

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



=====

EVALUACIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO UTILIZANDO LOS
MÉTODOS DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS Y DEL MANUAL DEL
M.T.C. PARA SU TIPO DE INTERVENCIÓN EN EL JIR. LEONCIO PRADO DEL
DISTRITO DE HUÁNUCO 2017.

=====

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TESISTA: BIHAI ARECHE FLORES

ASESOR: MBA. CARLOS E. CORDOVA FACUNDO

HUÁNUCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios, mi Madre por su infinito apoyo. A mis grandes maestros cuyas palabras aún siguen enseñando con el paso del tiempo. Y a mis entrañables amigos que acompañan cada etapa de mi vida con su respaldo incondicional.

RESUMEN

La tesis titulada “Evaluación de fallas superficiales del pavimento utilizando los métodos del índice de condición de pavimentos y del manual del M.T.C para su tipo de intervención en el Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco 2017” cuyo problema es cómo determinar la evaluación de las fallas superficiales del pavimento utilizando los métodos del PCI y del manual del MTC que permitirá analizar su tipo de intervención en la pista del jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco. La investigación es de tipo aplicada. La metodología PCI es un sistema de calificación que mide la integridad pavimento y superficie condición operacional basada en una escala numérica, con una muestra de 6929 m² de pavimentos fallados a estudiar. Se logra determinar que el jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco brinda adecuadas condiciones a los usuarios. Sin embargo, requiere ser intervenido inmediatamente, ya que está a punto de entrar a la condición malo. Los valores numéricos del PCI de las secciones son muy cercanos al límite inferior del rango de la condición Regular.

Palabras clave: Índice De Condición De Pavimentos, Falla de pavimentos, evaluación superficial, Manual del MTC

SUMMARY

The thesis entitled "Evaluation of superficial pavement faults using the pavement condition index methods and the MTC manual for its type of intervention in the Jir. Leoncio Prado of the district of Huánuco 2017" whose problem is how to determine the evaluation of superficial pavement faults using the methods of the PCI and the manual of the MTC that will allow to analyze its type of intervention in the track of Jir. Leoncio Prado of the district of Huánuco. The research is of the applied type. The PCI methodology is a qualification system that measures the pavement integrity and surface operational condition based on a numerical scale, with a sample of 6929 m² of failed pavements to study. It is determined that the Jir. Leoncio Prado of the district of Huánuco provides adequate conditions to users. However, he needs to be intervened immediately, since he is about to enter the bad condition. The numerical values of the PCI of the sections are very close to the lower limit of the range of the Regular condition.

Keywords: Pavement Condition Index, Pavement Failure, Surface Evaluation, MTC Manual

INTRODUCCIÓN

Las carreteras son las arterias y venas de la sociedad actual, son las vías de transporte que permiten el transporte de material, productos, personas, permitiendo la comunicación y desarrollo de la sociedad; por ello es importante que las carreteras presenten un adecuado estado, lo cual conlleva por ende a la gestión del pavimento; ya que cuando este se daña por diversos factores es la población la que se perjudica.

A nivel internacional son cada vez más las herramientas y técnicas que se desarrollan para la conservación, evaluación del pavimento y desarrollo de nuevo material, para incrementar su período útil de vida.

Una de las razones que generan daño al pavimento es el incremento en el número de vehículos pesados que transitan por encima de él, otro motivo es la distribución de material utilizado. Por otra parte Karim (2015) indica que “el paso de un semirremolque completamente cargado puede causar al menos 30,000 veces más daño estructural que el paso de un automóvil”. Por lo tanto, la condición del pavimento depende principalmente de la cantidad de vehículos pesados acumulados, el peso de sus ejes, la presión de los neumáticos, las velocidades de desplazamiento, los movimientos de giro y las condiciones de temperatura y humedad. Ante lo mencionado es necesario considerar la tasa de cambio de deterioro en los diversos parámetros de condición, ya que esta es tan importante como el valor absoluto de cada parámetro de condición. El daño acumulado durante un período de tiempo se vuelve visible como el deterioro en la superficie del pavimento, como signos de falla estructural o de servicio.

