berna	200	ancho berna x 200	EF ₁₀₁ = (A ₁₀₁ / A _s) x 100
			2. Daños en menos del 30 % de la longitud	Área (A ₁₀₂): Daño 10 Gravedad 2 A ₁₀₂ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho berna	200	ancho berna x 200	EF ₁₀₂ = (A ₁₀₂ / A _s) x 100
			3. Daños en más del 30 % de la longitud	Área (A ₁₀₃): Daño 10 Gravedad 3 A ₁₀₃ = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho berna	200	ancho berna x 200	EF ₁₀₃ = (A ₁₀₃ / A _s) x 100
	11	Desnivel Calzadas -Berna	1. Desnivel leve < 15 mm	Longitud (L ₁₁₁): Daño 11 Gravedad 1		200		EF ₁₁₁ = (L ₁₁₁ / 200) x 100
			2. Desnivel moderado entre 15 y 50 mm	Longitud (L ₁₁₂): Daño 11 Gravedad 2		200		EF ₁₁₂ = (L ₁₁₂ / 200) x 100
			3. Desnivel severo > 50 mm	Longitud (L ₁₁₃): Daño 11 Gravedad 3		200		EF ₁₁₃ = (L ₁₁₃ / 200) x 100

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial (2014)

Anexo J: Descripción de fallas en y curva de valores deducidos para pavimentos asfálticos según el tipo de falla de la metodología PCI.

Fuente: INGEPAV, Manual de cálculo de índice de condición de Pavimento (PCI).

Piel de cocodrilo.

Descripción: 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. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una *mallá de gallinero* o a la *piel de cocodrilo*. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

El agrietamiento de *piel de cocodrilo* ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que este sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como "*grietas en bloque*", el cual no es un daño debido a la acción de la carga).

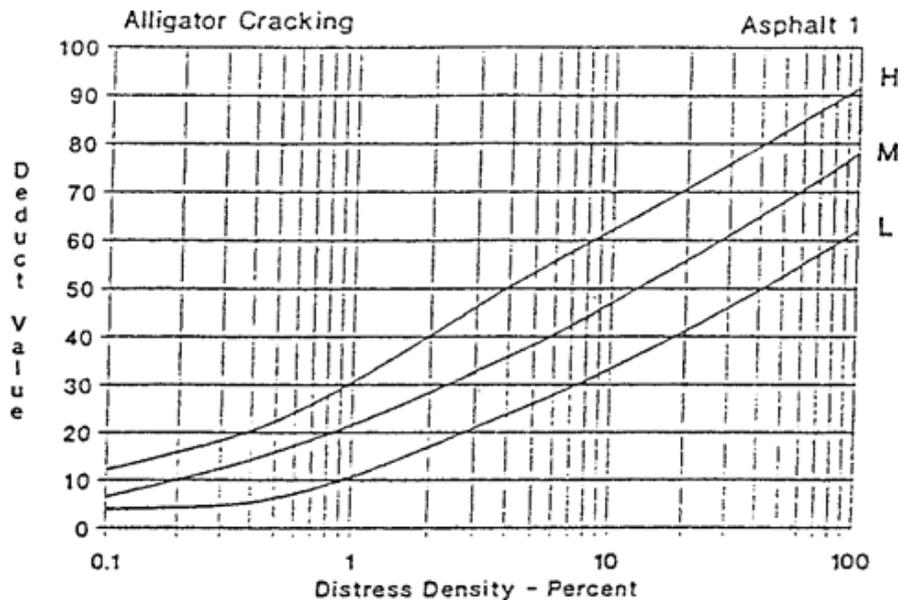
La *piel de cocodrilo* se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.



Exudación

Descripción: 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. La *exudación* 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. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

Niveles de severidad.

L: La *exudación* ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

M: La *exudación* ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

H: La *exudación* ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

Medida

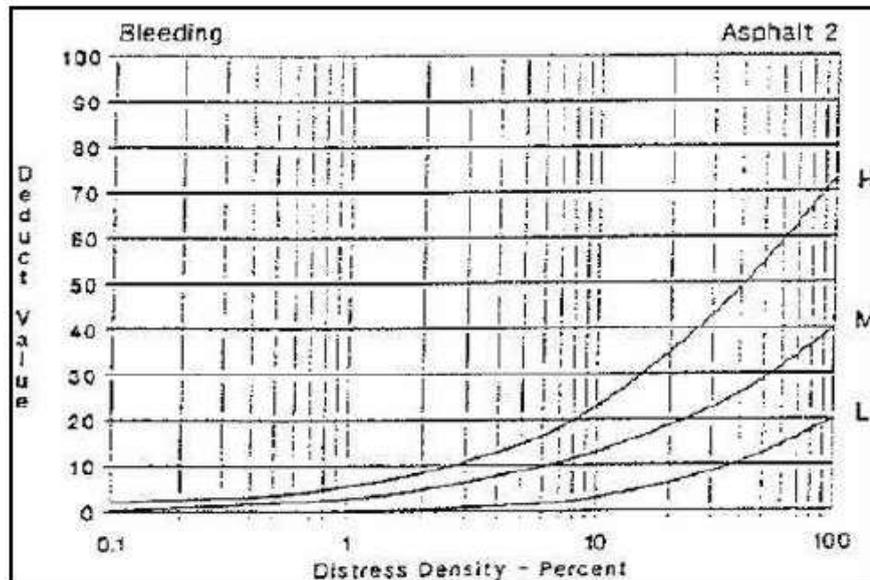
Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la *exudación* no deberá contabilizarse el *pulimento de agregados*.

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

Descripción: 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 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las *grietas en bloque* se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las *grietas en bloque* no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. 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. También, a diferencia de los *bloques*, la *piel de cocodrilo* es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

Niveles de severidad

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para *grietas longitudinales y transversales*.

