UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación de fallas mediante el método PCI y
planteamiento de alternativas de intervención para
mejorar la condición operacional del pavimento flexible en
el carril segregado del corredor Javier Prado**

TESIS

Para optar el Título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

TACZA HERRERA, ERICA BETSABE ([0000-0003-3981-1305](#))

RODRIGUEZ PAEZ, BRAULIO OMAR ([0000-0002-5665-2134](#))

ASESOR:

LLERENA CANO, DONALD GUSTAVO ([0000-0002-6719-700X](#))

Lima, 18 de Junio de 2018

DEDICATORIA

*Con profundo cariño y gratitud le dedico;
A mis padres Milca y Silvino, por su amor y su apoyo incondicional.
A mi Bechito y a Martín que me dieron fuerzas en todo momento.
A mis hermanos Dave y Rosber, que me brindaron sus consejos.
A mi Mimí, a mis abuelos que aún me acompañan y a mis abuelos que me
cuidan desde el cielo.
Y a toda mi familia a quienes estimo mucho.*

E. Tacza

*A Dios por mostrarme el camino correcto que debo seguir
A mi Madre que me ha demostrado su amor incondicional
Y a mi Hermana por todo su apoyo y motiva en los momentos difíciles
Quiero expresarles mi mayor agradecimiento*

B. Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, agradecemos a Dios por guiar nuestros pasos y darnos
fortaleza.*

*Al Ing. Gustavo Llerena por guiarnos en el presente trabajo, por su apoyo
oportuno y sus valiosas sugerencias.*

Y a todas las personas que colaboraron en su desarrollo.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene por objetivo proponer alternativas de intervención que permitan mejorar la condición operacional o estado del pavimento que actualmente presenta el carril segregado del corredor Javier Prado, considerando que esta importante vía es de uso exclusivo para los autobuses del sistema de transporte urbano implementados por la Municipalidad de Lima.

Para definir adecuadamente las alternativas de intervención, se realizó previamente la evaluación del pavimento mediante la aplicación del método Pavement Condition Index (PCI) basado en la Norma ASTM D6433-07, siguiendo la siguiente secuencia de trabajo: En primer lugar, se realiza el levantamiento de información en campo donde se registran las cantidades, los tipos y severidades de cada falla existente; En segundo lugar, se realiza el cálculo del valor del PCI para las 18 Unidades de Muestra y posteriormente para toda la sección en estudio que tiene 828 metros de longitud, resultando el PCI de valor cuantitativo equivalente a 57 y condición operacional calificada como Buena.

En función al PCI obtenido para la vía en estudio, se determinan las siguientes consideraciones; En primer lugar, la necesidad de implementar las medidas de intervención con urgencia debido a la ubicación que tiene el pavimento en la curva de deterioro; En segundo lugar, el mantenimiento a realizarse como intervención puede ser del tipo menor y/o mayor, se dispone plantear mantenimientos menores debido a que las fallas registradas son localizadas y presentan cantidades menores a los 300 m².

Finalmente, se presenta la matriz de consolidación con las alternativas de intervención propuestas para cada falla identificada en la evaluación; Además, se presentan los resultados obtenido del análisis e interpretación de los resultados.

Palabras Claves:

Pavimento Flexible

Evaluación de fallas

Índice de Condición del Pavimento (PCI)

ABSTRACT

The objective of this research project is to propose intervention alternatives that allow improving the operative condition of the pavement that currently presents the segregated lane of “El corredor Javier Prado”, considering that this is a important lane, of exclusive use for buses of the urban transport system that was implemented by the Municipality of Lima.

To adequately define the intervention alternatives, the pavement evaluation was previously carried out by applying the Pavement Condition Index (PCI) method based on the Standard ASTM D6433-07, following this work sequence: First, registration of information is done in field where the quantities, types and severities of each existing fault are recorded; Secondly, the calculation of the value of the PCI for the 18 Sample Units and then for all the section under study that is 828 meters long, results in the PCI of quantitative value equivalent to 57 and operational condition qualified as Good.

Based on the PCI obtained for the road under study, the following considerations are determined; First, the need to implement intervention measures urgently due to the location of the pavement in the deterioration curve; Secondly, the maintenance to be carried out as an intervention may be of the minor and / or major type, and minor maintenance is planned because the registered failures are located and present quantities of less than 300 m².

Finally, the consolidation matrix is presented with the proposed intervention alternatives for each failure identified in the evaluation; In addition, the results obtained from the analysis and interpretation of the results are presented.

Keywords:

Flexible pavement

Fault evaluation

Pavement Condition Index (PCI)

ÍNDICE

ÍNDICE	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS	10
INTRODUCCIÓN	13
Antecedentes	13
Realidad problemática.....	15
Formulación del Problema	17
Hipótesis.....	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos.....	17
Descripción del Contenido	18
1. MARCO TEORICO	19
1.1. Pavimentos	19
1.1.1. Tipos de pavimentos.....	19
1.1.2. Pavimentos Flexibles.....	21
1.1.2.1. Conformación de capas	21
1.1.2.2. Características funcionales	23
1.1.3. Ciclo de vida del pavimento.....	24
1.1.4. Mecanismos de deterioro	26
1.1.4.1. Clasificación por formas	26
1.1.4.2. Causas de origen.....	27
1.1.4.3. Consecuencias	29
1.2. Método Pavement Condition Index (PCI).....	30
1.2.1. Definición.....	30
1.2.2. Materiales e instrumento	31
1.2.3. Procedimiento de Cálculo	32
1.2.3.1. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento	32
1.2.3.2. Determinar PCI por Unidad de Muestra	34
1.2.3.3. Determinar PCI de la Sección	35

1.2.4. Tipos de fallas	36
1.3. Mantenimiento y rehabilitación	59
1.3.1. Mantenimiento en el proceso de deterioro	59
1.3.2. Tipo de Mantenimientos.....	61
2. MATERIAL Y MÉTODOS	63
2.1. Lugar de estudio	63
2.2. Material	67
2.2.1. Población.....	67
2.2.2. Muestra.....	67
2.3. Método	69
2.3.1. Nivel de Investigación.....	69
2.3.2. Diseño de Investigación	69
2.3.3. Variables de estudio y operacionalización	70
2.3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	70
2.3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos	71
3. RESULTADOS	77
3.1. Evaluación de las fallas en el tramo de estudio.....	77
3.1.1. Fallas Existentes.....	77
3.1.2. Fallas Incidentes	79
3.1.2.1. Ubicación de las fallas incidentes	79
3.1.2.2. Severidad de las fallas incidentes.....	82
3.2. Evaluación del PCI en el tramo de estudio	82
3.2.1. Valor del PCI por Unidad de Muestra.....	82
3.2.2. Valor del PCI de la sección.....	84
3.3. Propuesta de Intervención	85
3.3.1. Matriz de intervención	86
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90
4.1. Discusión.....	90
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
5.1. Conclusiones	93
5.2. Recomendaciones.....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXO A TABLAS DE REGISTRO PCI	99
ANEXO B CURVAS DE VALOR DEDUCIDO	107

ANEXO C PANEL FOTOGRÁFICO	111
---------------------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Rangos de calificación del PCI.....	30
Tabla N° 02: Rangos de calificación del PCI.....	32
Tabla N° 03: Niveles de severidad para huecos.....	52
Tabla N° 04: Operacionalización de variable	70
Tabla N° 05: Cantidad por tipo de falla existente	78
Tabla N° 06: Severidad en fallas incidentes.....	82
Tabla N° 07: Resultados del PCI por unidad de muestra.....	83
Tabla N° 08: Resultado del PCI en la sección	84
Tabla N° 09: Matriz consolidada de alternativas de intervención	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Carril segregado de la Av. Javier Prado	16
Gráfico N° 02: Fallas existentes en carril segregado	16
Gráfico N° 03: Comportamiento de los tipos de pavimentos.....	19
Gráfico N° 04: Estructura del pavimento flexible.....	23
Gráfico N° 05: Causas que originan los deterioros.....	29
Gráfico N° 06: Formato de registro de datos.	31
Gráfico N° 07: Resumen de fallas en pavimentos flexibles.....	37
Gráfico N° 08: De izquierda a derecha, falla piel de cocodrilo de baja, media y alta severidad	39
Gráfico N° 09: De izquierda a derecha, falla por exudación de baja, media y alta severidad	40
Gráfico N° 10: De izquierda a derecha, falla por agrietamiento en bloque de baja, media y alta severidad.....	41
Gráfico N° 11: De izquierda a derecha, falla por abultamientos y hundimientos de baja, media y alta severidad.....	42
Gráfico N° 12: De izquierda a derecha, falla por corrugación de baja, media y alta severidad	43
Gráfico N° 13: De izquierda a derecha, falla por depresión de baja, media y alta severidad	44
Gráfico N° 14: De izquierda a derecha, falla por grietas de borde de baja, media y alta severidad.....	44
Gráfico N° 15: De izquierda a derecha, falla por grieta de reflexión de junta de baja, media y alta severidad.....	46
Gráfico N° 16: De izquierda a derecha, falla por desnivel carril-berma de baja, media y alta severidad.....	47
Gráfico N° 17: De izquierda a derecha, grietas longitudinales / transversales de baja, media y alta severidad.....	48
Gráfico N° 18: De izquierda a derecha, parches y acometidas de baja, media y alta severidad	50

Gráfico N° 19: Pulimiento de agregados.....	51
Gráfico N° 20: De izquierda a derecha, falla por huecos de baja, media y alta severidad.....	52
Gráfico N° 21: De izquierda a derecha, falla en cruce de vía férrea de baja, media y alta severidad.....	53
Gráfico N° 22: De izquierda a derecha, falla por ahuellamiento de baja, media y alta severidad	54
Gráfico N° 23: De izquierda a derecha, falla por desplazamiento de baja, media y alta severidad.....	55
Gráfico N° 24: De izquierda a derecha, falla por grietas parabólicas, media y alta severidad	56
Gráfico N° 25: El nivel de severidad en Hinchamiento	57
Gráfico N° 26: De izquierda a derecha, falla por desprendimiento de agregados de baja, media y alta severidad.....	58
Gráfico N° 27: Curva deterioro vs tiempo en pavimentos	59
Gráfico N° 28: Zonas de mantenimiento según valor PCI.....	62
Gráfico N° 29: Tramo de Estudio Av. Javier Prado Este.....	64
Gráfico N° 30: Sentido del tránsito	64
Gráfico N° 31: Carril segregado de la Av. Javier Prado	65
Gráfico N° 32: Pavimento antiguo y Pavimento Nuevo presente en el Carril Segregado (Sentido Este-Oeste).....	66
Gráfico N° 33: Pavimento antiguo y Pavimento Nuevo presente en el Carril Segregado (Sentido Oeste- Este).....	66
Gráfico N° 34: Pavimento antiguo y Pavimento Nuevo presente en el Carril Segregado (giro en U ubicado en la mitad del tramo)	67
Gráfico N° 35: Indica el sentido en el que se tomaron las Unidades de Muestra	68
Gráfico N° 36: Sectorización por Unidad de Muestra	68
Gráfico N° 37: Hoja de registro de los datos en Campo de la Unidad de Muestra 01	71
Gráfico N° 38: Curvas de valores deducidos para la falla por Grietas Longitudinales / Transversales	73
Gráfico N° 39: Hoja de registro Densidad y Valor Deducido Unidad de Muestra 01	73
Gráfico N° 40: Curva de corrección de valores deducidos	75
Gráfico N° 41: Cálculo del máximo valor deducido corregido para la Unidad de Muestra 01	75
Gráfico N° 42: Frecuencia por tipo de falla existente.....	78

Gráfico N° 43: Distribución de las fallas incidentes	79
Gráfico N° 44: Ubicación de las fallas incidentes.....	81
Gráfico N° 45: Valores del PCI por unidad de muestra	83
Gráfico N° 46: Distribución del PCI en toda la sección	84

INTRODUCCIÓN

El pésimo estado de las vías principales de la ciudad se debe a la dejadez de los gobiernos locales, a razón de que, no se realizan planes de conservación oportunos debido al elevado costo que esto genera, es por ello que, no se realizan constantes monitoreos de las fallas y trabajos de conservación para mantener la vía, siendo un problema que afecta directamente al usuario y a los peatones que transitan por la misma.

Hoy en día, existen distintos métodos para analizar las fallas en los pavimentos flexibles; en el presente trabajo de tesis se empleará el Método PCI para la identificación de las fallas que presenta el pavimento en un tramo de vía, el cual, proporcionará información necesaria sobre la condición operacional del pavimento, que permitirá validar su estado y ayudará a incorporar mejoras en su mantenimiento o en su diseño, si así lo requiere.

El presente trabajo tiene como objetivo la aplicación del Método PCI en el carril segregado del corredor Javier Prado, lo cual, nos permitirá determinar la condición operacional del pavimento que se utilizará para establecer el tipo de mantenimiento que se puede aplicar en la vía, y a su vez, nos permitirá plantear alternativas de solución de las fallas que presenta el pavimento.

Antecedentes

La tesis titulada “ Evaluación, análisis y planteo de alternativas para la conservación y rehabilitación del pavimento asfáltico en la carretera Puente Cunyac-Cusco desde el km 890+000 al km 895+000” fue presentada en el año 2017 por el alumno Gabriel Díaz de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP); la cual, en su introducción describe la importancia del mantenimiento y reparación de la superficie de rodamiento debido a que facilita la transitabilidad, comodidad y seguridad de los usuarios. En el desarrollo, se realiza la aplicación de los métodos: Índice de Condición del Pavimento (PCI), Índice de Regularidad Internacional (IRI) y el ensayo de Deflectometría (HWD) para determinar la condición superficial, funcional y estructural del tramo de pavimento en estudio. Finalmente, luego del análisis de los resultados, plantearon cuatro alternativas de intervención para la rehabilitación de la carretera.