Para evaluar la condición del pavimento es necesario conocer:

1. Condición de la superficie: basada en inspecciones visuales o automáticas, que informa sobre los tipos de dificultades de rugosidad, surcos, grietas y textura de la superficie. ¿La superficie protegerá la estructura del pavimento?
2. Capacidad estructural: ¿transportará el pavimento las cargas actuales y futuras?
3. Seguridad: ¿El pavimento proporciona una superficie segura ahora y en el futuro?
4. Medio ambiente: ¿los sistemas de drenaje asociados protegen la integridad del pavimento?

Por otra parte, Zumrawi (2013) menciona que “el proceso de deterioro del pavimento empieza justo después de abrir la carretera al tráfico”. En otras palabras, el proceso se da muy lentamente de forma que no puede ser apreciado visualmente al principio, pero con el tiempo se acelera (p. 34). Para reducir el riesgo de deterioro prematuro al mínimo, es necesario utilizar el mejor: método, diseño, construcción planificación, y mantenimiento en la carretera. Una base para esto es analizar los casos de pavimentos que se han deteriorado antes de tiempo, enfocándose en las causas del deterioro de manera que se puede prevenir en el futuro.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	III
SUMMARY	IV
INTRODUCCIÓN.....	V
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
CAPÍTULO I	13
MARCO TEÓRICO	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. Antecedentes de investigación.....	15
1.1.2. Fundamentación del problema.....	19
1.1.3. Formulación del problema	20
1.1.3.1. Problema general	20
1.1.3.2. Problemas específicos:	20
1.2. OBJETIVOS	20
1.2.1. Objetivo general.....	20
1.2.2. Objetivos específicos	20
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	21
1.4. LIMITACIONES	21
1.5. HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES.....	21
1.5.1. Hipótesis	21
1.5.1.1. Hipótesis general	21
1.5.1.2. Hipótesis específicas.....	22
1.5.2. Sistema de Variables – Dimensiones e indicadores.....	22
1.5.2.1. Variable independiente	22
1.5.2.2. Variable dependiente	23

1.6.	BASES TEÓRICAS	23
1.6.1.	PCI.....	23
1.6.1.1.	Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.....	24
1.6.1.2.	Unidades de Muestreo	25
1.6.1.3.	Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación.....	26
1.6.1.4.	Cálculo del PCI de una sección de pavimento.....	27
1.6.2.	Manual del MTC.....	28
1.6.2.1.	Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial.	28
1.6.2.2.	Manual de Carretera - Ensayo de Materiales. MTC E 1002: Medida de la deflexión de un pavimento flexible empleando la viga Benkelman.....	29
1.6.2.3.	Finalidad y alcance.....	29
1.6.3.	Inventario del pavimento	30
1.6.4.	Datos del Inventario	31
1.6.5.	Evaluación de la Calidad de los Datos	34
1.6.6.	Aspereza	39
1.6.7.	Falla superficial	39
1.6.8.	Resistencia al deslizamiento	41
1.6.9.	Desviación.....	42
1.6.9.1.	Trabajos de Campo.....	42
1.6.9.2.	Trabajos de Gabinete.....	43
1.6.9.3.	Tipos de fallas en pavimentos rígidos	54
	El estrés compresivo excesivo provoca el deterioro de las articulaciones, lo que se denomina desprendimiento. Esto puede estar relacionado con la infiltración articular o el crecimiento del pavimento, que son causados por los agregados reactivos.....	54
	CAPÍTULO II	62
	MARCO METODOLÓGICO.....	62
2.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	62
2.1.1.	Tipo de investigación.....	62
2.1.2.	Nivel de investigación.....	62
2.1.3.	Diseño de la investigación:	62
2.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	63