M: Bloques definidos por grietas de severidad media

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Medida

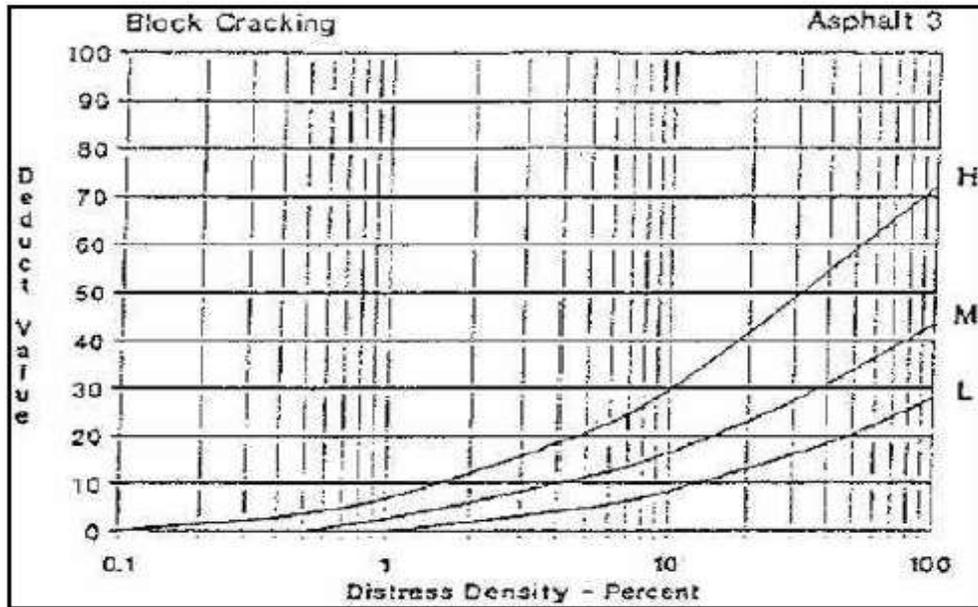
Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un sólo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

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

Descripción: Los *abultamientos* son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los *desplazamientos*, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los *abultamientos*, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado "tenting").

Los *hundimientos* son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman "*ondulaciones*" (*hinchamiento: swelling*).

Niveles de severidad

L: Los *abultamientos* o *hundimientos* originan una *calidad de tránsito* de baja severidad.

M: Los *abultamientos* o *hundimientos* originan una *calidad de tránsito* de severidad media.

H: Los *abultamientos* o *hundimientos* originan una *calidad de tránsito* de severidad alta.

Medida

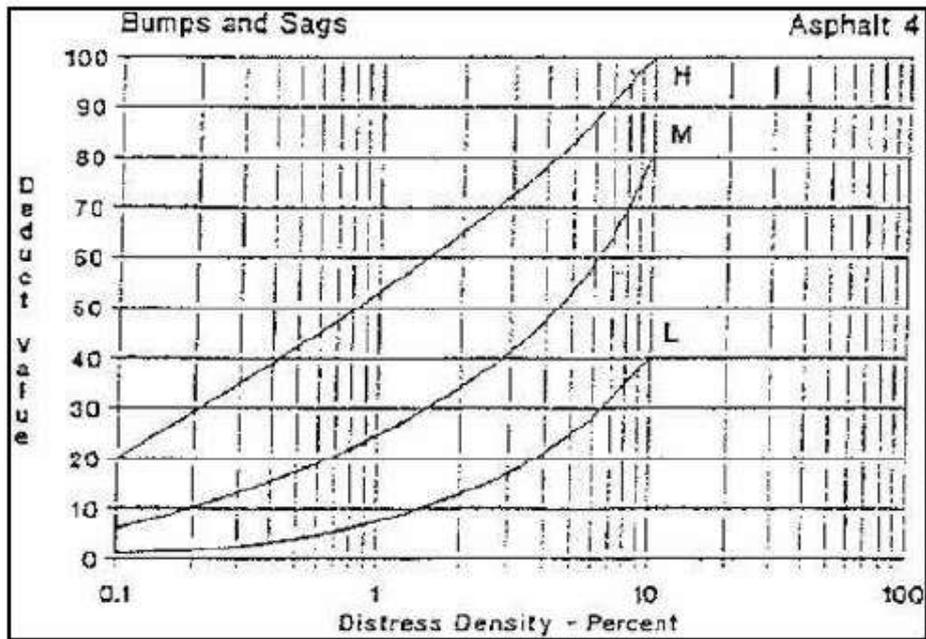
Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama *corrugación*. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

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



Corrugación

Descripción: La *corrugación* (también llamada "lavadero") 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 o una base inestables. Si los *abultamientos* ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina *corrugación*.

Niveles de severidad

L: Corrugaciones producen una *calidad de tránsito* de baja severidad.

M: Corrugaciones producen una *calidad de tránsito* de mediana severidad.

H: Corrugaciones producen una *calidad de tránsito* de alta severidad.

Medida

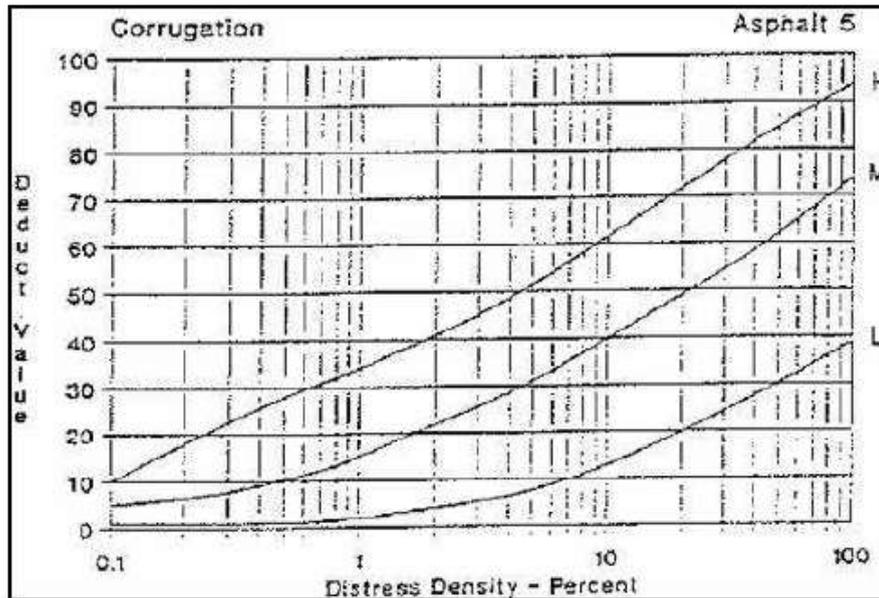
Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.