La tesis titulada “Evaluación superficial del pavimento Flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) En Las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau” fue presentada en el año 2016 por los alumnos Paola Leguía y Hans Pacheco de la Universidad San Martín de Porres (USMP); El trabajo tuvo como objetivo principal realizar la evaluación superficial de vías mencionadas aplicando el método PCI para poder conocer la condición del pavimento existente. En el desarrollo de la tesis se profundiza sobre la importancia del método PCI, describiéndolo como un método ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado debido a que ha sido publicado por el ASTM como método de análisis y aplicación. Este método es considerado como el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos debido a que permite determinar las condiciones actuales del pavimento, conociendo si se encuentra operando en un nivel de servicio óptimo, y asimismo permite proponer la mejor alternativa de intervención para la reparación del pavimento en análisis. Finalmente, al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible resulta que el estado de conservación de la Av. Cincuentenario es descrito como “Regular” con un PCI de 51.84, mientras que la Av. Colón y Miguel Grau presenta un estado de conservación “Bueno” con un PCI de 59.29.

La tesis titulada “Cálculo del Índice de Condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla” fue presentada en el año 2009 por el alumno Edgar Rodríguez de la Universidad de Piura (UDEP); la cual tiene como objetivo principal la aplicación el método PCI para determinar la condición superficial del pavimento flexible de la Av. Luis Montero; Se analizaron dos tramos de 600 metros lineales cada uno (según los dos sentidos de vía), del cual, se determinó las fallas existentes y se cuantifico el estado en el que se encontraba la vía; Al aplicar el método PCI se obtuvo resultado que la avenida presenta un Índice de condición de pavimento (PCI) ponderado de 49, lo cual, indica un estado regular de la vía gracias a las obras de mantenimiento que se dieron en 2008, las cuales disminuyeron la formación de fallas estructurales dañinas en el pavimento.

La tesis titulada “Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos (aplicación: Municipio de La Molina)” fue presentada en el año 2006 por el alumno Joaquin Llosa de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC); la cual, tiene como objetivo principal desarrollar la evaluación superficial de los pavimentos flexibles en el Municipio de la Molina mediante una metodología racional que permita la evaluación periódica de las vías con el fin de realizar un plan de desarrollo técnico y económico para su rehabilitación o mantenimiento. Asimismo,

para obtener la evaluación superficial del pavimento utilizó el método del Índice de Condición de Pavimentos (Pavement Condition Index – PCI); del cual, se obtuvo como resultado que el tipo de falla de mayor incidencia en el distrito es Disgregación y Desintegración del Pavimento, seguida por el tipo de falla de Piel de Cocodrilo, asimismo menciona que las grietas de contracción y de reflexión de juntas se presentan solo en algunas avenidas; Por consiguiente, menciona que la Municipalidad de la Molina no presenta un sistema de conservación de pavimentos adecuado y planificado, lo cual, reduce la vida útil de la vía de 10 - 15 años a 6 - 8 años, dentro de las recomendaciones menciona que se deben realizar planes anuales de rehabilitación y mantenimiento de las vías de un distrito para mantenerlas en buen estado.

Realidad problemática

La problemática de esta tesina se enfoca en el estudio de un tramo de vía situado a lo largo de la avenida “Javier Prado”, específicamente entre las intersecciones con las avenidas “Los Frutales” y “La Molina”, perteneciente al distrito de La Molina en la ciudad de Lima.

La vía en estudio fue habilitada a fines del año 2016 a partir de una gestión de transporte impulsado por la Municipalidad de Lima para mejorar el tránsito de los vehículos tanto públicos como privados que se desplazan en el sentido de Este a Oeste, La gestión realizada consistió en la ampliación de 3 a 4 carriles en el sentido de Oeste a Este en este tramo de la avenida Javier Prado, el nuevo carril se destinó para ser utilizado como carril en sentido de contraflujo (del Este al Oeste) y de uso exclusivo del transporte público. La delimitación de la vía segregada se ha mantenido utilizando barreras viales tipo New Jersey y conos de señalización vial como separadores.

En la Gráfica N°01 se muestra el gran congestionamiento de vehículos que circulan en el sentido de Este hacia Oeste, Además se observa el libre tránsito a contraflujo del carril exclusivo por el cual transita el transporte público del corredor Javier Prado.

Gráfico N° 01: Carril segregado de la Av. Javier Prado

Fuente: Elaboración propia

Debido a diversos factores, se observan deterioros considerables en la superficie del pavimento del tramo en estudio (Ver Gráfico N°02), a pesar de haber sido construida hace aproximadamente dos años, estos deterioros son un grave problema para la transitabilidad, comodidad y seguridad de los usuarios del transporte público que circulan a diario por esta importante vía urbana.

Gráfico N° 02: Fallas existentes en carril segregado

Fuente: Elaboración propia

En vista de los problemas de deterioro que presenta el pavimento en estudio, es necesario realizar algunas intervenciones de mantenimiento para mejorar la condición operacional que actualmente tiene el pavimento.

Formulación del Problema

¿Qué alternativas de intervención son necesarias para mejorar la condición actual del pavimento flexible del carril segregado del corredor Javier Prado?

Hipótesis

Aplicando el método PCI, se consigue implementar adecuadas alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible del carril segregado del corredor Javier Prado.

Objetivo General

- Proponer alternativas de intervención que permitan mejorar la condición operacional del pavimento flexible existente en el carril segregado del corredor Javier Prado.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información respecto a las fallas existentes en el pavimento flexible de la zona en estudio.
- Aplicar el método PCI para determinar la condición operacional de todas las unidades de muestra que componen la sección en estudio.
- Analizar la incidencia de las fallas encontradas en función al tipo y severidad de las mismas presentes en la zona de estudio.
- Proponer alternativas de intervención en función a las fallas encontradas en la zona de estudio.

Descripción del Contenido

El presente trabajo de tesis está estructurado en 5 capítulos:

Capítulo 1. Marco Teórico; contiene los fundamentos teóricos del estudio con su marco conceptual; en primer lugar, se presenta fundamentos sobre los Pavimentos, según su clasificación, conformación estructural, ciclo de vida o fases, tipos de deterioros, causas que originan los deterioros y las principales consecuencias; en segundo lugar, se presenta fundamentos sobre el Método PCI (Paviment Condition Index) y su aplicación; por último, se presenta fundamentos sobre el Mantenimiento y Rehabilitación de los Pavimentos Flexibles.

Capítulo 2. Material y Método; en primer lugar, se presenta el lugar de estudio delimitado; en segundo lugar, se presenta el Material, en donde se indica la Población y Muestra a analizar; por último, se presenta el método o metodología de investigación, que se subdivide en Tipo y Diseño de investigación, Variables de Estudio y Operacionalización, Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo 3. Resultados; se presentan los resultados logrados en la investigación según la aplicación del Método PCI.

Capítulo 4. Discusión de Resultados; se presenta la discusión de resultados según su análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones; se realiza la presentación de las conclusiones y recomendaciones.

1. MARCO TEORICO

1.1. Pavimentos

1.1.1. Tipos de pavimentos

Los pavimentos se definen como un paquete estructural compuesto por un conjunto de capas superpuestas de forma relativamente horizontal que deben ser diseñadas y construidas considerando el uso de materiales apropiados, correcta compactación, entre otras consideraciones a tener en cuenta para que puedan resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetitivas del tránsito les transmiten durante el periodo de vida para el cual fueron conceptualizados (Montejo, 2012).

La clasificación de los pavimentos se realiza según el paquete estructural que los componen porque esto define el comportamiento y la forma como se realiza la distribución de las cargas recibidas desde la carpeta de rodadura hasta la superficie del terreno de fundación conocido como sub rasante; En el Gráfico N°03 se representa el comportamiento de las principales clasificaciones que son los pavimentos del tipo rígido y pavimentos flexible.

Gráfico N° 03: Comportamiento de los tipos de pavimentos.

Fuente: Miranda (2010)

Los pavimentos flexibles son aquellos que tienen una carpeta de rodamiento formado por concreto de cemento asfáltico, apoyado generalmente sobre dos capas no rígidas definidas como la base y subbase. Montejo (2012) refiere que es posible prescindir de cualquiera de estas dos capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. Este tipo de pavimento se caracteriza por la alta flexibilidad de la carpeta superficial (capacidad de gran deformación sin llegar a la rotura), la carga del tránsito sobre la superficie es prácticamente una carga concentrada, cuyo efecto disminuye a través del espesor de las capas subyacentes, hasta llegar distribuido y atenuado a la sub rasante; La sub-rasante es, por ende la capa que debe soportar las cargas impuestas, al igual que las capas que sobre ella serán construidas. Se concluye entonces que la carpeta de asfalto no absorbe la totalidad de las cargas vehiculares sino que actúa más como un transmisor; Debido a esto, los pavimentos flexibles requieren generalmente de un mayor número de capas intermedias entre la carpeta de rodadura y la sub rasante (Conza, 2016).

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida entre 10 a 15 años, pero con la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil o de servicio.

El otro tipo de pavimento son los rígidos que tienen una carpeta de rodadura formada por una losa de concreto hidráulico. Recibe el nombre de pavimento rígido debido a las propiedades de la carpeta de concreto, que absorbe en mayor grado las cargas vehiculares y es en comparación con el pavimento flexible de mayor costo pero requiere un mantenimiento mínimo. Debido a la naturaleza rígida de la carpeta de rodadura, las cargas vehiculares se distribuyen de forma más eficiente, es por ello que, requieren en su estructura de un menor número de capas granulares entre la carpeta de rodadura y la sub rasante. A diferencia de los pavimentos flexibles, los pavimentos rígidos no requieren de una base granular que aporte a la resistencia de las cargas, sólo se requiere de una sub-base que aporte homogeneidad, ya que es la losa de concreto la que resiste las cargas del tránsito. Por lo tanto el diseño se basa en establecer los esfuerzos internos que en la losa se producen por efecto de las cargas y las condiciones climáticas (Conza, 2016).

Además de los tipos de pavimentos mostrados en el Gráfico N°03, también se presentan los pavimentos del tipo semi-rígido y articulado; los pavimentos semi-rígidos tienen la misma estructura que los pavimentos flexibles con la diferencia que una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con algún tipo de aditivo como asfalto, emulsión, cemento, cal y/o

químicos, esta alteración se realiza con la finalidad de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción del pavimento y evitar traer a los materiales idóneos que se encuentran a distancias alejadas del proyecto que elevarían notablemente los costos de construcción.

Los pavimentos del tipo articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, conocidos como adoquines que tienen espesores uniformes e iguales entre sí. Esta carpeta superficial puede ir colocada sobre una capa delgada de arena, la cual a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la su rasante, el establecimiento de la cantidad de capas se define en función de la calidad de éste y la frecuencia de cargas que circularán sobre el pavimento (Montejo, 2012).

1.1.2. Pavimentos Flexibles

1.1.2.1. Conformación de capas

Los pavimentos flexibles están generalmente conformados por la carpeta de rodamiento en la superficie, apoyada sobre dos capas no rígidas denominadas base y sub base; y todo este paquete estructural descansa sobre la sub rasante, como se muestra en el Gráfico N°04. A continuación, se describen las principales características y funciones para cada una de las capas que componen los pavimentos flexibles según (Torres 2007):

a. Sub base

La conformación de la sub base es principalmente por consideraciones económicas debido a que se busca conseguir un mayor espesor en el pavimento mediante el uso de material más barato, reemplazando la construcción del espesor con materiales de alta calidad como en el caso de la base, consiguiendo que esta última sea más delgada y se sustituye en parte por la sub base de menor calidad.

Debido a que el material de la base es granular más o menos grueso y el material de la sub base es de mayor fineza, esta propiedad genera la característica de transición entre la base y sub rasante debido a que trabaja como filtro para evitar que el material de la base se mezcle en la sub rasante,

Otras propiedades importantes son que la sub base sirve como drenaje para desalojar el agua que se infiltre en el pavimento debido a los cambios volumétricos producto de la

humedad, además evita la ascensión capilar hacia la base del agua proveniente del terreno y absorber las deformaciones provenientes de la sub rasante.

Las cualidades que se buscan en la capa sub base son la resistencia friccionante y la capacidad de drenaje; la primera de ellas contribuye a la resistencia en conjunto del pavimento, garantizando que el pavimento tenga un adecuado comportamiento en cuanto a deformabilidad; la segunda referente a la capacidad de drenaje es necesaria para realizar las funciones de drenaje y evitar la ascensión capilar.

Los espesores de esta capa son muy variables y dependen de la evaluación por tipo de proyecto, pero suele considerarse 12 a 15 cm como espesor mínimo.

En caso de falta de finos para realizar la compactación de la sub base se puede buscar otros bancos de materiales que reúnan las especificaciones; Es necesario que los bancos de materiales cumplan con las especificaciones requeridas y se encuentren libres de materia vegetal, terrones de arcillas u otros materiales perjudiciales debido a que un gran número de falla en los pavimentos se deben a problemas en las sub bases porque no cumplen con estas especificaciones, problemas de mala compactación o se han contaminado debido a la falta de un adecuado drenaje.

b. Base

La capa Base es la que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por el tránsito de los vehículos y su función principal es la de proporcionar un elemento resistente que transmita estos esfuerzos hacia la sub base y sub rasante en una intensidad adecuada.

Esta capa también debe tener la doble función de drenaje y evitar la ascensión capilar que se explicaron para la capa sub base; Además, debe tener las características de ser friccionante y provisto de vacíos.

La primera característica garantiza una adecuada resistencia y la permanencia de esta con la variación de las condiciones externas que podrían ser perjudiciales, como el contenido de agua; Sin embargo, para garantizar la adecuada resistencia no se consigue solo empleando material friccionante, es necesaria también una compactación adecuada.

Los materiales utilizados para la base suelen someterse a procesos exigentes para su aprobación como lo es la trituración, produciendo efectos favorables para la resistencia y deformabilidad de la estructura a construir, ya que se obtienen partículas con formas convenientes para un reacomodo adecuado; además de esto, se deben llenar otras especificaciones por lo que es necesario tamizar dicho material.

Los espesores de las bases son muy variables y depende de la evaluación por tipo de proyecto, pero suele considerarse que el espesor mínimo que conviene construir es de 12 o 15 centímetros.

c. Capa de rodamiento

La carpeta asfáltica es la superficie del pavimento flexible que proporciona la capa de rodamiento, esta capa se coloca sobre la base y tiene como función proteger a la estructura del pavimento mediante la impermeabilización de la superficie; de esta manera, se evita la filtración del agua proveniente de las lluvias u otros factores externos que podrían saturar las capas inferiores y acelerar el mecanismo de deterioro.