2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	64
2.4.	FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	64
2.5.	PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS.....	64
CAPÍTULO III		69
EVALUACIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO UTILIZANDO LOS MÉTODOS DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS Y DEL MANUAL DEL M.T.C.		69
3.1.	ESTUDIOS BÁSICOS	69
3.2.	INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO.....	70
3.2.1.	Sección 1	71
3.2.2.	Sección 2	74
3.3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	74
3.4.	PROPUESTA DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN	79
3.5.	CLASIFICACIÓN DE LOS DETERIOROS O FALLAS SEGÚN EL MTC	80
3.5.1.	Tipos y causas de los daños estructurales.....	80
3.5.2.	Tipos y causas de los daños superficiales.....	81
CAPÍTULO IV		85
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		85
CONCLUSIONES		87
SUGERENCIAS		89
BIBLIOGRAFÍA		90
ANEXOS.....		92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Rangos de calificación del PCI.	24
Tabla N° 2: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.	26
Tabla N° 3: Mínimo de datos de inventario.	31
Tabla N° 4: Índice de la Condición del Pavimento y escala de la evaluación.	44
Tabla N° 5: Tamaño de la Muestra.	45
Tabla N° 6: Fallas consideradas en PCI pavimentos flexibles.	48
Tabla N° 7: Escala del PCI (ASTM D 6433).	49
Tabla N° 8: Estrategias de tratamiento de pavimentos flexibles y de concreto consideradas en la Fase VI.	61
Tabla N° 9: Operacionalización de Variables.	63
Tabla N° 10: Hoja de registro 01.	71
Tabla N° 11: Orden, cambio del menor y suma de valores deducidos.	73
Tabla N° 12: Cálculo del PCI de la sección 2.	74
Tabla N° 13: Cuadro resumen de resultados.	75
Tabla N° 14: Cuadro resumen de fallas en sección 1.	77
Tabla N° 15: Cuadro resumen de fallas en sección 2.	77
Tabla N° 16: Trabajos a Realizar de acuerdo a la investigación.	79
Tabla N° 17: Deterioros o fallas de pavimentos.	82
Tabla N° 18: Clases de extensión de los daños de los pavimentos según el MTC. .	82
Tabla N° 19: Clases de densidad de densidad de los baches según el MTC.	83

Tabla N° 20: Ancho de influencia de las fisuras longitudinales y transversales según el MTC.....	83
Tabla N° 21: Fallas en el jirón Leoncio Prado del distrito de Huánuco según el MTC.	83
Tabla N° 16: Trabajos a Realizar de acuerdo a la investigación.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: PCI - Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.	25
Figura N° 2: Diagrama de Flujo PCI.	47
Figura N° 3: Piel de cocodrilo y ahuellamiento en pavimento flexible.....	50
Figura N° 4: Exudación y agregado pulido en pavimento flexible.....	51
Figura N° 5: Grieta de borde y hundimiento en pavimento flexible.....	51
Figura N° 6: Huecos en pavimento flexible.....	52
Figura N° 7: Desgarramiento de juntas en losas de pavimento rígido.....	55
Figura N° 8: Fallas con diferencia en las elevaciones encontradas entre las uniones.	55
Figura N° 9: Agregados Pulidos en pavimento rígido.	56
Figura N° 10: Cracking de agrietamiento en pavimentos.	57
Figura N° 11: Fallas descascamiento de esquina en pavimento rígido.	58
Figura N° 12: Fallas de Punch-out en pavimentos rígidos.....	59

Figura N° 13: Cracking lineal en pavimentos rígidos.	59
Figura N° 14: Cracking lineal.	60
Figura N° 15: Ubicación del proyecto de investigación.	70
Figura N° 16: Cálculo del número de valores deducidos “m” para el máximo valor deducido 48.11	72
Figura N° 17: Valor deducido corregido para q= 5 y total de valor deducido= 131.22.	73
Figura N° 18: Porcentaje de condición de pavimento de las unidades de muestra. .	76
Figura N° 19: Pavimento con falla piel de cocodrilo. ...	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Planteamiento del problema

Para comprender las fallas en el pavimento, es necesario contar con investigaciones detalladas, las cuales permitirán una reducción de los costos asociados con fallas del pavimento en el futuro, al generar medidas preventivas. En muchos casos, la falla de la estructura del pavimento se relaciona directamente a métodos de evaluación ineficaces, esa es la razón por la que un método adecuado es necesario para disminuir el coste de mantenimiento al mínimo, ya que se cuenta con un presupuesto limitado (Zumrawi, 2013, p. 56).