Depresión

Descripción: 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 sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un "baño de pájaros" (bird bath). En el pavimento seco las *depresiones* pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las *depresiones* son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.

Los *hundimientos* a diferencia de *las depresiones*, son las caídas bruscas del nivel.

Niveles de severidad.

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

Medida

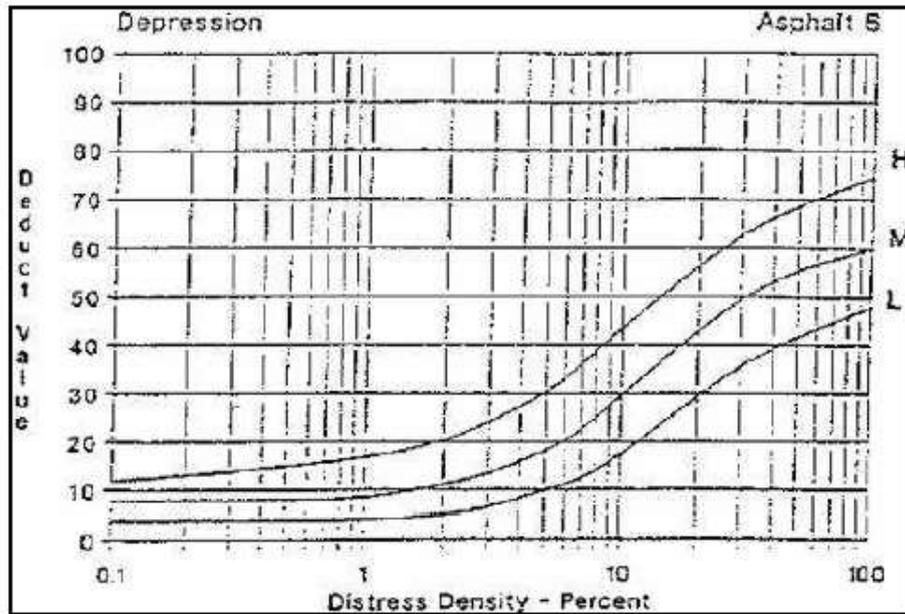
Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo.



Grietas de borde

Descripción: 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).

Niveles de severidad.

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

Medida

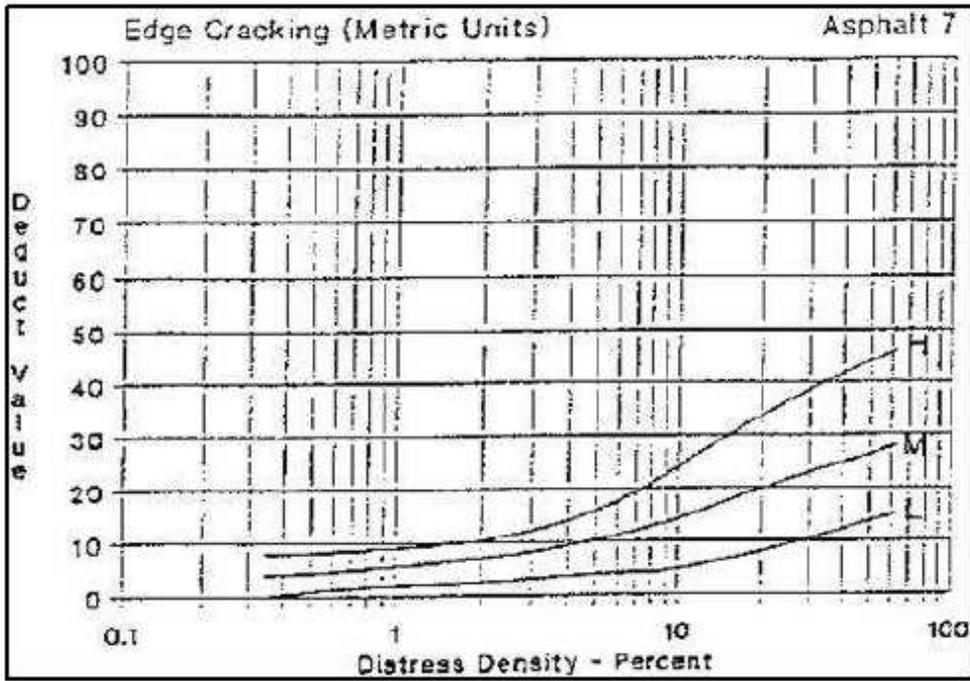
La *grieta de borde* se mide en pies lineales (ó metros lineales).

Opciones de reparación

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

M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.

H: Parcheo parcial – profundo.



Grietas de reflexión de Juntas

Descripción: Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, inducido por 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. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.
2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

Medida

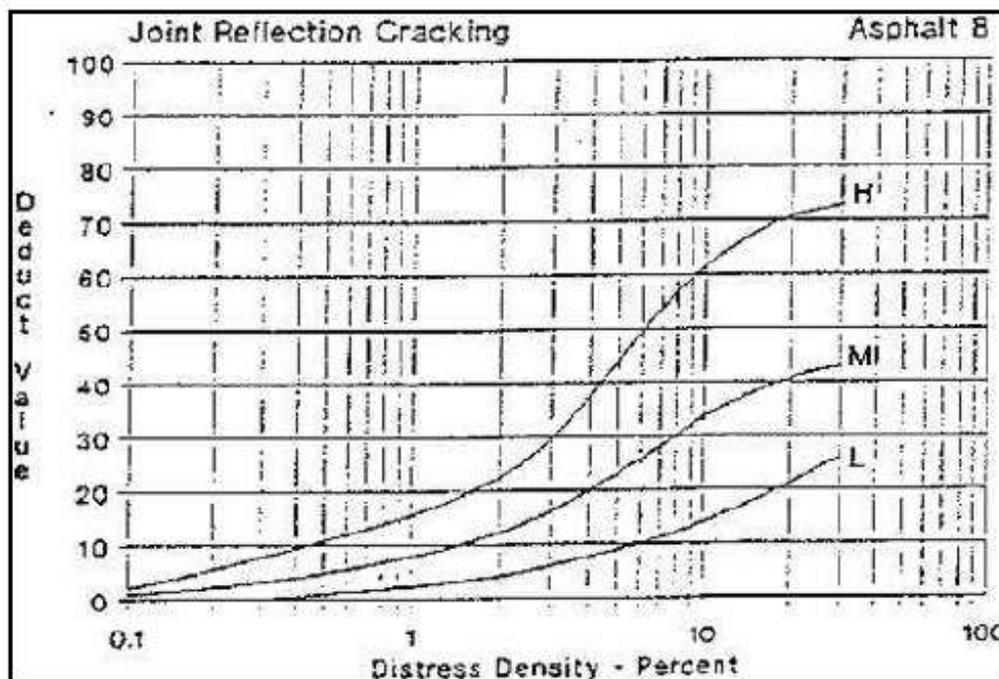
La *grieta de reflexión de junta* se mide en pies lineales (o metros lineales). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

Opciones de Reparación.