La otra función que ejerce es la de resistencia debido a que la capa de rodadura también contribuye a aumentar la capacidad de soporte del pavimento mediante la absorción de cargas del tránsito si el espesor es considerable.

Gráfico N° 04: Estructura del pavimento flexible

Fuente: Rodriguez, M.C. & Rodriguez, M. J. (2004)

1.1.2.2. Características funcionales

Las diferentes capas que conforman los pavimentos flexibles presentan características funcionales cuando trabajan como un paquete estructural (carpeta de rodamiento, base y sub base) que son las siguientes según Torres (2007):

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito. El pavimento flexible debe estar constituido de manera tal que las cargas, producidas por el tránsito, no provoquen deformaciones de ningún tipo en su estructura, siendo de mucha importancia el espesor que el mismo tenga.
 - Tener la impermeabilidad necesaria. Este pavimento debe ser lo suficientemente impermeable para impedir la infiltración que puede darse por parte del agua, afectando la capacidad soporte del suelo. De esto se concluye que es de mucha importancia la existencia de un drenaje adecuado.
 - Resistir la acción destructora de los vehículos. El pavimento debe ser resistente respecto al desgaste y desprendimiento de partículas que se obtiene como consecuencia del paso de los vehículos.
 - Resistir los agentes atmosféricos. Como un efecto continuo de su presencia, los agentes atmosféricos provocan la meteorización y alteración de los materiales que componen el pavimento, reflejándose este problema, en la vida económica y útil del mismo. Por lo tanto deben procurarse materiales de mayor calidad y resistentes a los agentes físicos y químicos.
 - Poseer una superficie de rodadura adecuada, que permita fluidez y comodidad hacia el tránsito de vehículos. La superficie del pavimento, debe proporcionar un aspecto agradable, seguro y confortable, de manera que el deslizamiento de los vehículos sea óptimo. Esta superficie, que debe ser lisa, también debe ser antideslizante en caso de estar húmeda.
 - Ser flexible para adaptarse a ciertas fallas de la base o sub-base. La flexibilidad del pavimento es muy importante en caso de presentarse asentamiento en alguna de sus capas; pudiendo así adaptarse a las pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas.
- (p.1,2)

1.1.3. Ciclo de vida del pavimento

Las etapas o fases que los pavimentos flexibles afrontan durante su ciclo de vida en función a su comportamiento son según Rodríguez, M.C. & Rodríguez, M. J. (2004):

- Fase de Consolidación:

Esta es la fase inicial en la vida de un pavimento flexible, donde sus diversas capas sufren cierta consolidación, debido a las cargas transmitidas por las ruedas de los vehículos. Es una fase relativamente corta que tiende a estabilizarse rápidamente. Depende de la compactación que reciben las diversas capas durante la construcción y no debe ocurrir si ésta ha sido suficiente.

- Fase Elástica:

Inicia inmediatamente después de la fase anterior y corresponde a la vida útil del pavimento. Si ocurre la fase de consolidación, cada carga provoca una deformación de tipo permanente, que luego tiende a transformarse en deformación transitoria de recuperación instantánea de tipo elástico, provocando cada rueda un movimiento vertical hacia abajo (deflexión), que se recupera después de pasar el vehículo (rebote). Durante la fase elástica no se presentan fallas generalizadas en el pavimento, salvo deformaciones o fallas locales por defectos de materiales, exceso de humedad, etc. En esta fase, las deformaciones elásticas causadas por las cargas, producen esfuerzos de tensión en las capas asfálticas y de compresión en las capas granulares. La vida de un pavimento depende de esta fase, de su duración, lo cual está íntimamente ligado a las deflexiones que pueda sufrir el pavimento. Los estudios de los pavimentos en servicio han demostrado que aquellos que presentan deflexiones reducidas, tienen generalmente una vida larga, aconteciendo lo inverso cuando estas son elevadas.

- Fase de Fatiga:

Es la fase final en la vida de la estructura. Las deflexiones causadas por el constante paso de las ruedas de los vehículos provocan tensiones de tracción en los revestimientos asfálticos, que vienen acumulándose desde la fase elástica hasta que la capa se rompe por fatiga después de cierto número de pasadas, momento a partir del cual comienza un colapso gradual en toda la vía requiriéndose prácticamente una reconstrucción de la misma. La rotura por fatiga se inicia con la aparición de grietas longitudinales las cuales con el paso repetido del tránsito y la penetración de las aguas superficiales al interior del pavimento provocan el colapso de la estructura llegando al pavimento al final de su vida útil. (p. 30-32)

1.1.4. Mecanismos de deterioro

1.1.4.1. Clasificación por formas

La degradación es el progresivo deterioro del pavimento debido a ciertos factores que terminan con el colapso de la estructura, si no se realiza una intervención adecuada y oportuna, las formas de degradaciones se clasifican en función a sus características en 4 grandes grupos según Valeriano (2000):

- **Deformaciones:**

Las deformaciones de un pavimento es cualquier cambio que presente éste con respecto a su forma original.

Estas deformaciones son causadas generalmente por una insuficiencia de la fundación que afectan a toda la estructura de la calzada.

- **Agrietamientos o Fisuras:**

Estas fallas, representativas del fenómeno de fatiga y de una debilidad estructural se desarrollan en estructuras que han sufrido un incremento excesivo en la magnitud y/o frecuencia de las cargas más pesadas con respecto al tránsito proyectado o se le ha sometido a un periodo de servicio mayor que el previsto.

- **Disgregaciones:**

El proceso de degradación de las capas asfálticas que comprende desde peladuras y desintegraciones graduales, que reducen el aporte estructural de la capa de rodamiento hasta desintegraciones totales con la pérdida de fragmentos de la carpeta asfáltica, con la formación de baches por efecto del tránsito. A estos tres grupos cabe agregar otro de menor importancia en el aspecto estructural pero de significativa influencia en el aspecto superficial o bien en la seguridad de los usuarios que es la exudación.

- **Exudaciones:**

La exudación es el afloramiento del asfalto, originadas en la carpeta de rodamiento y debido generalmente a un exceso de material bituminoso en la dosificación de la mezcla, tratamiento o sello bituminoso. Cuando el afloramiento de asfalto es importante y bastante

generalizado, transforma el pavimento en momentos de lluvia o exceso de humedad, en una superficie resbaladiza alta. (p.9,10)

1.1.4.2. Causas de origen

La naturaleza de las causas que dan origen a los tipos de degradación son numerosas y variadas, pudiendo ser del orden cuantitativo, cualitativo o aleatorio, En el Gráfico N°05 se representa las causas más importantes y a continuación se hace una descripción de las mismas que son consideradas por Valeriano (2000):

- **Tránsito:**

Es uno de los factores más importantes ya que la evolución de las deformaciones y fisuras en el pavimento están ligadas a la magnitud de la carga por eje de rueda, duración de la aplicación y el número de repeticiones. El tránsito es un factor de difícil ponderación. El parque automotor se compone de una diversidad de modelos de vehículos, caracterizados por distintos números de ejes de diferente configuración, número, tipo y separación de las llantas, etc.

- **Deficiencia del Proyecto:**

El empleo de métodos de diseño que resultan inadecuados en la actualidad o para el lugar trae consigo un mal dimensionamiento de la estructura del pavimento, incorrecta valoración de las características de los materiales empleados y del terreno de fundación, inadecuada dosificación de las mezclas, deficiente proyecto de la obra básica, no consideración de factores ambientales.

- **Calidad de los Materiales:**

Comienza con un deficiente o en muchos casos ausente estudio de cantera, una deficiente preparación de los materiales con granulometría inadecuada. No hay un adecuado control de calidad de los materiales (agregado, asfalto, agua).

- Deficiencias Durante el Proceso Constructivo:

Espesores menores que los previstos, elaboración inadecuada de las mezclas y estabilizaciones, deficiencias en el proceso de distribución, compactación o terminación, factores todos que traen como consecuencia una disminución de la calidad de los materiales y un debilitamiento estructural rápido de los pavimentos.

- Factores Climáticos:

Factores importantes tales como las variaciones climáticas, que producen las contracciones de las mezclas; las precipitaciones, que originan los aniegos en zonas ningún o deficiente sistema de evacuación, y/o que se infiltran en las fisuras agravando su condición.

- Factores Aleatorios:

Algunos factores que no son manejables cuantitativamente pero que deben de tomarse en cuenta en el diseño son: los aniegos, saturación de la estructura por fugas en las redes de agua y desagüe, y uno muy importante pocas veces considerado como es el aspecto social: aguas negras y desperdicios orgánicos arrojados sobre el pavimento, el cual depende del nivel socio-económico-cultural, predominante en los distritos populares.

- Deficiente Mantenimiento:

Deficiente mantenimiento por escasez de equipo, fondos o personal capacitado, por empleo de materiales y/o técnicas inadecuadas, o bien, por una falta total de conservación. Trabajos de mantenimiento oportunos evitarán que los pavimentos presenten fallas con alto grado de severidad. Esto es posible si se tiene un sistema de evaluación periódico. (p.11-13)

Gráfico N° 05: Causas que originan los deterioros.

Fuente: Valeriano (2000)

1.1.4.3. Consecuencias

Los deterioros que presentan los pavimentos tienen consecuencias directas sobre los vehículos de transporte que circulan por la vía afectada y consecuencias indirectas sobre los usuarios, algunas de las cuales se listan a continuación (Valeriano, 2000):

- Los pavimentos deteriorados generan mayores costos de operación en los vehículos debido a factores como el aumento del consumo de combustible, mayor gastos en mantenimiento, entre otros.
- Las fallas o deterioros obligan a reducir la velocidad y generan demoras en el tiempo de viaje a los usuarios.
- Los deterioros generan Inseguridad debido a que existen mayores probabilidades de producirse accidentes de tránsito.
- Los deterioros generan incomodidad en los usuarios debido a que el vehículo tiende a dar sobresaltos.

- Los pavimentos deteriorados tienen un efecto psicológico en la reacción del conductor para esquivar las fallas.

1.2. Método Pavement Condition Index (PCI)

1.2.1. Definición

El Índice de Condición del Pavimento (por su sigla en inglés Pavement Condition Index - PCI), permite la evaluación de pavimentos flexibles y rígidos, el cual, se desarrolla para obtener el índice de integridad del pavimento y la condición operacional de la superficie, que permita determinar las necesidades de mantenimiento y reparación en función a la condición real del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado, hasta cien (100) para un pavimento en perfectas condiciones, se clasifica según como se muestra en la Tabla N°01.

Tabla N° 01: Rangos de calificación del PCI

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Nota: Fuente: Vásquez (2002)

El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general (ASTM, 2007).

La evaluación del pavimento se realiza por medio de inspecciones visuales a lo largo del tramo en estudio, y se toma en cuenta la clase, severidad y cantidad de fallas presentes en la superficie. Así mismo, el método muestra “valores deducidos” con el fin de identificar el grado incidencia que cada combinación de clase, severidad y cantidad tiene sobre el pavimento.

1.2.2. Materiales e instrumento

Los materiales e instrumentos que se emplean para la inspección son los siguientes:

- Flexómetro de 5 metros, para medir las dimensiones de las fallas menores a 5 metros.
- Cinta métrica de 50 metros, para medir la longitud de las Unidades de Muestra y medir las dimensiones de las fallas extensas.
- Regla de aluminio de 1 metro, para medir los desniveles del pavimento flexible.
- Libreta de campo, para realizar anotaciones de lo observado durante la inspección.
- Cámara fotográfica, para lograr un registro visual de las fallas del tramo en estudio.
- Formato de Registro de datos, consolida información principal de la vía y permite el relevamiento correcto de las fallas en la zona de estudio. Ver Gráfico N°06

METODO DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE VÍA :						UNIDAD DE MUESTRA :					
SECCION DE VÍA:						AREA DE MUESTREO :					
EVALUADORES:						FECHA DE EVALUACIÓN :					
1. Grieta piel de cocodrilo		6. Depresion		11. Parcheo y Acometidas de Servicios		16. Desplazamiento					
2. Exudación		7. Grietas de Borde		12. Pulimientos y Agregados		17. Grietas Parabolicas o por Deslizamiento					
3. Agrietamiento en bloque		8. Grietas de Reflexion de Junta		13. Huecos		18. Hinchamiento					
4. Abultamientos y Hundimientos		9. Desnivel Carril / Berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion		10. Grietas Longitudinal/ Transversal		15. Ahuellamiento							
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
TOTAL VD =											

Gráfico N° 06: Formato de registro de datos.

Fuente: Elaboración propia adaptado del ASTM D6433-07.

1.2.3. Procedimiento de Cálculo

1.2.3.1. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

Unidades de muestreo:

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

Para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En el Tabla N°02 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla N° 02: Rangos de calificación del PCI

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Nota: Fuente: Vásquez (2002)

Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

En la “**Evaluación De Una Red**” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “**Evaluación de un Proyecto**” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del $\text{PCI} \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35). En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse.

Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

- a. El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 2:

$$i = \frac{N}{n} ; \text{ Ecuación 2.}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

- b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i .

Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

Selección de Unidades de Muestreo Adicionales

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

1.2.3.2. Determinar PCI por Unidad de Muestra

Etapas 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

- a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna total del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- b. Divida la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
- c. Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapas 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- a. Si ninguno o tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos **b.** y **c.**

- b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) ; \text{ Ecuación 3.}$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .

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

- d. El número de valores individuales deducidos se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etap 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- a. Determine el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0.
- b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- c. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas **a.** a **c.** hasta que q sea igual a 1.
- e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etap 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

1.2.3.3. Determinar PCI de la Sección

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_S = \frac{[(N-A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} ; \text{ Ecuación 4.}$$

Donde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

1.2.4. Tipos de fallas

El Método PCI (Pavement Condition Index) considera 19 clases de fallas más comunes en el deterioro progresivo del pavimento flexible, las cuales, son agrupadas en 4 categorías:

1. Fisuras y Grietas

- Piel de Cocodrilo
- Agrietamiento en bloque
- Grieta de Borde
- Grieta de Reflexión de Junta
- Grietas Longitudinales y transversales
- Cruce de vía férrea
- Grietas parabólicas

2. Deformaciones superficiales

- Abultamientos y Hundimientos
- Corrugación
- Depresión
- Ahuellamiento

- Desplazamiento
- Hinchamiento

3. Desprendimientos

- Huecos
- Desprendimiento de Agregados

4. Otras fallas

- Exudación
- Pulimento de Agregados
- Desnivel Carril / Berma
- Parcheo y acometidas

Gráfico N° 07: Resumen de fallas en pavimentos flexibles

Fuente: Rodríguez (2009)

A continuación, se presentará una breve descripción de las fallas y se explicará las razones del cómo se generan y la forma de identificarlas según Vásquez (2002);

1. Piel de Cocodrilo

Es 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. Esta 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 malla de gallinero o a la piel de cocodrilo.