Es así que es importante contar con un método simplificado para la inspección y evaluación de fallas del pavimento; en el caso de Sudán, donde su proceso de evaluación puede clasificarse de informal, hacen esto porque el costo asociado con la evaluación no se justifica con la importancia de la carretera en la que se produce el fallo, o la magnitud de la falla, otra razón es en vez de gastar dinero en una evaluación del fallo del pavimento, utilizan estos fondos directamente para trabajos de mantenimiento. Este ejemplo muestra que, hay una dependencia de la experiencia pasada del investigador en la evaluación de la falla, con la determinación de la prueba requerida por hacer, para tomar una decisión respecto a los trabajos de mantenimiento apropiado; esto significa que el fallo se puede diagnosticar incorrectamente si se selecciona la prueba equivocada, o la experiencia del investigador es insuficiente.

Otro elemento a considerar son las dificultades presentes al momento de pavimentar, las cuales podemos calificar en dos categorías diferente: 1) fallo funcional, en este

caso, el pavimento no lleva a cabo su función prevista sin o bien causar molestias a los pasajeros o tensiones altas a los vehículos; 2) insuficiencia estructural, incluye un colapso de la estructura del pavimento o la ruptura de uno o más componentes del pavimento con tal magnitud que el pavimento se convierte incapaz de sostener las cargas impuestas sobre su superficie (Rubasi, y otros, 2016, p. 1146) .

En algunos casos, un tipo de falla puede ser causada por el otro tipo, pero generalmente hay sólo un tipo de fallo. Por ejemplo, la falla funcional depende principalmente del grado de rugosidad de la superficie. La falla de la estructura en un pavimento flexible puede ser el resultado de la fatiga, la consolidación o el cizallamiento, que se desarrolla en la subrasante, la sub-base, el fondo o la superficie (Rubasi, y otros, 2016, p. 1146).

Los pavimentos de carreteras requieren trabajos de mantenimiento (M) y rehabilitación (R) continuos, para evitar el deterioro causado por cargas repetitivas de tráfico y factores medioambientales. Sin embargo, un presupuesto limitado asignado para el trabajo de pavimentación, existe la necesidad de utilizar los presupuestos disponibles de la manera más efectiva posible. Para lograr esto, es necesario un procedimiento sistemático para programar M y R, optimizando los beneficios para los usuarios de la carretera y minimizando los costos para la agencia responsable de la gestión del pavimento; esto es conocido como el Sistema de Gestión del Pavimento (PMS, por sus siglas en inglés), dicho sistema permite a los ingenieros y administradores asignar personal, fondos, recursos, etc. de la manera más efectiva (Karim, 2015, p. 12); otro es el Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés).

La evaluación suele realizarse anualmente para observar los cambios que ocurren en el sistema de red vial.

La calificación PCI de una carretera se basa en las fallas superficiales observadas. La calificación PCI no es una medida directa de la capacidad estructural, resistencia al deslizamiento o aspereza de carreteras; sin embargo, es una herramienta objetiva para evaluar la necesidad de M y R de un trayecto con respecto a todo un sistema de pavimento (Hajj, y otros, 2011, p. 66).

Algunos de los usos y beneficios de PCI incluyen la identificación de la necesidad inmediata de las carreteras; desarrollo de una red de carreteras, las estrategias y los presupuestos de mantenimiento preventivo; y evaluación de materiales de pavimento y diseños.

Aunque la capacidad estructural parece ser la principal preocupación de muchos ingenieros de pavimentos, los usuarios de la carretera juzgan principalmente la calidad de una carretera en función de su aspereza o calidad de conducción. Varios parámetros influyen en la calidad de marcha de los pavimentos como los sienten los usuarios de la carretera. Estos parámetros incluyen las características de la superficie del pavimento, así como las características del vehículo, como la respuesta y la velocidad del vehículo.

1.1.1. Antecedentes de investigación

Quaresma, L. (2015), publica una tesis de investigación titulada “Evaluación de pavimentos aeroportuarios” en la Universidad Nova de Lisboa. En la misma indicó que el pavimento del aeropuerto se deterioraba durante el servicio debido a los efectos del tráfico y el clima, por lo que se requería un control sistemático para evaluar su condición estructural y funcional. El objetivo de este trabajo fue

presentar las metodologías utilizadas, en ese entonces, para la evaluación de pavimentos aeroportuarios y contribuir a su mejora en el área de análisis estructural.