L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

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



Desnivel carril - berma

Descripción: 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 sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

Niveles de severidad.

L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

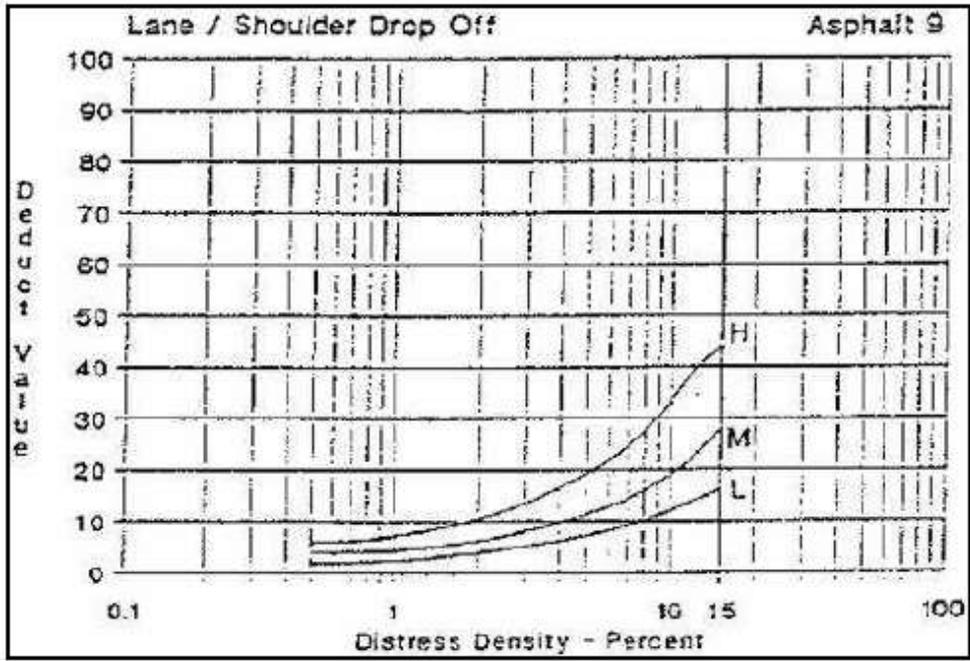
H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

Medida

El *desnivel carril / berma* se miden en pies lineales (ó metros lineales).

Opciones de reparación

L, M, H: Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.



Grietas longitudinales y transversales

Descripción: Las *grietas longitudinales* son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, 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 o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

Medida

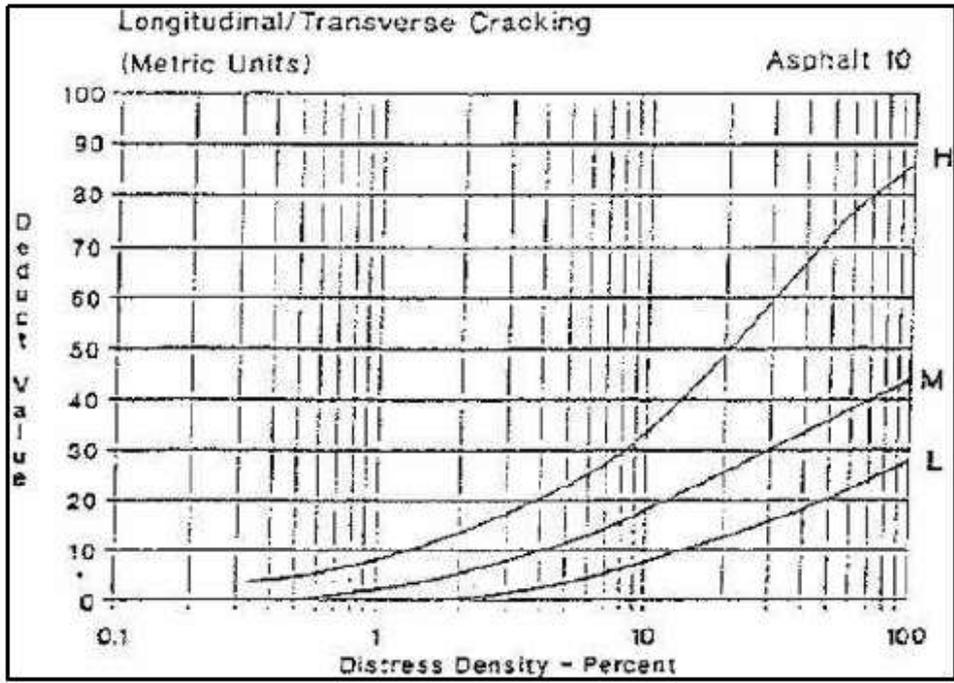
Las *grietas longitudinales y transversales* se miden en pies lineales (ó metros lineales). La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.

Opciones de reparación

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

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo parcial.



Parches y parches de corte utilitarios

Descripción: Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.

Niveles de Severidad.

L: El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

M: El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

Medida.