Este tipo de falla ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. 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.

Medida

Se mide el área afectada (ft^2 o m^2). La dificultad en la medida de este tipo de daño está en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

Opciones de reparación

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

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

H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción

Gráfico N° 08: De izquierda a derecha, falla piel de cocodrilo de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

2. Exudación

Es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, que forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. Esta falla 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: Exudación de grado muy ligero y es detectable durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

M: 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 el área afectada (ft^2 o m^2). 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).

Gráfico N° 09: De izquierda a derecha, falla por exudación de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

3. Agrietamiento en bloque

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 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. Ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito a diferencia de la piel de cocodrilo que es originada por cargas repetidas de tránsito. Las grietas en bloque difieren de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos.

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 el área afectada (ft^2 o m^2). Si se presenta varios tipos de Severidad en una sección de pavimento deberán 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.

Gráfico N° 10: De izquierda a derecha, falla por agrietamiento en bloque de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

4. Abultamientos y Hundimientos

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos que son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos 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.

Gráfico N° 11: De izquierda a derecha, falla por abultamientos y hundimientos de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

5. Corrugación

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 el área afectada (ft^2 o m^2).

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Gráfico N° 12: De izquierda a derecha, falla por corrugación de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

6. Depresión

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. 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 el área afectada (ft^2 o m^2).

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo.

Gráfico N° 13: De izquierda a derecha, falla por depresión de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

7. Grieta de Borde

Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60m 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

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.

Gráfico N° 14: De izquierda a derecha, falla por grietas de borde de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

8. Grieta de Reflexión de Junta

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, 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.

Gráfico N° 15: De izquierda a derecha, falla por grieta de reflexión de junta de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

9. 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 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.

Gráfico N° 16: De izquierda a derecha, falla por desnivel carril-berma de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002).

10. Grietas Longitudinales y transversales

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

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.

Gráfico N° 17: De izquierda a derecha, grietas longitudinales / transversales de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

11. Parcheo y acometidas

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 solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; 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.

Gráfico N° 18: De izquierda a derecha, parches y acometidas de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

12. Pulimento de Agregados

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

Gráfico N° 19: Pulimiento de agregados

Fuente: Vásquez (2002)

13. Huecos

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 Tabla N°03. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Tabla N° 03: Niveles de severidad para huecos

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

Nota: Fuente: Vásquez (2002)

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.

Gráfico N° 20: De izquierda a derecha, falla por huecos de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

14. Cruce de vía férrea

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 (o 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.

Gráfico N° 21: De izquierda a derecha, falla en cruce de vía férrea de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

15. Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

Niveles de severidad

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

Medida

El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.

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

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

Gráfico N° 22: De izquierda a derecha, falla por ahuellamiento de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

16. Desplazamiento

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Pórtland se incrementa causando el desplazamiento.

Niveles de severidad

L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

Los desplazamientos se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

H: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

Gráfico N° 23: De izquierda a derecha, falla por desplazamiento de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002)

17. Grietas parabólicas

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.

Gráfico N° 24: De izquierda a derecha, falla por grietas parabólicas, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002).

18. Hinchamiento

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

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 (o metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Gráfico N° 25: El nivel de severidad en Hinchamiento

Fuente: Vásquez (2002)

19. Desprendimiento de Agregados

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.

Gráfico N° 26: De izquierda a derecha, falla por desprendimiento de agregados de baja, media y alta severidad

Fuente: Vásquez (2002).

1.3. Mantenimiento y rehabilitación

1.3.1. Mantenimiento en el proceso de deterioro

Los pavimentos forman parte de la infraestructura vial que, debido a su importancia funcional, deberían ofrecer un transporte cómodo, seguro y económico a los usuarios que transitan por ellos; Sin embargo, este tipo de estructuras son planteadas desde su concepción para tener un periodo de vida finito, es decir que durante este periodo de vida se iniciará un proceso de deterioro gradual que terminará con la manifestación de un conjunto de fallas en el pavimento, este tipo de comportamiento afectará la calidad del rodaje, incrementará los costos a los usuarios y los costos de mantenimiento a las entidades responsables (Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Según Jugo (2005) “los pavimentos son probablemente la única estructura de ingeniería que se diseña para que falle dentro de un periodo específico de tiempo” (p. 2). Es por ello, la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento y rehabilitación desde la primera etapa del pavimento y tratar de reducir el impacto que generan los mecanismos de deterioro.

En el Gráfico N°27 se muestra la curva de deterioro versus tiempo que desarrollan los pavimentos típicamente, dependiendo de los factores involucrados en el mecanismo de deterioro.

Gráfico N° 27: Curva deterioro vs tiempo en pavimentos

Fuente: Jugo (2005)

Las ordenadas que presenta la curva de deterioro se identifican como valores de la condición del pavimento, establecido en función a los valores cuantitativos y cualitativos que define el

método PCI; Adicionalmente, se distinguen tres puntos importantes dentro de la curva que explica Jugo (2005):

- Punto A: El pavimento comienza a mostrar síntomas menores de deterioro que requieren el inicio de labores de mantenimiento rutinario menor (sellado de grietas, reparación de huecos y bacheo menor). Las acciones menores correctivas son importantes para controlar el deterioro.
- Punto B: La rata de deterioro comienza a crecer rápidamente, puede requerirse algún tipo de acción mayor. Este punto está dentro de la zona denominada "óptima de rehabilitación", en la que inversiones relativamente pequeñas producen grandes beneficios. La estructura del pavimento y su calidad de rodaje no se han deteriorado severamente, el pavimento aún conserva buena parte de su resistencia original, y una adecuada acción de rehabilitación mejorará considerablemente su condición y estructura.
- Punto C: La condición del pavimento ha caído en un estado crítico, tanto desde el punto de vista funcional como estructural. En este punto, normalmente, se requieren costosos trabajos de mantenimiento mayor, rehabilitación o reconstrucción. (p.3)

Se pueden considerar a estos tres puntos muy útiles para establecer un plan de mantenimiento y rehabilitación que sea adecuado y efectivo; Siendo el punto A considerado para los pavimentos con valores de PCI entre 71 y 79, el punto B para valores del PCI entre 48 y 62, el punto C para valores 34 y 46.

Respecto a la importancia del punto B se indica que es determinante para definir las intervenciones requeridas, según explica Jugo (2005):

La ubicación de este punto, dentro de la denominada zona óptima de rehabilitación es función del tipo de vía y de la relación tráfico-estructura. Las curvas de deterioro (...) muestran un rápido incremento del deterioro entre los puntos B y C, la calidad de rodaje cae de un nivel aceptable (B) aun un corto periodo de tiempo, comparado con la vida total de pavimento. Por otra parte, es generalmente aceptado que la rehabilitación –a su condición de pavimento nuevo– costará de 3 a 5 veces más si se ejecuta cuando su condición cae por debajo de C, que si se hace entre B y C. Esto significa que un corto periodo de tiempo induce un significativo incremento de costo. El incremento en la rata de deterioro, se explica por el efecto del tráfico y los agentes atmosféricos sobre un pavimento envejecido y debilitado. La superficie desarrolla grietas que

permiten la infiltración de agua, la cual reduce la capacidad de soporte de la subrasante y bases granulares, disminuyendo la resistencia integral de la estructura, por lo que el tráfico induce deflexiones mayores que aceleran el daño, permitiendo más infiltración de agua, y así sucesivamente. Este proceso explica la importancia de ejecutar acciones de mantenimiento menor correctivo tan pronto como comiencen a aparecer fallas. (p.5)

1.3.2. Tipo de Mantenimientos

Los trabajos de mantenimiento se pueden agrupar en dos categorías según el objetivo que buscan; Por un lado se define el mantenimiento preventivo que incluye a todas las actividades que buscan proteger al pavimento y con ello reducir la progresiva degradación de las fallas; Por otro lado se define al mantenimiento correctivo que se refiere a las actividades para corregir las fallas específicas o áreas con fallas existentes en el pavimento.

Según Jugo (2005), Los trabajos de mantenimientos son del tipo menor y mayor, la diferencia entre ellos es debido al alcance que tengan; Además, ambos tipos de mantenimiento pueden sub dividirse en las dos categorías definidas como preventivas y correctivas; El mantenimiento menor incluye trabajos que se aplican en áreas específicas del pavimento para reparar fallas localizadas, con ello, se consigue mejorar la condición operacional del pavimento y controlar el progresivo deterioro; El mantenimiento del tipo mayor considera actividades que se aplican a toda el área de un tramo, pudiendo tener que realizarse trabajos del tipo menor previamente.

En el Gráfico N°28 se correlacionan los tipos de mantenimiento en función al valor cuantitativo y cualitativo que establece el método PCI.

ZONA DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION	PCI		ESCALA
Menor	100		Excelente
	85		Muy bueno
Menor (Rutinario) Mayor (efectivo)	70		Bueno
	55		Regular
Mayor (correctivo)	40		Pobre
Mayor (correctivo) Reconstrucción	25		Muy pobre
	10		Malo

Gráfico N° 28: Zonas de mantenimiento según valor PCI

Fuente: Jugo (2005)

Para establecer la diferencia entre los tipos de mantenimiento, Jugo (2005) indica: “Con la finalidad de hacer una diferenciación entre acciones de mantenimiento menor y mayor (...) se definen como acciones de mantenimiento menor aquellas que se aplican en áreas inferiores a 300 m²” (p.17)

Se establecen como actividades de mantenimiento menor a los siguientes trabajos:

- Sellado de grietas
- Sellado Superficial
- Bacheo Superficial
- Bacheo Profundo

Se establecen como actividades de mantenimiento mayor a los siguientes trabajos:

- Tratamientos superficiales
- Capas asfálticas
- Remoción por fresado
- Reciclado

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de estudio

Justificación e Importancia de la vía

El tramo de estudio se ubica en la Av. Javier Prado, la cual, forma parte de una de las avenidas principales de la ciudad de Lima siendo considerada una vía importante que conecta de Oeste a Este a los distritos de Magdalena del Mar, San Isidro, Lince, La Victoria, San Borja, Surco, Ate y La Molina a lo largo de 135 cuadras; por la cual, transitan los diversos tipos de vehículos, entre ellos, particulares y de transporte público.

La presente investigación se justifica en la necesidad conocer el estado actual del pavimento flexible del tramo en estudio; puesto que, a simple vista, presenta fallas en la carpeta asfáltica, lo cual, genera incomodidad de los usuarios al paso de los vehículos de Transporte Público; siendo importante conocer las patologías del pavimento y evaluar su estado para plantear posibles alternativas de intervención que mejoren la condición operacional de la vía.

Ubicación Geográfica

El tramo de estudio delimitado comprende desde la Av. Los frutales hasta la Av. La Molina, a lo largo de la Av. Javier Prado (Ver Gráfico N°29). Este perteneciente al Distrito de la Molina, para la cual, sólo se analizará el carril segregado de uso exclusivo del Corredor de Transporte Público, que tiene por nombre Corredor Javier Prado.

Gráfico N° 29: Tramo de Estudio Av. Javier Prado Este

Fuente: Google maps

Características del Tramo de Estudio

El carril segregado en estudio es el cuarto carril de una ampliación en sentido de Oeste a Este de la Av. Javier Prado que se realizó hace dos años, la cual, se amplió de 3 a 4 carriles, siendo el nuevo carril para uso exclusivo del corredor Javier Prado que va en sentido de contraflujo (de Este a Oeste).

El siguiente Gráfico N°30 muestra el Sentido del tránsito de Oeste a Este; las flechas de color rojo indican el sentido del flujo del Carril Segregado en estudio y las flechas de color azul indican el sentido del flujo de la vía de Oeste a Este.

Gráfico N° 30: Sentido del tránsito

Fuente: Elaboración propia

Desde que se puso en funcionamiento el carril segregado, se ha mantenido con la división de barreras viales tipo New Jersey y conos de señalización vial como separadores, los cuales, son altamente inseguros y generan altas probabilidades de que ocurran accidentes de tránsito.

Gráfico N° 31: Carril segregado de la Av. Javier Prado

Fuente: Elaboración propia

Al recorrer el tramo de estudio, se pudo evidenciar que el pavimento presenta deterioros considerables en la superficie, así mismo, se pudo identificar que presenta sectores con pavimento antiguo (no se puede determinar la edad del pavimento) y pavimento nuevo (edad del pavimento aproximadamente dos años), que hasta la fecha, no se ha realizado ningún tipo de reparación y/o mantenimiento, lo cual, es preocupante por tratarse de un Tramo de Corredor de una vía principal.

En las Gráficas N°32,33 y 34 se muestran las vistas inicial, final e intermedia del tramo en estudio

Gráfico N° 32: Pavimento antiguo y Pavimento Nuevo presente en el Carril Segregado
(Sentido Este-Oeste)

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 33: Pavimento antiguo y Pavimento Nuevo presente en el Carril Segregado
(Sentido Oeste- Este)

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 34: Pavimento antiguo y Pavimento Nuevo presente en el Carril Segregado (giro en U ubicado en la mitad del tramo)

Fuente: Elaboración propia

2.2. Material

2.2.1. Población

La población utilizada en el presente proyecto es el carril segregado del corredor Javier Prado ubicado entre la Avenidas Los Frutales y la Avenida la molina, el cual consta de 828 m de largo y 3.5 m de ancho.

2.2.2. Muestra

Para aplicar el método PCI primero se requiere dividir el tramo de estudio en Unidades de Muestra; las cuales, deben cumplir con lo siguiente, para carreteras con capa asfáltica y ancho menor que 7.30 m, el área debe estar en el Rango de $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$.