Los principales aspectos que se abordan fueron la aplicación del radar de penetración subterránea (GPR) y el uso del peso decreciente, pruebas de deflectómetro (FWD), para la evaluación estructural, y el uso del probador GRIP y la medición de la profundidad de textura de la capa de rodadura, para la evaluación funcional de la pista. Además, se presentaron softwares de software freeware utilizados para diseñar nuevas pistas (FAARFIELD y COMFAA). Los estudios de casos se describieron tanto para la evaluación estructural como para la funcional de acuerdo con (Quaresma, 2015, p. 20).

Mane, S. (2016), Publicó una tesis titulada “Metodología Para Evaluación De Condiciones De Pavimentación Y Mantenimiento De Carreteras Rurales”. Este trabajo describió el desarrollo de las directrices de clasificación de socorro y, posteriormente, la priorización de los tramos de carreteras para la evaluación del pavimento y el mantenimiento de las carreteras rurales. Todas las aceras se deterioraron con el tiempo debido al aumento en la aplicación repetida de cargas vehiculares y también debido al efecto de los parámetros climáticos. La tasa de deterioro dependía de la condición inicial del pavimento, la tasa de carga del tráfico, la magnitud de la carga del tráfico, las condiciones climáticas, etc. y se utilizaron para la priorización de la sección de pavimento para el mantenimiento. Las opiniones de los ingenieros e investigadores de pavimentos con experiencia también se consideraron para obtener información realista y confiable sobre el deterioro del pavimento y la actividad de mantenimiento. Por lo tanto, este estudio

inició la metodología PMMS usando AHP para caminos rurales en India. (Mane, 2016, p. 32).

Abraham, B. (2014), publicó una tesis titulada “Estudio Sobre El Desempeño De Pavimentos Flexibles En Subgradas De Suelos Maduros” en la Universidad de Ciencia y Tecnología. Su objetivo fue el estudio de la condición estructural y funcional de los tramos de estudio. Además, se estudió la condición de los pavimentos en diferentes condiciones del suelo en Kerala donde se concluyó que la resistencia del pavimento representada por la deflexión medida en la superficie en pendientes secundarias del suelo está influenciada por las propiedades del suelo y la composición de la capa en un pavimento en servicio en condiciones urbanas.

Adicionalmente, se concluyó que existe una buena correlación entre la deflexión y el número estructural modificado para varias clases de índice de condición del pavimento para los tipos de suelo subgrupo SM y SC. En el caso de pavimento en buenas condiciones, es decir, para el rango PCI 60-80, la relación lineal proporciona una mejor correlación. En el caso del tipo de suelo SM, la relación de la función de potencia mostró una mejor correlación. En general, se comprobó que se puede utilizar la función de potencia o las relaciones lineales para encontrar la deflexión a fin de llegar a una opción de mantenimiento adecuada. Los parámetros tales como Densidad de campo seco, Contenido de humedad del campo, Contenido óptimo de humedad, Densidad máxima en seco, Límites de Atterberg, CBR, Composición del suelo y la fracción de limo y arcilla del suelo de la subrasante influyen en la resistencia del pavimento. (Abraham, 2014, p. 267).

Ibraheem, A. (2014), publicó su investigación titulada “Evaluación de los métodos comunes de mantenimiento para pavimentos flexibles”. En esta investigación, se presentó un estudio del estado de los métodos de mantenimiento para pavimentos de carreteras en Iraq con referencia especial a pavimentos flexibles. Con este fin, se ejecutaron cuestionarios abiertos y cerrados en Bagdad para investigar el estado del mantenimiento del pavimento de carreteras en Iraq.