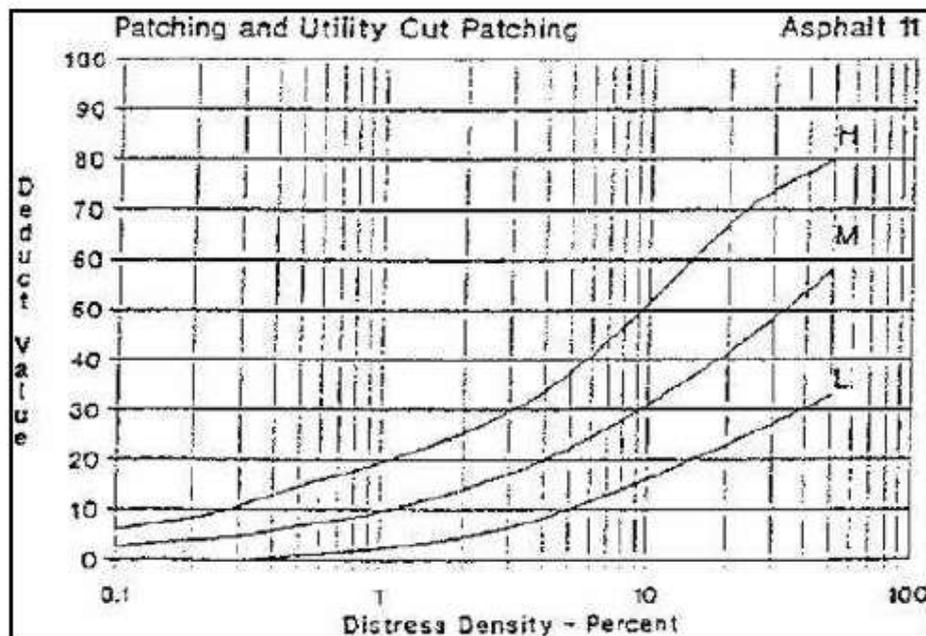
Los *parches* se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un sólo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.



Agregado pulidos

Descripción: 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. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El *pulimento de agregados* debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

Niveles de severidad.

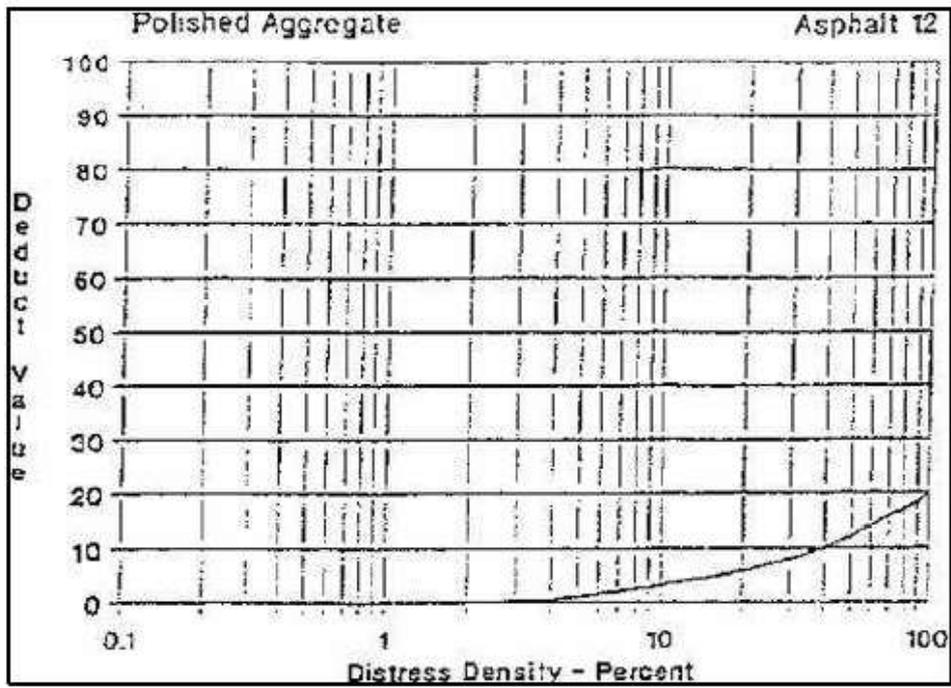
No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza *exudación*, no se tendrá en cuenta el *pulimento de agregados*.

Opciones de reparación

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



Baches

Descripción: 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.

Cuadro 13.1. Niveles de severidad para huecos.

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	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

Medida

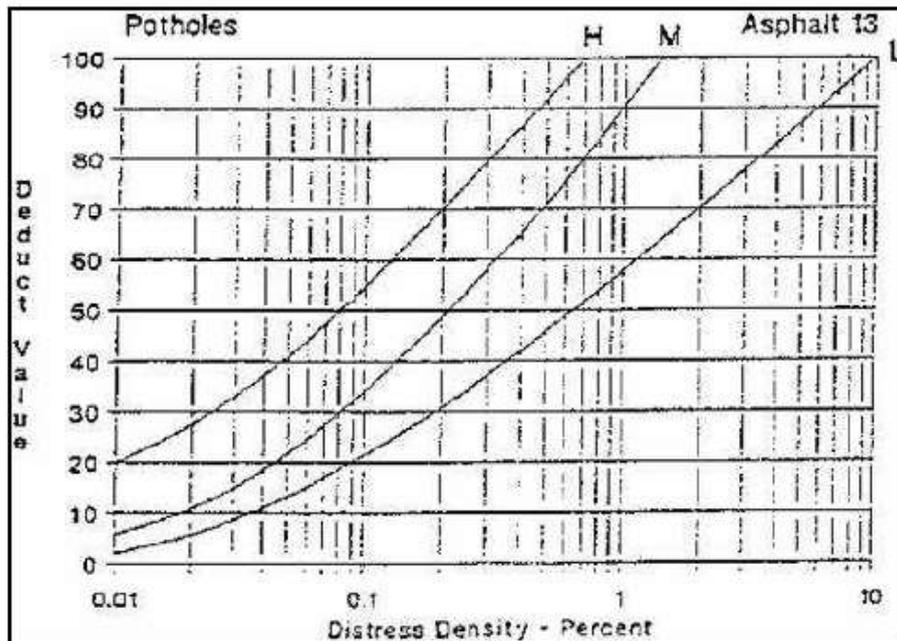
Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

Opciones de reparación

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

M: Parcheo parcial o profundo.

H: Parcheo profundo.



Cruce de vía férrea

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

Niveles de severidad

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.