Gráfico N° 35: Indica el sentido en el que se tomaron las Unidades de Muestra

Fuente: Adaptado de Google Earth

La vía en estudio tiene un ancho de 3.5m, para lo cual, se ha dividido la vía en 18 unidades de muestra con longitudes de 46 m cada una, obteniendo un área de 161 m² por Unidad de Muestra, que ingresa dentro de la Tabla N°02 Rango de Unidades de Muestra mencionada.

Gráfico N° 36: Sectorización por Unidad de Muestra

Fuente: Adaptado de Google Maps

Asimismo, para el análisis, cada unidad se delimitará por una progresiva de inicio y una progresiva final.

En este caso se analizarán todas las unidades de muestra definidas, puesto que, se busca obtener una mejor evaluación de la condición actual del pavimento, por ello, para la zona de estudio se realizará el levantamiento de fallas en las 18 unidades de muestra, siendo no necesario aplicar la fórmula de Determinación de las unidades de Muestreo para Evaluación (ver Ecuación N°01) y tampoco la selección de unidades de muestreo para Inspección (ver Ecuación N° 02).

2.3. Método

2.3.1. Nivel de Investigación

El enfoque del estudio adopta un nivel de investigación descriptiva, puesto que, describe el proceso de identificación de fallas recurrentes en las carpetas asfálticas según sus características, para luego clasificarlas mediante el Método PCI según su severidad y determinar la condición actual en la que se encuentra el pavimento.

2.3.2. Diseño de Investigación

Se opta por el Diseño de Investigación de Campo, puesto que, se recopila datos en la ubicación del proyecto utilizando la herramienta visual para identificar las fallas sin manipular la zona de estudio.

Según Palella y Martins (2010), La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (p.88)

2.3.3. Variables de estudio y operacionalización

En la presente investigación, se ha identificado sólo una Variable, la cual, es “Alternativas de Intervención” siendo ésta una variable cualitativa, puesto que, no puede ser medida sino descrita.

Tabla N° 04: Operacionalización de variable

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
Alternativas de intervención	Método Pavement Condition Index (PCI)	- Identificar las fallas del pavimento in situ	- Clase - Severidad - Extensión	- Formato físico de Registro - Observación directa - Catálogo de Referencias
		- Determinar el índice de condición del pavimento.	- Valor deducido. - Máximo Valor deducido corregido (CDV) - PCI	- Información visual (Tablas)
		- Determinar la condición actual del pavimento flexible.	- Rangos de Calificación PCI	- Información visual (Tablas)
	Mantenimiento y Rehabilitación del pavimento	- Clasificar el tipo de Mantenimiento y Rehabilitación a efectuar.	- Menor (Localizado) - Mayor (Toda el área)	- Documento Teórico
		- Acciones de Mantenimiento y Rehabilitación a efectuar.	- Acciones Mantenimiento Menor: a. Sellado de grietas b. Sellado superficial c. Bacheo superficial d. Bacheo profundo	- Documento Teórico
			- Acciones Mantenimiento Mayor: a. Tratamientos superficiales b. Capas asfálticas c. Remoción por fresado d. Reciclado	- Catálogo de Referencias

Nota: Fuente: Elaboración Propia

2.3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de la investigación se utilizó la técnica de observación, que permitió la identificación y selección del tramo de estudio, puesto que, presenta deficiencias en la carpeta asfáltica.

Así mismo, el método PCI se basa en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento, por ello, las fallas se clasifican según su tipo, severidad y cantidad, se obtiene como resultado un índice estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie, lo cual, es fundamental para plantear las alternativas de intervención en la vía y mejorar su condición actual.

Así mismo, como instrumento para aplicar el método PCI, se utiliza un formato de recolección de datos que consolida información principal de la vía y permite el relevamiento correcto de las fallas en la zona de estudio.

2.3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos

La técnica de procesamiento para la obtención de los datos e indicadores según el Método PCI se realizó a través del siguiente proceso:

- **En Campo:** Se rellena el formato de recolección de datos en la zona de estudio según el Método PCI, mediante el siguiente proceso, primero se ubica las fallas a lo largo de tramo, luego, se clasifican según su tipo, severidad y cantidad, para finalmente obtener el total de las fallas presentes en cada unidad de muestra.

METODO DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)										
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
HOJA DE REGISTRO							<p style="text-align: center;">46 m</p> <p style="position: absolute; left: -100px; top: 50%; transform: translateY(-50%);">3.5 m</p>			
NOMBRE DE VÍA :	CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO	UNIDAD DE MUESTRA :	UM-01							
SECCION DE VÍA:	AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES	AREA DE MUESTREO :	161							
EVALUADORES:	Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez		FECHA DE EVALUACIÓN :	20/05/2018						
1. Grieta piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugacion	6. Depresion 7. Grietas de Borde 8. Grietas de Reflexion de Junta 9. Desnivel Carril / Berma 10. Grietas Longitudinal/ Transversal	11. Parcheo y Acometidas de Servicios 12. Pulmientos y Agregados 13. Huecos 14. Cruce de Via Ferrea 15. Ahuellamiento	16. Desplazamiento 17. Grietas Parabolicas o por Deslizamiento 18. Hinchamiento 19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados							
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
10	L	0.5	0.7	0.7	0.6			2.5		
19	H	3.3	5.6					8.9		
13	L	1.0	1.0	1.0	1.0			4.0		
13	M	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	6.0		
19	M	4.9						4.9		
								TOTAL VD =		0

Gráfico N° 37: Hoja de registro de los datos en Campo de la Unidad de Muestra 01

Fuente: Elaboración propia.

- En Gabinete: Para cada unidad de muestra, se determina la condición del pavimento según el siguiente proceso:

UNIDAD DE MUESTRA: UM-01

La unidad de muestra UM-01 es el inicio del Tramo en Estudio, la cual, tiene un largo de 46 m y un ancho de carril de 3.5 m.

Las fallas encontradas con nivel de severidad Low (Bajo) fueron: Grietas Longitudinales / Transversales y Huecos; las fallas encontradas con nivel de severidad Medium (Medio) fueron: Huecos y Meteorización / Desprendimiento de agregados; y las fallas encontradas con nivel de severidad High (Alto) fueron: Huecos y Meteorización / Desprendimiento de agregados.

Una vez determinadas las fallas presentes en la UM-01, se calcula la densidad de cada tipo de falla, la cual resulta de la división del metrado total del tipo de falla entre el área total de cada unidad de muestra.

Por ejemplo, para la falla Grietas Longitudinales / Transversales y nivel de severidad Low, 10L, con un total de 2.5 ml en la muestra, la densidad se calculó de la siguiente forma:

$$Densidad (\%) = \frac{2.5}{161} \times 100\% = 1.6\%$$

Luego, con los valores obtenidos de densidad, se obtuvieron los valores deducidos de cada combinación de falla, según las curvas correspondientes a Pavimento Flexible presentes en el Manual Pavement Condition Index (PCI). Por ejemplo, para la combinación 10L, se ingresó a la curva de Valores Deducidos del Gráfico N°38 con los valores obtenidos de densidad (1.6%) y nivel de Severidad L se consiguió el Valor Deducido de 0.1.

Luego se ordena de mayor a menor los Valores Deducidos 58, 31.8, 31, 11.5, 0.1.

Siguiendo con la aplicación del método, es necesario calcular el número máximo admisible de valores deducidos, m , utilizando la Ecuación 03.

Para esta unidad de muestra, HDV es 58 (número mayor de los Valores deducidos) y se reemplaza dentro de la ecuación y como resultado el número máximo admisible de valores deducidos es, $m= 4.86$, como se muestra a continuación:

$$m = 1 + \frac{9}{8}(100 - 58) = 4.86$$

Es así como, el número de valores deducidos individuales se reduce al máximo admisible de valores deducidos m , e incluso su parte fraccionaria. Es decir, se tomaron los 4 mayores valores deducidos individuales más el 86% del quinto (0.86×0.1), **como este último resulta menor a dos no se considera para el análisis.**

58, 31.8, 31, 11.5

El orden de los valores considerados de izquierda a derecha indica cuales son las fallas que afectan más y menos al pavimento, siendo la falla de huecos con severidad media la más influyente en el deterioro de la unidad de muestra analizada; así mismo, la falla que menos afecta al pavimento es la grieta piel de cocodrilo que se encontró en poca cantidad. Por consiguiente, se determinó el máximo valor deducido corregido “CDV” de forma iterativa, como se muestra a continuación:

- Se Determina el valor deducido total mediante la suma de los valores deducidos individuales:
- $58+31.8+31+11.5=132.3$
- Se determina q como el número de valores deducidos mayores a 2; para este caso, $q=4$.
- Se Reduce a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y se repite el procedimiento hasta que q sea igual a 1.
- Se determina el valor deducido corregido “CDV” a partir del valor deducido total y el valor de q , utilizando la curva de corrección para pavimentos de Asfalto del Gráfico N°40.

Gráfico N° 40: Curva de corrección de valores deducidos

Fuente: Vásquez (2002)

En el siguiente Gráfico N°41 se muestra cómo se obtiene el máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 01, donde el máximo CDV es 74.

Nº	VALORES DEDUCIDOS VD					TOTAL	q	CDV
1	58.0	31.8	31.0	11.5		132.3	4	74
2	58.0	31.8	31.0	2.0		122.8	3	74
3	58.0	31.8	2.0	2.0		93.8	2	67
4	58.0	2.0	2.0	2.0		64.0	1	64
						MAX CDV =		74

Gráfico N° 41: Cálculo del máximo valor deducido corregido para la Unidad de Muestra 01

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se realizó el cálculo del índice de condición del pavimento PCI de la unidad de muestra para determinar la condición actual que presenta el pavimento, el cual, se obtuvo de la resta 100 con el máximo CDV:

$$PCI = 100 - 74 = 26$$

Según la Tabla N°01 de rangos de calificación del PCI, el valor obtenido 26 equivale a un pavimento de MALA condición.

Para todas las unidades de muestra, el cálculo del PCI se realizó de la misma forma.

Para el análisis de datos, se utilizarán gráficas y cuadros que correlacionen los resultados obtenidos con sus cantidades y porcentajes; asimismo, se mostrará en una el capítulo de resultados la Tabla de resumen final que utilizarán para determinar las alternativas de intervención propuestas según los tipos de fallas encontradas en el estudio.

3. RESULTADOS

En este capítulo se realiza la presentación de los resultados obtenidos a partir de la aplicación del método PCI y se muestran las alternativas de intervención propuestas para mejorar las condiciones de servicio que actualmente brinda el tramo de vía perteneciente al carril segregado del corredor Javier Prado.

Los resultados obtenidos se muestran siguiendo una secuencia ordenada acorde con los objetivos planteados. En primer lugar, se realiza la identificación de todas las fallas existentes y luego, mediante el uso de gráficos y tablas, se analizan las fallas con mayor incidencia en función a su severidad y ubicación respectiva. En segundo lugar, se presentan los valores calculados del PCI tanto para las diferentes unidades de muestra analizadas como para toda la sección del tramo en estudio. En tercer lugar, se presenta una matriz consolidada con las alternativas de intervención propuestas en función a las fallas incidentes que se identificaron anteriormente, al valor del PCI que está asociada con el tipo de intervención requerido para mejorar la condición de la vía; Por último, también se consideró el criterio de las posibles causas que dieron origen a las diferentes fallas en análisis para poder plantear soluciones globales.

3.1. Evaluación de las fallas en el tramo de estudio

3.1.1. Fallas Existentes

El método PCI define en total 19 tipos de fallas para el análisis, según lo explicado en el capítulo 1; En la Tabla N°05, se muestran las cantidades registradas por unidad de medida según el tipo de falla encontrada y en el Gráfico N°42 se representan las frecuencias o número de veces encontradas para los diferentes tipos de fallas. Cabe mencionar que estos valores representan el total registrado a lo largo de los 828 metros que tiene el pavimento en estudio.

Tabla N° 05: Cantidad por tipo de falla existente

N°	TIPO DE FALLA	UNIDAD	CANTIDAD
1	Grieta piel de cocodrilo	m2	84.9
2	Exudación	m2	0
3	Agrietamiento en bloque	m2	10.5
4	Abultamientos y Hundimientos	m	0
5	Corrugacion	m2	0
6	Depresion	m2	21.2
7	Grietas de Borde	m	0
8	Grietas de Reflexion de Junta	m	0
9	Desnivel Carril / Berma	m	0
10	Grietas Longitudinal/ Transversal	m	46.9
11	Parcheo y Acometidas de Servicios	m2	0
12	Pulimientos y Agregados	m2	0
13	Huecos	und	20.0
14	Cruce de Via Ferrea	m2	0
15	Ahuellamiento	m2	104.5
16	Desplazamiento	m2	72.5
17	Grietas Parabolicas	m2	0
18	Hinchamiento	m2	0
19	Desprendimiento de agregados	m2	34.8

Nota: Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 42: Frecuencia por tipo de falla existente

Fuente: Elaboración propia

La cantidad que presenta cada tipo de falla se registra en función a la unidad de medida que indica el método PCI, pudiendo contabilizarse por unidades (und), metros cuadrados (m2) y metros lineales (m).

Los resultados muestran que el tramo en estudio presenta solo ocho tipos de fallas existentes del total de diecinueve que plantea el método utilizado, quedando once tipos sin haber sido identificadas ni registradas para el tramo de vía.

3.1.2. Fallas Incidentes

Debido a que el total de fallas existentes se clasifican en solo 8 tipos y considerando que la propuesta de intervención, presentada posteriormente en subcapítulo 3.3, debe realizarse en función a cada falla; se decidió considerar a los 8 tipos de fallas existentes como fallas incidentes. En el Gráfico N°43, se representa la distribución de las fallas incidentes consideradas en función al porcentaje que representa cada una.

Gráfico N° 43: Distribución de las fallas incidentes

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.1. Ubicación de las fallas incidentes

En el subcapítulo anterior se definieron a todas las fallas incidentes que se deben considerar. En el Gráfico N° 44 se representa la existencia o no existencia por tipo de falla incidente para cada una de las unidades de muestra que componen la extensión del tramo en estudio.

Gráfico N° 44: Ubicación de las fallas incidentes

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.2. Severidad de las fallas incidentes

La aplicación del método PCI incluye la clasificación de las fallas según su tipo y la severidad que estas presenten cuando se realiza la inspección del pavimento; Como se explicó en el capítulo 1, las clases de severidad pueden ser baja (L), media (M) y alta (H) el criterio de evaluación varía según el tipo de falla en análisis.