Las oficinas de mantenimiento vial como (Ministerio de Construcción y Vivienda, Corporación Estatal de Carreteras y Puentes, Amanat Bagdad, oficina de proyectos) se incluyeron en el cuestionario para llegar al nivel de mantenimiento y las técnicas seguidas para mantener el camino pavimentado en Iraq. Resultados: Las entrevistas realizadas revelan que el mantenimiento en Iraq tiene una importancia secundaria, aparentemente sin un presupuesto especial asignado para trabajos tan importantes. Además, los métodos de mantenimiento y las técnicas seguidas no cumplen con los desarrollos y las técnicas modernas.

Se concluyó que la mala administración de los trabajos de mantenimiento y actividades que conducen a retrasos y acumulación de fallas en la red de carreteras que requieren gastos inusuales para reparar y mantener los daños acumulados. La escasez de recursos asignados para trabajos de mantenimiento y esto lleva a la desviación de una porción significativa del fondo asignado para trabajos de mantenimiento hacia la compra de equipo nuevo o adicional que se utilizará para la construcción de nuevas carreteras. (Ibraheem, 2014, p. 413).

Pereda, C. (2014), publicó su tesis titulada “Índice De Condición De Pavimento De La Carretera Cajamarca - La Colpa”. El resultado de esta tesis es la aplicación del índice de condición del pavimento (PCI) a un tramo de la carretera Cajamarca - La Colpa, la metodología del PCI consistió en la determinación de la condición del

pavimento a través de inspecciones visuales, identificando clase, severidad y cantidad de fallas encontradas.

Con la información de campo obtenida durante la auscultación vial, y siguiendo la metodología indicada en el PCI, se calculó un índice que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento analizado, es decir, señala si el pavimento está fallado, si es malo, muy malo, regular, si es bueno, muy bueno o excelente, experiencia que puede servir como ejemplo de aplicación del procedimiento de inspección ASTM 06433 (PCI) en nuestro medio y como referencia para los gobiernos locales. La mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal de vehículos, no es necesario disminuir la velocidad libre y no son muy percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales. (Pereda, 2014, p. 7).

1.1.2. Fundamentación del problema

La problemática del transporte terrestre en el Perú es tema de interés general para todos los usuarios. Esto es debido a que, además de la debilidad institucional, la carencia de infraestructura, deficiencia en innovación tecnológica, y en la protección del medio ambiente, también interviene en las amenazas potenciales a la calidad de vida e integridad de las personas.

El estado real del pavimento de la vía en estudio, es regular. Esta condición del pavimento se debe a las obras de reparación realizadas en los años anteriores (bacheos y riego de liga en determinadas áreas) que han aminorado la formación de fallas como fisuras, baches, depresiones, etc. mejorado la calidad del pavimento. Esto también ayudó a que no se registraran fallas como piel de cocodrilo, que suelen ser muy dañinas para el pavimento.

1.1.3. Formulación del problema

1.1.3.1. Problema general

¿Cómo determinar la evaluación de las fallas superficiales del pavimento utilizando los métodos del PCI y del manual del MTC, para su tipo de intervención en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco?

1.1.3.2. Problemas específicos:

1. ¿Cómo influye el estado estructural en el estado funcional del pavimento flexible en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco?
2. ¿Cómo influyen las fallas superficiales en la determinación del estado funcional del pavimento flexible en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco?
3. ¿Cómo influye el valor del índice de condición del pavimento y los parámetros del MTC en la determinación de intervención en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la evaluación de las fallas superficiales del pavimento utilizando los métodos del PCI y del manual del MTC, para su tipo de intervención en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Determinar la influencia del estado estructural en el estado funcional del pavimento flexible en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco.

2. Determinar cómo influyen las fallas superficiales en el estado funcional del pavimento flexible en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco.
3. Determinar el valor del índice de condición del pavimento y establecer los parámetros del MTC para la intervención en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco.

1.3. Justificación e importancia

El presente trabajo de investigación estará centrado la evaluación de las fallas superficiales del pavimento utilizando los métodos del PCI y del manual del MTC, para su tipo de intervención en las pistas del jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco. Con esta investigación se procura aportar ideas que no solo sean de orden teórico académicas, sino que además contribuya a una propuesta de gestión de pavimentos a las autoridades de la municipalidad de Huánuco.