Medida

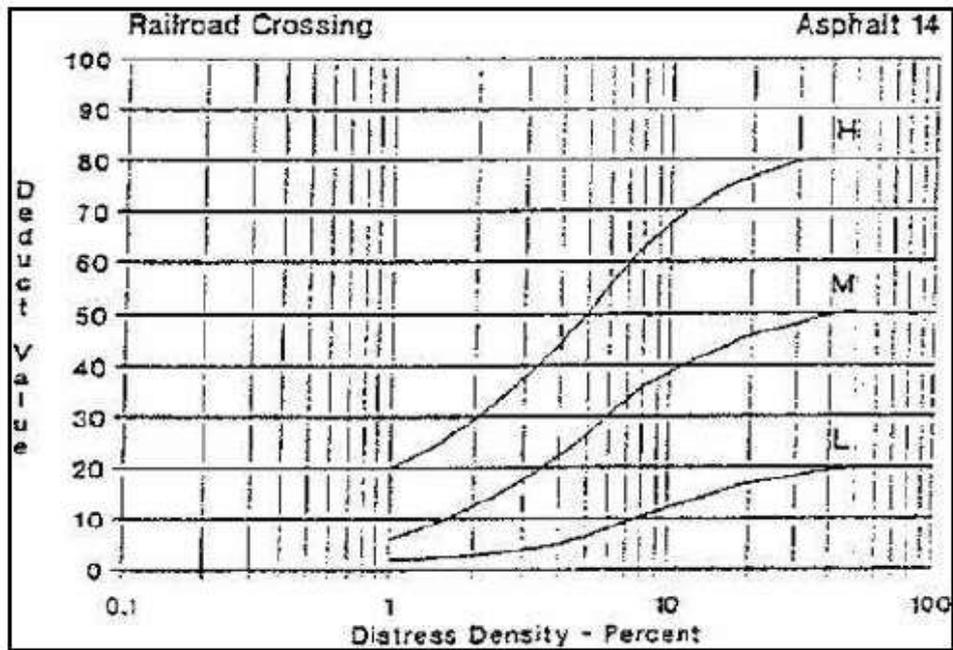
El área del *cruce* se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el *cruce* no afecta la *calidad de tránsito*, entonces no debe registrarse. Cualquier *abultamiento* considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del *cruce*.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

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

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



Grietas parabólicas

Descripción: Las *grietas parabólicas por deslizamiento (slippage)* 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. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

Nivel de severidad

L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Medida

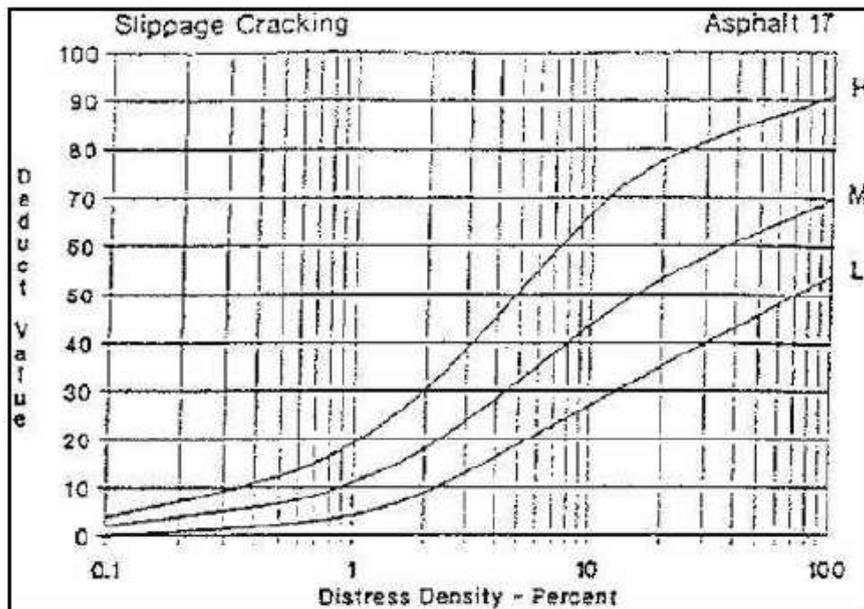
El área asociada con una *grieta parabólica* se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.



Hinchamiento

Descripción: 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.

Nivel de severidad

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.

Medida

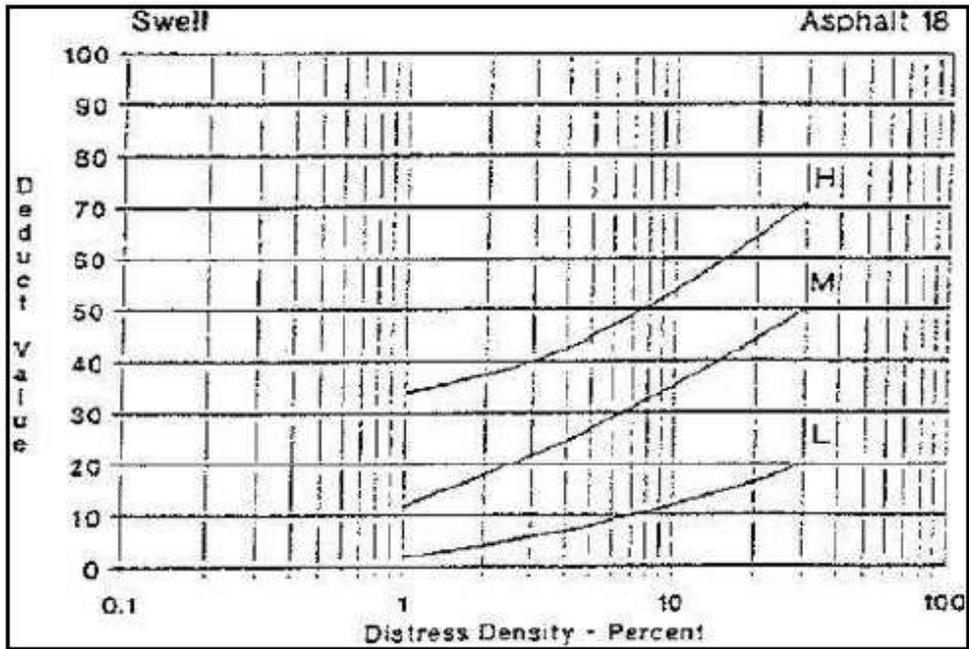
El *hinchamiento* se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.



Desprendimientos de agregados

Descripción: La *meteorización* y el *desprendimiento* son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como *desprendimiento*.