En la tabla N°06 se muestran los resultados obtenidos para las fallas incidentes que presenta el pavimento en estudio.

Tabla N° 06: Severidad en fallas incidentes

N°	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		
		L	M	H
1	Grieta piel de cocodrilo	16	5	-
2	Agrietamiento en bloque	1	1	-
3	Depresion	-	6	1
4	Grietas Longitudinal/ Transversal	10	9	-
5	Huecos	7	8	3
6	Ahuellamiento	7	6	2
7	Desplazamiento	9	5	1
8	Desprendimiento de agregados	2	5	3

Fuente: Elaboración propia

3.2. Evaluación del PCI en el tramo de estudio

3.2.1. Valor del PCI por Unidad de Muestra

Teniendo definidos los parámetros necesarios para la evaluación como son el tipo de falla, cantidad, severidad, densidad, valor deducido entre otros que se explicaron en el capítulo 1, se realizó la aplicación del método PCI a las 18 unidades de muestra para conocer sus valores y la condición o estado en el que se encuentran. En el Anexo A se presentan los resultados de la aplicación del PCI para cada unidad de muestra y en la Tabla N°07, junto con el Gráfico N°45 se muestran el consolidado de los resultados.

Tabla N° 07: Resultados del PCI por unidad de muestra

UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVAS		VALOR DEL PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FINAL		
UM-01	Km 00+00	Km 00+46	26	MALO
UM-02	Km 00+46	Km 00+92	57	BUENO
UM-03	Km 00+92	Km 00+138	15	MUY MALO
UM-04	Km 00+138	Km 00+184	82	MUY BUENO
UM-05	Km 00+184	Km 00+230	100	EXCELENTE
UM-06	Km 00+230	Km 00+276	74	MUY BUENO
UM-07	Km 00+276	Km 00+322	100	EXCELENTE
UM-08	Km 00+322	Km 00+368	77	MUY BUENO
UM-09	Km 00+368	Km 00+414	100	EXCELENTE
UM-10	Km 00+414	Km 00+460	68	BUENO
UM-11	Km 00+460	Km 00+506	27	MALO
UM-12	Km 00+506	Km 00+552	15	MUY MALO
UM-13	Km 00+552	Km 00+598	60	BUENO
UM-14	Km 00+598	Km 00+644	70	MUY BUENO
UM-15	Km 00+644	Km 00+690	40	REGULAR
UM-16	Km 00+690	Km 00+736	50	REGULAR
UM-17	Km 00+736	Km 00+782	14	MUY MALO
UM-18	Km 00+782	Km 00+828	56	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 45: Valores del PCI por unidad de muestra

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Valor del PCI de la sección

En la Tabla N°08 se muestran los resultados de valor y condición operacional de toda la sección en estudio, esta evaluación del PCI se realiza a partir de los resultados obtenidos en cada Unidad de Muestra y según la Ecuación 04 presentada en el capítulo del Marco Teórico.

Tabla N° 08: Resultado del PCI en la sección

UNIDAD DE MUESTRA	AREA DE MUESTRA	VALOR PCI MUESTRA	PRODUCTO	VALOR PCI SECCIÓN	CONDICIÓN
UM-01	161	26	4,186	57	BUENO
UM-02	161	57	9,177		
UM-03	161	15	2,415		
UM-04	161	82	13,202		
UM-05	161	100	16,100		
UM-06	161	74	11,914		
UM-07	161	100	16,100		
UM-08	161	77	12,397		
UM-09	161	100	16,100		
UM-10	161	68	10,948		
UM-11	161	27	4,347		
UM-12	161	15	2,415		
UM-13	161	60	9,660		
UM-14	161	70	11,270		
UM-15	161	40	6,440		
UM-16	161	50	8,050		
UM-17	161	14	2,254		
UM-18	161	56	9,016		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 46: Distribución del PCI en toda la sección

Fuente: Elaboración propia

3.3. Propuesta de Intervención

En el capítulo del Marco Teórico se presenta el Gráfico N°27 que muestra la curva de deterioro del pavimento en función al tiempo de servicio y los valores del PCI, dentro de la curva se establecían 3 puntos importantes (A, B y C) siendo B el punto ubicado en el rango de PCI con valores entre 48- 62 y definido como la “zona óptima para rehabilitación” debido a que a partir de este punto se inicia el incremento acelerado del deterioro.

La aplicación del método PCI al tramo de 828 metros que tiene el carril segregado del corredor Javier Prado, sirvió para obtener el valor cuantitativo de la condición operacional que equivale a 57, este valor permite identificar que la vía en estudio se encuentra dentro del Punto B en la curva de deterioro y es necesario plantear con urgencia políticas efectivas de intervención para evitar que el deterioro se incremente y, por el contrario, mejorar la condición del estado actual hasta un nivel adecuado.

Según el Gráfico N°28, debido al valor del PCI calculado para la vía en estudio se debe realizar mantenimientos del tipo menor y/o mayor, considerando que el mantenimiento menor incluye acciones que se aplican a pequeñas áreas localizadas del pavimento que no excedan los 300 m² (Jugo, 2005) y el mantenimiento mayor incluye trabajos que se aplican a toda el área de un tramo o al menos una sección importante de la vía.

Teniendo en cuenta que las diferentes fallas identificadas en la vía no presentan cantidades mayores a los 300 m², como se detalla en la Tabla N° 05, se dispone que las alternativas de intervención se realicen con mantenimientos del tipo menor que contempla trabajos de intervención en las áreas localizadas de las fallas con técnicas de mantenimiento como sellado superficial, sellado de grietas, bacheo superficial y bacheo profundo.

3.3.1. Matriz de intervención

En la Tabla N°09 se muestra la matriz con las alternativas de intervención propuestas en función a cada tipo y severidad de falla incidente encontrado en la vía; además se considera necesario agrega el criterio de las principales causas que originan los deterioros, de manera que las intervenciones de mantenimiento planteadas respondan a una solución en conjunto aplicable a la realidad de la vía estudio.

Tabla N° 09: Matriz consolidada de alternativas de intervención

N°	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DE DETERIORO	SEVERIDAD	INTERVENCIONES	OBSERVACIONES	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
1	GRIETAS PIEL DE CROCODILO	DETERIOROS CAUSADOS POR LA FATIGA DE LA CARPETA ASFÁLTICA DEL PAVIMENTO ANTIGUO DEBIDO A LA ACCIÓN REPETIDA DE LAS CARGAS DE TRÁNSITO, ESTOS SE MANIFIESTAN MEDIANTE GRIETAS INTERCONECTADAS EN FORMA DE POLÍGONOS IRREGULARES	BAJA	SELLADO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
			MEDIA	BACHEO PROFUNDO	-	
		DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCIÓN DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL AHUELLAMIENTO, DESPLAZAMIENTO O DEPRESIÓN	BAJA / MEDIA	-	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
2	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	DETERIOROS CAUSADOS EN EL PAVIMENTO ANTIGUO POR LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO ASFÁLTICO ENDURECIDO DEBIDO A LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA, ESTOS SE MANIFIESTAN COMO FISURAS INTERCONECTADAS QUE DIVIDEN EL PAVIMENTO EN BLOQUES RECTANGULARES	BAJA	SELLADO DE GRIETAS	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
			MEDIA	BACHEO PROFUNDO	-	
3	DEPRESIÓN	DETERIOROS CAUSADOS POR EL ASENTAMIENTO DE LAS CAPAS INFERIORES DEL PAVIMENTO DEBIDO A LA FILTRACIÓN DE AGUA POR FALTA DE SELLADO EN LAS JUNTAS DE LOS SARDINELES CONTIGUOS, CONSIDERANDO LAS CARGAS DEL TRÁNSITO SE PRODUCEN ÁREAS CON NIVELES INFERIORES	MEDIA	BACHEO PROFUNDO	REALIZAR MANTENIMIENTO DE SARDINELES CONTIGUOS (SELLADO DE JUNTAS)
			ALTA			

N°	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DE DETERIORO	SEVERIDAD	INTERVENCIONES	OBSERVACIONES	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
4	GRIETAS LONGITUDINAL/ TRANSVERSAL	DETERIOROS CAUSADOS EN ZONAS DE INTERFASE ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON DIFERENTES TIEMPOS DE SERVICIO QUE PRESENTAN COMPORTAMIENTOS DISTINTOS	BAJA	SELLADO DE GRIETAS	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
			MEDIA			
5	HUECOS	DETERIOROS CAUSADOS POR EL DESPRENDIMIENTO Y DESINTEGRACIÓN PROGRESIVA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PRODUCIDA POR FALLAS DEL TIPO PIEL DE COCODRILO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS, SUMADO A LA ACCIÓN ABRASIVA DEL TRÁNSITO	BAJA	BACHEO SUPERFICIAL	-
			MEDIA			
			ALTA	BACHEO PROFUNDO		
6	AHUELLAMIENTO	DETERIORO SUPERFICIAL CAUSADO POR UTILIZAR EN LA CAPA DE RODADURA UNA MEZCLA ASFÁLTICA INESTABLE QUE CONTIENE EXCESO DE LIGANTE Y SE MANIFIESTA POR UNA DEPRESIÓN A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA DE LAS HUELLAS DE LOS VEHICULOS	BAJA	BACHEO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
			MEDIA			
			ALTA			

N°	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DE DETERIORO	SEVERIDAD	INTERVENCIONES	OBSERVACIONES	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
7	DESPLAZAMIENTO	DETERIORO SUPERFICIAL CAUSADO POR EL DESPLAZAMIENTO LATERAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA A CONSECUENCIA DE LA FALLA POR AHUELLAMIENTO PRODUCIDO SOBRE EL PAVIMENTO FLEXIBLE	BAJA	BACHEO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
			MEDIA			
			ALTA			
8	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	DETERIORO SUPERFICIAL CAUSADA POR LA REPETICIÓN DE LAS CARGAS DE TRÁNSITO QUE GENERA LA FRACTURA DEL LIGANTE ASFÁLTICO ALREDEDOR DE LOS AGREGADOS Y SE MANIFIESTA CON LA PÉRDIDA DE FRAGMENTOS EN LA CAPA DE RODADURA	BAJA	SELLADO SUPERFICIAL	-
			MEDIA	BACHEO SUPERFICIAL		
			ALTA			
		DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCIÓN DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL AHUELLAMIENTO, DESPLAZAMIENTO O DEPRESIÓN	BAJA / MEDIA/ ALTA	-	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	

Fuente: Elaboración propia

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Discusión

La Tabla N°05 presenta a los 19 tipos de fallas que fueron considerados para el levantamiento de información en la vía de estudio, dentro de las cuales se identificaron solo 8 y fueron del tipo Grieta Piel de Cocodrilo, Agrietamiento en bloque, Depresión, Grietas longitudinal y transversal, Huecos, Ahuellamiento, Desplazamiento y Desprendimiento de agregados; la vía no presenta fallas del tipo Parcheo, lo cual es un indicador de la falta de mantenimiento a lo largo del tiempo en servicio que presenta.

El Ahuellamiento es el tipo de falla con mayor cantidad registrada (105 m²) pero esto no significa que también represente a la falla con mayor frecuencia (15 veces); según el Gráfico N°42, la falla con mayor frecuencia es la del tipo Grieta piel de cocodrilo (21 veces), esto se interpreta debido a que la frecuencia representa el número de veces que se registró cada tipo de falla sin tener en cuenta la cantidad o metrado que presente. En el caso del Agrietamiento en bloque, esta falla se registró con el menor metrado (11 m²) y también es la falla que representa la menor frecuencia (2 veces) en el tramo de estudio.

En el Gráfico N°43 se muestra como se distribuyen las 8 fallas incidentes, la falla tipo Grieta piel de cocodrilo representa el 20% debido a que es la falla con mayor frecuencia registrada, mientras que la falla tipo Agrietamiento en bloque solo representa el 2%; Sin embargo, todas las fallas existentes fueron calificadas como incidentes para que formen parte de las alternativas de intervención que se plantean al pavimento.

En el Gráfico N°44 se representa la presencia de las diferentes fallas incidentes a lo largo de los 828 metros del tramo y dividida en 18 Unidades de Muestra que abarca toda la vía en estudio; por ejemplo, la falla tipo Agrietamiento en bloque solo fue registrada en las Unidades de Muestra 02 y 18 que corresponden al tramo inicial y final de la vía, la falla por Grietas longitudinal y transversal se encontraron en las Unidades de Muestra 01, 02 y 08, los del tipo Hueco se registraron en las Unidades de Muestra 01, 02, 03, 06, 11 y 17, las fallas por Ahuellamiento y Desplazamiento se presentaron en las mismas ubicaciones desde la Unidad de Muestra 10 hasta la 17.

En la Tabla N°06 se observa que no todas las fallas encontradas registran los 3 niveles de severidad que plantea el método PCI para la evaluación, las fallas Grieta piel de cocodrilo, Agrietamiento en Bloque y Grietas longitudinal y transversal no registran niveles de severidad alta (H), y las fallas por depresión no se encontraron de nivel de severidad baja (L). Del total de fallas, la mayor cantidad (52) pertenecen a la severidad baja, seguida por la severidad media (46) y por último solo 10 son de nivel Alta.

La Tabla N°07 y Gráfico N°45 muestran los valores calculados del PCI para cada Unidad de Muestra que tiene una longitud de 46 metros y sumadas conforman los 828 metros del pavimento en estudio; Las unidades de muestra 05, 07 y 09 tienen los valores de PCI más altos que corresponde a 100 con una condición de Excelente, debido a que en estos tramos no se observaron ningún tipo de falla en la inspección de campo; Por otro lado, las Unidades 03, 12 y 17 son las calculadas con menor PCI y tienen la condición de Muy Malo.

Según la Gráfico N° 46, la distribución de la condición operacional de las Unidades de muestra son 17% en condición Excelente, 22:% de unidades en condición Muy Bueno, 22% de unidades en estado Bueno, 11% en estado Regular, 11% en estado Malo y 17% de unidades en estado Muy Malo; La vía en estudio no presenta la condición de fallado debido a que no se registraron valores de PCI inferiores a 10.

A partir de los valores de PCI calculados por cada Unidad de Muestra, en la Tabla N°08 se deduce el valor de PCI para todo el tramo en estudio que equivale a 57 y según el método PCI califica a nuestra vía en un estado de condición Bueno.

Según lo desarrollado en el capítulo 3.3 en función al planteamiento realizado por Augusto Jugo (2005), debido al valor del PCI calculado para la sección en estudio, es necesario realizar una intervención de manera inmediata y según la clasificación es posible aplicar mantenimientos del tipo menor y/o mayor según corresponda, considerando que las fallas registradas presentan cantidades menores a los 300 m² es conveniente plantear acciones del tipo menor en cada falla incidente que presenta la vía en estudio como se muestra en la Tabla N°09.

Las grietas tipo piel de cocodrilo se registraron en las zonas pertenecientes al pavimento antiguo de la vía que presenta problemas de fatiga y en zonas donde existe la presencia de tipo de fallas que debido a su evolución presentan grietas de este tipo; Se plantea la intervención mediante sellado superficial para severidad baja y bacheo profundo para severidad media.

La falla tipo agrietamiento en bloque se presenta en zonas del pavimento antiguo de la vía, en las cuales el concreto asfáltico está endurecido y se agrieta ante los cambios de temperatura; Como solución se plantea realizar el sellado de grietas para severidad baja y bacheo profundo para severidad alta.

La falla tipo depresión es causados por el asentamiento de las capas inferiores del pavimento debido a la filtración de agua por falta de sellado en las juntas de los sardineles contiguos; considerando que las severidades registradas son media y alta, se plantea realizar bacheo profundo en las áreas del pavimento afectado y también realizar trabajos de mantenimiento en los sardineles.

Las falla del tipo Grietas Longitudinal y transversal ocurren en la interfaz entre pavimentos flexibles con diferentes tiempos de servicio que presentan comportamientos distintos; por ello, se propone realizar sellado de grietas tanto para las fallas con severidad baja y media.

Para los Huecos encontrados que tengan severidad baja y media se proponen trabajos de bacheo superficial y para los de severidad alta se plantea realizar bacheo profundo.

La falla por ahuellamiento, debido a las características observadas, se clasificó como una falla en la carpeta asfáltica y se propuso realizar trabajos de bacheo superficial, pero es necesario realizar previamente una evaluación estructural.

La falla por desplazamiento se registró en las mismas zonas del ahuellamiento debido a que se produce como consecuencia de esta falla, se propone realizar el mismo tipo de intervención y evaluación estructural.

El desprendimiento de agregados se presentó en las zonas pertenecientes al pavimento antiguo de la vía y en zonas donde existe la presencia de otras fallas en el pavimento; por ello, se plantea la intervención de sellado superficial para severidad baja y bacheo superficial para severidades medias y altas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Mediante la aplicación del Método Pavement Condition Index (PCI) se determinó la condición actual del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado; a partir de ello, se pudo plantear adecuadas alternativas de intervención necesarias para mejorar la condición de la vía.
- Mediante la aplicación del método PCI se pudo determinar que existen 8 tipos de fallas en la vía de estudio, las cuales se listan en función al grado de incidencia: Grietas Piel de Cocodrilo (20%), Grietas Longitudinales/Transversales (18%), Huecos (17%), Ahuellamiento (14%), Desplazamiento (14%), Desprendimiento de Agregados (9%), Depresión (7%) y Agrietamiento en Bloque (2%).
- Al realizar el levantamiento de información en campo, se pudo visualizar que en la vía no se han realizado trabajos de mantenimiento hasta la fecha, este factor ocasiona el aumento en la severidad de las fallas.
- Mediante la aplicación del método PCI se dividió a la vía de estudio en 18 Unidades de Muestra, las cuales se listan en función al rango de clasificación del PCI: Excelente (17%), Muy Bueno (22%), Bueno (22%), Regular (11%), Malo (11%), Muy Malo (17%).
- El valor del PCI para la vía en estudio equivale a 57, este valor se ubica en el punto B de la curva de deterioro del pavimento denominado como Zona óptima de rehabilitación; por tanto, es necesario aplicar intervenciones de manera inmediata para evitar el incremento acelerado del deterioro.
- Las intervenciones planteadas corresponden a mantenimientos del tipo menor; las cuales se realizan en zonas localizadas y se clasifican en los siguientes trabajos: sellado de grietas, sellado superficial, bacheo superficial y bacheo profundo.
- Para definir las alternativas de intervención se consideró la evaluación preliminar de las posibles causas que dan origen a las fallas existentes en el pavimento.

- Las alternativas de intervención propuestas para mejorar la condición actual que presenta el pavimento de la vía en estudio, son las siguientes:
 1. Falla tipo Piel de Cocodrilo:
 - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Sellado Superficial.
 - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Profundo.
 2. Falla tipo Agrietamiento en Bloque:
 - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Sellado de Grietas.
 - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Profundo.
 3. Falla tipo Depresión:
 - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Profundo.
 - Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Profundo.
 4. Falla tipo Grieta Longitudinal/Transversal:
 - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Sellado de Grietas.
 - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Sellado de Grietas.
 5. Falla tipo Huecos:
 - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Bacheo Superficial.
 - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Superficial.
 - Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Profundo.
 6. Falla tipo Ahuellamiento:
 - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Bacheo Superficial.
 - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Superficial.
 - Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Superficial.
 7. Falla tipo Desplazamiento:
 - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Bacheo Superficial.
 - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Superficial.
 - Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Superficial.
 8. Falla tipo Desprendimiento de Agregados:
 - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Sellado Superficial

- Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Superficial.
- Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Superficial.
- Las alternativas de intervención propuestas para el pavimento en estudio deben ser complementadas con trabajos de sellados en la junta del sardinel que existe entre la berma central y la calzada; lo cual evitaría el filtrado de agua en las capas inferiores de la carpeta asfáltica.

5.2. Recomendaciones

- El trabajo de recolección de datos en campo debe ser realizado por personal capacitado en la identificación y categorización de los 19 tipos de fallas que evalúa el método PCI en pavimentos asfálticos; además, como parte de los instrumentos se puede adicionar el uso de un catálogo que contenga fotografías referentes a los tipos de fallas para que sirva como guía.
- La evaluación superficial realizada mediante el método PCI puede ser complementada con la evaluación de la condición estructural mediante técnicas del tipo destructivas o no destructivas que permitan determinar la capacidad estructural que presenta el pavimento en estudio.
- Se deben tomar medidas correctivas con el sistema de riego que se utiliza en las áreas verdes contiguas al pavimento en estudio, actualmente se realiza riego por inundación, lo cual conlleva a que en algunas ocasiones se produce el desborde del agua sobre el pavimento, generando que se acelere el mecanismo de deterioro.
- Se recomienda realizar un mejor control de calidad de los materiales y del proceso constructivo que se utilizan en la construcción de las capas del pavimento, puesto que, de eso depende el tiempo de servicio al que puede estar abierto al tránsito sin generar incomodidad en los usuarios.
- Se recomienda implementar un plan de gestión de conservación vial, el cual, se debe centrar en un continuo monitoreo de fallas y se debe aplicar el mantenimiento preventivo antes de que se formen fallas de gran consideración y su reparación perjudique la condición operacional en la vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D 6433-07, (2007). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. Estados Unidos.
- Cantuarias, L. & Watanabe, J. (2017). *Aplicación del Método PCI para la Evaluación Superficial del Pavimento Flexible de la Avenida Camino Real de la Urbanización la Rinconada del Distrito de Trujillo* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Conza, D (2016). *Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Corros, M., Urbaez, E. y Corredor, G. (2009). *Manual de Evaluación de Pavimentos*. Venezuela.
- Díaz, G. (2017). *Evaluación, análisis y planteo de alternativas para la conservación y rehabilitación del pavimento asfáltico en la carretera Puente Cunyac-Cusco desde el km 890+000 al km 895+000* (Tesis pregrado). Universidad Pontificia Católica del Perú, Lima, Perú.
- Jugo, A (2005). *Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles*. Venezuela.
- Leguía, P. & Pacheco, H. (2016). *Evaluación Superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) En las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)* (Tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Llosa, J. (2006). *Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos (aplicación: Municipio de La Molina)* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

- Medina, A & De La Cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI* (Tesis de pregrado), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Miranda, R. (2010). *Deterioro en pavimentos flexibles y rígidos* (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Montejo, A. (2008). *Ingeniería de pavimentos*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Palella y Martins (2010). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas, Venezuela: Fedeupel.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, (2010). *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos*. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=182>
- Robles, R. (2015). *Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) Barranco –Surco – Lima* (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Rodríguez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Rodriguez, M. C. & Rodriguez, M. J. (2004). *Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje* (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Torres, R (2007). *Análisis comparativo de costos entre el pavimento flexible y pavimento rígido* (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2009). *Asphalt Surfaced Airfields - Paver Distress Identification Manual*. United States of America.
- Valeriano, J (2000). *Degradación en los pavimentos revestidos con asfalto en Lima y Callao, Alternativas de solución para su mantenimiento y rehabilitación* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Recuperado de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

ANEXO A

TABLAS DE REGISTRO PCI

• Unidad de Muestra 01

METODO DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO				UNIDAD DE MUESTRA : UM-01							
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES				AREA DE MUESTREO : 161							
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez				FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018							
1. Grieta piel de cocodrilo			6. Depresion			11. Parcheo y Acometidas de Servicios			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Grietas de Borde			12. Pulmientos y Agregados			17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento		
3. Agrietamiento en bloque			8. Grietas de Reflexion de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y Hundimientos			9. Desnivel Carril / Berma			14. Cruce de Vía Ferrea			19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados		
5. Corrugacion			10. Grietas Longitudinal/ Transversal			15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	L	0.5	0.7	0.7	0.6				2.5	1.6	0.1
19	H	3.3	5.6						8.9	5.5	31.8
13	L	1.0	1.0	1.0	1.0				4.0	2.5	31.0
13	M	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6.0	3.7	58.0
19	M	4.9							4.9	3.0	11.5
TOTAL VD =											132

Nº	VALORES DEDUCIDOS VD								TOTAL	q	CDV
1	58.0	31.8	31.0	11.5					132.3	4	74
2	58.0	31.8	31.0	2.0					122.8	3	74
3	58.0	31.8	2.0	2.0					93.8	2	67
4	58.0	2.0	2.0	2.0					64.0	1	64
MAX CDV =										74	
PCI =										26	

• Unidad de Muestra 02

METODO DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO				UNIDAD DE MUESTRA : UM-02							
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES				AREA DE MUESTREO : 161							
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez				FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018							
1. Grieta piel de cocodrilo			6. Depresion			11. Parcheo y Acometidas de Servicios			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Grietas de Borde			12. Pulmientos y Agregados			17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento		
3. Agrietamiento en bloque			8. Grietas de Reflexion de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y Hundimientos			9. Desnivel Carril / Berma			14. Cruce de Vía Ferrea			19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados		
5. Corrugacion			10. Grietas Longitudinal/ Transversal			15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
3	L	3.5							3.5	2.2	1.9
1	L	2.2							2.2	1.4	13.0
1	M	4.0							4.0	2.5	30.5
10	L	1.0	2.0	7.3					10.3	6.4	4.8
10	M	0.8	2.5						3.3	2.0	5.2
13	L	1.0							1.0	0.6	14.0
19	M	0.9							0.9	0.6	7.6
6	M	4.0							4.0	2.5	12.6
TOTAL VD =											89

Nº	VALORES DEDUCIDOS VD								TOTAL	q	CDV
1	30.5	14.0	13.0	12.6	7.6	5.2	4.8		87.6	7	42
2	30.5	14.0	13.0	12.6	7.6	5.2	2.0		84.8	6	40
3	30.5	14.0	13.0	12.6	7.6	2.0	2.0		81.6	5	41
4	30.5	14.0	13.0	12.6	2.0	2.0	2.0		76.1	4	43
5	30.5	14.0	13.0	2.0	2.0	2.0	2.0		65.5	3	41
6	30.5	14.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		54.5	2	40
7	30.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		42.5	1	41
MAX CDV =										43	
PCI =										57	

- **Unidad de Muestra 03**

METODO DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)										
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO						UNIDAD DE MUESTRA : UM-03				
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES						AREA DE MUESTREO : 161				
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez						FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> 1. Grieta piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y Hundimientos 5. Corrugación </div> <div style="width: 30%;"> 6. Depresión 7. Grietas de Borde 8. Grietas de Reflexion de Junta 9. Desnivel Carril / Berma 10. Grietas Longitudinal/ Transversal </div> <div style="width: 30%;"> 11. Parcheo y Acometidas de Servicios 12. Pulmientos y Agregados 13. Huecos 14. Cruce de Via Ferrea 15. Ahuellamiento </div> <div style="width: 30%;"> 16. Desplazamiento 17. Grietas Parabolicas o por Deslizamiento 18. Hinchamiento 19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados </div> </div>										
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	4.2	4.5					8.7	5.4	26.8
1	M	6.8						6.8	4.2	36.3
5	M	5.3						5.3	3.3	28.1
6	M	1.2						1.2	0.7	8.2
13	H	1.0	1	1				3.0	1.9	64.5
TOTAL VD =								164		
N°	VALORES DEDUCIDOS VD						TOTAL	q	CDV	
1	64.5	36.3	28.1	26.8	2.1		157.8	5	80	
2	64.5	36.3	28.1	26.8	2.0		157.7	4	85	
3	64.5	36.3	28.1	2.0	2.0		132.9	3	82	
4	64.5	36.3	2.0	2.0	2.0		106.8	2	74	
5	64.5	2.0	2.0	2.0	2.0		72.5	1	72	
MAX CDV =							85			
PCI =							15			

- **Unidad de Muestra 04**

METODO DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)											
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO						UNIDAD DE MUESTRA : UM-04					
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES						AREA DE MUESTREO : 161					
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez						FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018					
1. Grieta piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y Hundimientos 5. Corrugacion				6. Depresion 7. Grietas de Borde 8. Grietas de Reflexion de Junta 9. Desnivel Carril / Berma 10. Grietas Longitudinal/ Transversal				11. Parcheo y Acometidas de Servicios 12. Pulimientos y Agregados 13. Huecos 14. Cruce de Via Ferrea 15. Ahuellamiento			
								16. Desplazamiento 17. Grietas Parabolicas o por Deslizamiento 18. Hinchamiento 19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados			
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	L	4.0						4.0	2.5	18.0	
								TOTAL VD =		82	
N°	VALORES DEDUCIDOS VD							TOTAL	q	CDV	
								MAX CDV =			
								PCI =			