Niveles de severidad

- L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.
- M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.
- H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran *huecos*. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

Medida

La *meteorización* y el *desprendimiento* se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

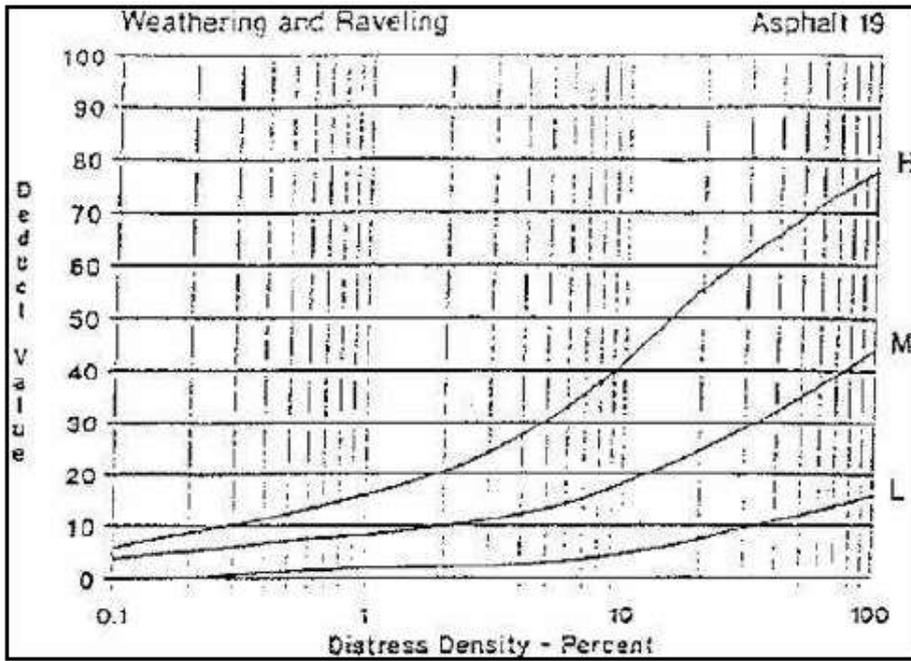
Opciones de reparación

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 parcheo parcial.



Anexo K: Descripción de fallas por grados de severidad según Manual MTC PERU

Fuente: Manual de mantenimiento y conservación vial del ministerio de transportes y comunicaciones del Perú.

Piel de cocodrilo

Descripción

La piel de cocodrilo está constituida por fisuras que forman polígonos irregulares de ángulos agudos. Puede ser en su principio, poco grave, mostrando polígonos incompletos dibujados en la superficie por fisuras cerradas (es decir, de ancho nulo). El tamaño de la malla disminuye luego bajo el efecto de las condiciones climáticas y del tráfico. Las fisuras se abren y se observan pérdidas de material en sus bordes.

Causas

El deterioro/falla es consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible. Es indicativo de insuficiencia estructural del pavimento. Esta falla comienza en la parte inferior de las capas asfálticas. La fisuración se propaga a la superficie.

Niveles de Gravedad

El criterio principal es el orden de magnitud de la malla.

- 1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto



Fisuras Longitudinales

Descripción

En este rubro se incluyen las fisuras longitudinales de fatiga. Discontinuas y únicas al inicio, evolucionan rápidamente hacia una fisuración continua y muchas veces ramificada antes de multiplicarse debido al tráfico, hasta convertirse en muy cerradas.

Causas

El deterioro / falla es consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible. Es indicativo de insuficiencia estructural del pavimento. Esta falla comienza en la parte inferior de las capas asfálticas. La fisuración se propaga a la superficie.

Niveles de Gravedad

El criterio principal es el orden de magnitud de la malla.

- 1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm)
- 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)
- 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.



Deformaciones por deficiencia estructural

Las deformaciones propias de los pavimentos flexibles se caracterizan, en la casi totalidad de los casos, por:

1. Las deformaciones por deficiencia estructural, depresiones continuas (deterioro 3a) o localizadas (deterioro 3b)
2. El ahuellamiento (deterioro 4) relacionado con el comportamiento inestable de la capa de rodadura.

En todos los casos, su gravedad es anotada por la profundidad medida sobre una regla rígida de 1.50 m de longitud colocada transversalmente en la calzada. El presente rubro se refiere a las deformaciones por deficiencia estructural.

La depresión continua aparece en el trazado de las ruedas, en un ancho superior a 0.8 m, sobre los laterales del pavimento de 0.5 a 0.8 m del borde, debido al asentamiento de los materiales de una o varias capas del pavimento y de la subrasante bajo un tráfico pesado y canalizado.

La depresión localizada es un hundimiento de la superficie del pavimento en una área localizada del mismo. Concieme generalmente a la totalidad del borde del pavimento. Es una consecuencia de defectos de soporte o de estabilidad debido a una mala calidad de los materiales o a un contenido de agua excesivo.

Niveles de Gravedad

- 1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm
- 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- 3: Profundidad \geq 4 cm



Ahuellamiento

Las deformaciones propias de los pavimentos flexibles se caracterizan, en la casi totalidad de los casos, por:

1. Las deformaciones por deficiencia estructural, depresiones continuas (deterioro 3a) o localizadas (deterioro 3b)
2. El ahuellamiento (deterioro 4) relacionado con el comportamiento inestable de la capa de rodadura.

En todos los casos, su gravedad es anotada por la profundidad medida sobre una regla rígida de 1.50 m de longitud colocada transversalmente en la calzada. El presente rubro se refiere a las deformaciones por comportamiento visco-elástico de la capa de rodadura (deterioro 4). La huella aparece en el trazado de las ruedas, en un ancho inferior a 0.8 m, sobre los laterales del pavimento de 0.5 a 0.8 m del borde, debido a un comportamiento visco-elástico de las de la capa de rodadura bajo un tráfico pesado y canalizado.

Causas

Esta puede provenir de las siguientes causas probables:

- ✓ Defecto de dosificación del asfalto
- ✓ Inadecuación entre el tipo de asfalto y la temperatura de la capa de rodadura
- ✓ Inadecuación entre la gradación de los agregados y la temperatura de la capa de rodadura
- ✓ Inadecuación n entre la gradación de los agregados y la clase de tránsito

Niveles de Gravedad

- 1: Profundidad ≤ 6 mm
- 2: Profundidad >6 mm y ≤ 12 mm
- 3: Profundidad > 12 mm



Reparaciones o parchado

Descripción

Las reparaciones están destinadas a mitigar los defectos del pavimento, de manera provisional o definitiva: su número, su extensión y su frecuencia son elementos del diagnóstico. Una reparación reciente enmascara un problema, reparaciones frecuentes lo subrayan. Las reparaciones deben ser calificadas en el momento del examen visual, pues algunas de ellas son tomadas en cuenta para determinar el estado estructural del pavimento. Si la reparación se aplica a deterioros / fallas superficiales y erradica el defecto, no se usara para calificar el estado estructural del pavimento. Si se aplica a la fisuración estructural, se considera como factor agravante. Dichos criterios resultan en los niveles de gravedad definidos más abajo.

Causas

Las reparaciones son indicativas de insuficiencia estructural del pavimento o de deterioros/fallas superficiales. No requieren medidas correctivas.

Niveles de Gravedad

- 1: Reparación o parchado para deterioros/ fallas superficiales
- 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado
- 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.



Deterioros o fallas superficiales

Descripción

Este deterioro incluye:

- ✓ La desintegración superficial de la carpeta asfáltica debida a la pérdida del ligante bituminoso o del agregado (peladura)
- ✓ La pérdida total o parcial de la capa de rodadura, (desprendimiento).

Causas

Esta falla indica las siguientes causas probables:

- ✓ Defecto de adherencia del asfalto o de dosificación del mismo
- ✓ Asfalto defectuoso o endurecido y perdiendo sus propiedades ligantes
- ✓ Agregados defectuosos (sucios o muy absorbentes)
- ✓ Defectos de construcción
- ✓ Efecto de agentes agresivos (solventes, agua, etc.).

Niveles de Gravedad

- 1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial)
- 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular
- 3: Continuo con aparición de la base granular



Baches (Huecos)

Descripción

Los baches o huecos son consecuencia normalmente del desgaste o de la destrucción de la capa de rodadura. Cuando aparecen, su tamaño es pequeño. Por falta de mantenimiento ellos aumentan y se reproducen en cadena, muchas veces con una distancia igual al perímetro de una rueda de camión.

Causas

Esta falla proviene de la evolución de otros deterioros y carencia de conservación vial:

- ✓ Desprendimiento
- ✓ Fisuración de fatiga.

Niveles de Gravedad

- 1: Diámetro < 0.2 m
- 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- 3: Diámetro > 0.5 m.

Posibles Medidas correctivas

Según la gravedad de los baches o huecos y su extensión, se consideran las siguientes medidas correctivas, en ausencia de otros deterioros o fallas

- ✓ Ninguna medida.
- ✓ Reparaciones por carpeta asfáltica con mezcla en caliente.
- ✓ Rehabilitación o reconstrucción.



Fisuras Transversales

Descripción

Las fisuras transversales son fracturas del pavimento, transversales (o casi) al eje de la vía.

Causas

Esta falla puede provenir de las causas siguientes:

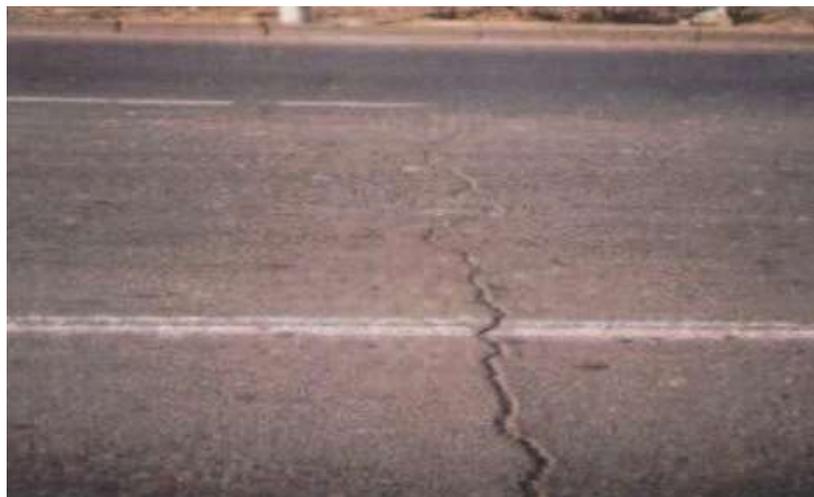
- ✓ Retracción térmica de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler o envejecimiento del asfalto
- ✓ Reflexión de grietas de capas inferiores y apertura de juntas de construcción defectuosas.

Niveles de Gravedad

Son iguales a los niveles definidos para las fisuras longitudinales

- 1: Finas (ancho ≤ 1 mm).
- 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm).
- 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.

Fisuras longitudinales y transversales: El nivel 1 corresponde al concepto del AASHTO de «hairline crack» («fisura como un cabello»), se puede considerar que el ancho es generalmente inferior a un mm. En cuanto a las fisuras abiertas de gravedad 2, se considera que su ancho es generalmente superior a un mm con bordes verticales (sin desintegración de bordes) y menor o igual a 3 mm. Se vuelven gravedad 3 cuando los bordes se desintegran y tienen un ancho superior a 3 mm.



Exudacion

Descripción

Este deterioro o falla se manifiesta por un afloramiento de material bituminoso de la mezcla a la superficie del pavimento. Forma una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa según los niveles del fenómeno.

Causas

Esta falla puede provenir de las causas siguientes:

- ✓ Excesivo contenido de asfalto en la mezcla
- ✓ Bajo contenido de vacíos (en periodos calientes, el asfalto llena los vacíos y aflora a la superficie).

Niveles de Gravedad

El deterioro o falla aparece por manchas negras aisladas. Luego, el exceso de asfalto forma una película continua en las huellas de canalización del tránsito. El último nivel se caracteriza por la presencia de una cantidad significativa de asfalto libre: la superficie se vuelve viscosa. Los niveles de gravedad correspondientes se listan a continuación.

- 1: Puntual
- 2: Continua
- 3: Continua con superficie viscosa.

Posibles Medidas correctivas

Según la gravedad de la exudación y su extensión, se consideran las siguientes medidas correctivas, en ausencia de otros danos

- ✓ Ninguna medida
- ✓ Carpeta asfáltica
- ✓ Fresado y carpeta asfáltica.