- **Unidad de Muestra 06**

METODO DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)										
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
HOJA DE REGISTRO								<div><div>46 m</div><div>3.5 m</div> </div>		
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO				UNIDAD DE MUESTRA : UM-06						
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES				AREA DE MUESTREO : 161						
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez				FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018						
1. Grieta piel de cocodrilo		6. Depresion		11. Parcheo y Acometidas de Servicios		16. Desplazamiento				
2. Exudación		7. Grietas de Borde		12. Pulimientos y Agregados		17. Grietas Parabolicas o por Deslizamiento				
3. Agrietamiento en bloque		8. Grietas de Reflexion de Junta		13. Huecos		18. Hinchamiento				
4. Abultamientos y Hundimientos		9. Densivel Carril / Berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados				
5. Corrugacion		10. Grietas Longitudinal/ Transversal		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
6	M	0.8					0.8	0.5	8.1	
13	M	1.0					1.0	0.6	24.0	
19	L	0.8					0.8	0.5	1.2	

- **Unidad de Muestra 08**

METODO DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)											
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO						UNIDAD DE MUESTRA : UM-08			<div style="position: absolute; top: 0; right: 0;">46 m</div> <div style="position: absolute; left: 0; bottom: 0;">3,5 m</div>		
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES						AREA DE MUESTREO : 161					
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez						FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018					
1. Grieta piel de cocodrilo			6. Depresion			11. Parcheo y Acometidas de Servicios			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Grietas de Borde			12. Pulimientos y Agregados			17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento		
3. Agrietamiento en bloque			8. Grietas de Reflexión de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y Hundimientos			9. Desnivel Carril / Berma			14. Cruce de Via Ferrea			19. Meteorización / Desprendimiento de agregados		
5. Corrugacion			10. Grietas Longitudinal/ Transversal			15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
6	M	0.2							0.2	0.1	8.0
10	L	2.0	2.3	1.2					5.5	3.4	1.9
10	M	3.2	2.7	8.5	2.3	4.0	1.0	3.6	25.3	15.7	22.3
									TOTAL VD =	32	
N°	VALORES DEDUCIDOS VD								TOTAL	q	CDV
1	22.3	8.0							30.2	2	22
2	22.3	2.0							24.3	1	23
									MAX CDV =	23	
									PCI =	77	

- **Unidad de Muestra 10**

[illegible]

- **Unidad de Muestra 11**

METODO DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO (PCI)											
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO					UNIDAD DE MUESTRA : UM-11						
SECCION DE VÍA : AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES					AREA DE MUESTREO : 161						
EVALUADORES : Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez					FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018						
1. Grieta piel de cocodrilo			6. Depresión			11. Parcheo y Acometidas de Servicios			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Grietas de Borde			12. Pulimientos y Agregados			17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento		
3. Agrietamiento en bloque			8. Grietas de Reflexión de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y Hundimientos			9. Desnivel Carril / Berma			14. Cruce de Vía Ferrea			19. Meteorización / Desprendimiento de agregados		
5. Corrugación			10. Grietas Longitudinal/ Transversal			15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	1.3	6.4						7.7	4.8	25.6
1	M	6.4							6.4	4.0	35.8
6	M	4.0							4.0	2.5	12.6
13	L	1.0							1.0	0.6	11.0
15	M	9.0							9.0	5.6	36.8
15	L	6.4							6.4	4.0	19.2
16	M	3.8							3.8	2.3	17.0
16	L	4.0							4.0	2.5	10.0
19	L	2.5							2.5	1.6	2.1
TOTAL VD =										170	
N°	VALORES DEDUCIDOS VD								TOTAL	q	CDV
1	36.8	35.8	25.6	19.2	17.0	12.6	8.9		155.8	7	73
2	36.8	35.8	25.6	19.2	17.0	12.6	2.0		149.0	6	73
3	36.8	35.8	25.6	19.2	17.0	2.0	2.0		138.3	5	72
4	36.8	35.8	25.6	19.2	2.0	2.0	2.0		123.3	4	70
5	36.8	35.8	25.6	2.0	2.0	2.0	2.0		106.1	3	67
6	36.8	35.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		82.6	2	61
7	36.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		48.8	1	49
MAX CDV =										73	
PCI =										27	

- **Unidad de Muestra 12**

METODO DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO					UNIDAD DE MUESTRA : UM-12						
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES					AREA DE MUESTREO : 161						
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez					FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018						
1. Grieta piel de cocodrilo			6. Depresion			11. Parcheo y Acometidas de Servicios			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Grietas de Borde			12. Pulmientos y Agregados			17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento		
3. Agrietamiento en bloque			8. Grietas de Reflexion de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y Hundimientos			9. Desnivel Carril / Berma			14. Cruce de Via Ferrea			19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados		
5. Corrugacion			10. Grietas Longitudinal/ Transversal			15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
6	M	1.4							1.4	0.9	8.0
1	M	1.4	9.6						11.0	6.8	41.0
16	M	2.0							2.0	1.2	10.0
15	M	4.8							4.8	3.0	30.0
1	L	2.0							2.0	1.2	11.0
15	H	2.5							2.5	1.6	32.0
16	H	2.5							2.5	1.6	23.0
19	M	1.8							1.8	1.1	8.0
6	H	9.6							9.6	6.0	33.0
									TOTAL VD =		196

Nº	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	CDV
1	41	33	32	30	23	11	4		174.2	7	79
2	41	33	32	30	23	11	2		172.0	6	82
3	41	33	32	30	23	2	2		163.0	5	82
4	41	33	32	30	2	2	2		142.0	4	85
5	41	33	32	2	2	2	2		114.0	3	71
6	41	33	2	2	2	2	2		84.0	2	60
7	41	2	2	2	2	2	2		53.0	1	53
									MAX CDV =		85
									PCI =		15

- **Unidad de Muestra 13**

[illegible]

• Unidad de Muestra 14

METODO DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO				UNIDAD DE MUESTRA : UM-14							
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES				AREA DE MUESTREO : 161							
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez				FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018							
1. Grieta piel de cocodrilo		6. Depresion		11. Parcheo y Acometidas de Servicios		16. Desplazamiento					
2. Exudación		7. Grietas de Borde		12. Pulimientos y Agregados		17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento					
3. Agrietamiento en bloque		8. Grietas de Reflexion de Junta		13. Huecos		18. Hinchamiento					
4. Abultamientos y Hundimientos		9. Desnivel Carril / Berma		14. Cruce de Vía Ferrea		19. Meteorización / Desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion		10. Grietas Longitudinal/ Transversal		15. Ahuellamiento							
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
15	L	7.5						7.5	4.7	20.0	
16	L	3.8						3.8	2.3	9.0	
1	L	3.8						3.8	2.3	18.0	
								TOTAL VD =		47	

Nº	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	CDV
1	20	18	9						47.0	3	29
2	20	18	2						40.0	2	30
3	20	2	2						24.0	1	24
								MAX CDV =		30	
								PCI =		70	

• Unidad de Muestra 15

METODO DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO				UNIDAD DE MUESTRA : UM-15							
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES				AREA DE MUESTREO : 161							
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez				FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018							
1. Grieta piel de cocodrilo		6. Depresion		11. Parcheo y Acometidas de Servicios		16. Desplazamiento					
2. Exudación		7. Grietas de Borde		12. Pulimientos y Agregados		17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento					
3. Agrietamiento en bloque		8. Grietas de Reflexion de Junta		13. Huecos		18. Hinchamiento					
4. Abultamientos y Hundimientos		9. Desnivel Carril / Berma		14. Cruce de Vía Ferrea		19. Meteorización / Desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion		10. Grietas Longitudinal/ Transversal		15. Ahuellamiento							
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
15	M	16.0						16.0	9.9	43.0	
16	L	10.0	3.3					13.3	8.2	18.0	
19	M	4.0						4.0	2.5	10.0	
15	L	6.5						6.5	4.0	11.0	
1	L	2.6	5.0					7.6	4.7	25.3	
								TOTAL VD =		107	

Nº	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	CDV
1	43	25	18	11	10				107.3	5	55
2	43	26	19	15	2				105.0	4	60
3	43	26	19	2	2				92.0	3	58
4	43	26	2	2	2				75.0	2	54
5	43	2	2	2	2				51.0	1	50
								MAX CDV =		60	
								PCI =		40	

- **Unidad de Muestra 16**

METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)											
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO						UNIDAD DE MUESTRA :		UM-16			
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES						AREA DE MUESTREO :		161		3.5	
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez						FECHA DE EVALUACIÓN		20/05/2018			
1. Grieta piel de cocodrilo			6. Depresion			11. Parcheo y Acometidas de Servicios			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Grietas de Borde			12. Pulimientos y Agregados			17. Grietas Parabolicas o por Deslizamiento		
3. Agrietamiento en bloque			8. Grietas de Reflexion de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y Hundimientos			9. Desnivel Carril / Berma			14. Cruce de Via Ferrea			19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados		
5. Corrugacion			10. Grietas Longitudinal/ Transversal			15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
15	M	6.0	12.0					18.0	11.2	45.0	
16	L	7.5						7.5	4.7	13.0	
16	M	3.8						3.8	2.3	18.0	
								TOTAL VD =		76	

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	45	13	18					76.0	3	49
2	46	13	2					61.0	2	46
3	46	2	2					50.0	1	50
								MAX CDV =		50
								PCI =		50

- **Unidad de Muestra 17**

METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)												
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA												
HOJA DE REGISTRO									<div><div>46 m</div><div>3.5</div></div>			
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO						UNIDAD DE MUESTRA : UM-17						
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES						AREA DE MUESTREO : 161						
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez						FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018						
1. Grieta piel de cocodrilo			6. Depresion			11. Parcheo y Acometidas de Servicios			16. Desplazamiento			
2. Exudación			7. Grietas de Borde			12. Pulimientos y Agregados			17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento			
3. Agrietamiento en bloque			8. Grietas de Reflexion de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento			
4. Abultamientos y Hundimientos			9. Desnivel Carril / Berma			14. Cruce de Via Ferrea			19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados			
5. Corrugacion			10. Grietas Longitudinal/ Transversal			15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
15	M	14.4							14.4	8.9	42.0	
16	L	9.0	3.0						12.0	7.5	18.0	
1	L	5.0	3.0						8.0	5.0	26.0	
15	L	6.0							6.0	3.7	18.5	
13	M	2.0							2.0	1.2	33.0	
13	L	2.0							2.0	1.2	21.0	
15	H	2.5							2.5	1.6	33.0	
16	M	0.8							0.8	0.5	5.0	
TOTAL VD =											197	

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	42	33	33	26	21	19	6	179.4	7	80
2	42	36	35	26	22	20	2	183.0	6	86
3	42	36	35	26	22	2	2	165.0	5	83
4	42	36	35	26	2	2	2	145.0	4	81
5	42	36	35	2	2	2	2	121.0	3	75
6	42	36	2	2	2	2	2	88.0	2	63
7	42	2	2	2	2	2	2	54.0	1	54
								MAX CDV =		86
								PCI =		14

● Unidad de Muestra 18

METODO DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE VÍA : CARRIL SEGREGADO CORREDOR JAVIER PRADO					UNIDAD DE MUESTRA : UM-18						
SECCION DE VÍA: AV. LA MOLINA - AV. LOS FRUTALES					AREA DE MUESTREO : 161						
EVALUADORES: Br. Erica Tacza / Br. Braulio Rodríguez					FECHA DE EVALUACIÓN 20/05/2018						
1. Grieta piel de cocodrilo			6. Depresion			11. Parcheo y Acometidas de Servicios			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Grietas de Borde			12. Pulimientos y Agregados			17. Grietas Parabólicas o por Deslizamiento		
3. Agrietamiento en bloque			8. Grietas de Reflexion de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y Hundimientos			9. Desnivel Carril / Berma			14. Cruce de Via Ferrea			19. Meteorizacion / Desprendimiento de agregados		
5. Corrugacion			10. Grietas Longitudinal/ Transversal			15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
3	M	7.0							7.0	4.3	10.0
19	H	10.0							10.0	6.2	33.0
19	M	1.0							1.0	0.6	8.0
									TOTAL VD =		51
N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	CDV	
1	33	10	8					51.0	3	32	
2	33	10	2					45.0	2	44	
3	33	2	2					37.0	1	37	
									MAX CDV =		44
									PCI =		56

ANEXO B

CURVAS DE VALOR DEDUCIDO

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. Grietas Longitudinales y Transversales

11. Parcheo y acometidas de servicio

12. Pulimiento de agregados

13. Huecos

14. Cruce de Vía Férrea

15. Ahuellamiento

16. Desplazamiento

17. Grietas Parabólicas o por deslizamiento

18. Hinchamiento

19.Meteorización / Desprendimiento de Agregados

Curva de Corrección

ANEXO C

PANEL FOTOGRÁFICO

Clase 1 - Piel de Cocodrilo

Nivel de Severidad: Bajo	Nivel de Severidad: Medio

Clase 3 - Agrietamiento en Bloque

Nivel de Severidad: Bajo	Nivel de Severidad: Medio

Clase 6 - Depresión

Nivel de Severidad: Media	Nivel de Severidad: Alta

Clase 10 - Grietas Longitudinales / Transversales

Nivel de Severidad: Baja	Nivel de Severidad: Media

Clase 13 - Huecos

Nivel de Severidad: Baja	Nivel de Severidad: Media

Nivel de Severidad: Alta

Clase 15 - Ahuellamiento

Nivel de Severidad: Baja	Nivel de Severidad: Media

Nivel de Severidad: Alta

Clase 16 - Desplazamiento

Nivel de Severidad: Baja	Nivel de Severidad: Media

Nivel de Severidad: Alta

Clase 19 - Desprendimiento de Agregados

Nivel de Severidad: Baja	Nivel de Severidad: Media

Nivel de Severidad: Alta