1.4. Limitaciones

La limitación se dio en la recolección de datos de las fallas funcionales del pavimento, existen varios métodos para analizarlo, en la investigación se recogió dichos datos con los formatos y los métodos del PCI y del MTC.

1.5. Hipótesis, Variables, indicadores y definiciones operacionales

1.5.1. Hipótesis

1.5.1.1. Hipótesis general

La evaluación de las fallas superficiales en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco definirá el tipo de intervención utilizando los métodos del PCI y del manual del MTC.

1.5.1.2. Hipótesis específicas

1. El estado estructural influye en el estado funcional del pavimento flexible en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco.
2. Las fallas superficiales influyen en el estado funcional del pavimento flexible en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco.
3. Existen valores de índice de condición del pavimento y parámetros del MTC para la intervención en las pistas del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco.

1.5.2. Sistema de Variables – Dimensiones e indicadores

1.5.2.1. Variable independiente

Es una variable cuantitativa discreta. Evaluación de fallas superficiales de la pista utilizando los métodos del PCI: El índice de condición del pavimento (PCI) es un índice numérico entre 0 y 100 que se utiliza para indicar el estado general de un pavimento. Es ampliamente utilizado en la ingeniería civil de transporte. Es una medida estadística y requiere un levantamiento manual del pavimento. Los procesos de análisis de PCI y los métodos de cálculo han sido estandarizados por ASTM tanto para carreteras como para pavimentos de aeropuertos. (Velásquez,2009, p. 54).

Evaluación de fallas superficiales de la pista utilizando los métodos del manual del MTC:

El Manual de Conservación Vial es una guía para que las Entidades y los Ingenieros responsables, programen, presupuesten, ejecuten y controlen las actividades de conservación vial, ajustándose a las políticas y procedimientos

de la Entidad; asimismo, a los estándares, pautas y a las buenas prácticas de la ingeniería. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 5).

1.5.2.2. Variable dependiente

Es una variable cualitativa nominal se caracteriza por una cualidad y/o un término de intervención.

Fallas superficiales del pavimento: Con base en mediciones de rugosidad, dificultad en la superficie, resistencia al deslizamiento y deflexión, a los pavimentos se les puede asignar un puntaje que refleje su condición general. Este puntaje, a veces llamado calificación de condición del pavimento, cuantifica el rendimiento general de un pavimento y puede usarse para ayudar a administrar las redes de pavimento. (Deighton Associated, 2014, p. 52).

1.6. Bases teóricas

1.6.1. PCI

Según Vásquez (2012), el Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés), es la metodología más completa para la calificación y evaluación objetiva de pavimentos rígidos y flexibles, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema.

Ante todo debemos considerar que el deterioro de la estructura de pavimento, es una función de la clase de daño, su severidad, cantidad y densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar

esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la tabla 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla N° 1: 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

Fuente: Vásquez, L. (2002).

1.6.1.1. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. La Figura 1 muestra el formato para la inspección de pavimentos asfálticos. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

Figura N° 1: PCI - Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

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

Fuente: Vásquez, L. (2002).

1.6.1.2. 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:

1. 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 la tabla 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla N° 2: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: Vásquez, L. (2002).

2. Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas. Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura (Vásquez, 2012, p. 25).

1.6.1.3. 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 (Vásquez, 2012, p. 26).

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 PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95% (Vásquez, 2012, p. 26).

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

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.

1.6.1.4. Cálculo del PCI de una sección de pavimento.

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:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

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.

1.6.2. Manual del MTC

Al hablar del manual del MTC, en realidad estamos hablando de los siguientes manuales, que nos brindan diferente información cada uno.

1.6.2.1. Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial.

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) (2014), mediante el “Manual de Mantenimiento o Conservación Vial” brinda los criterios que se deben utilizar para la gestión del mantenimiento y conservación en las vías,

incluyendo túneles, los puentes y demás elementos de la misma, para que estos se conserven en niveles adecuados.

Es aquí donde encontramos el punto “4.4.1 Calzada - Tipos de deterioros / fallas y niveles de gravedad”, donde clasifican los deterioros o fallas, los tipos, las causas de daños superficiales, estructurales, niveles de gravedad, posibles medidas correctivas.

El uso de este manual permite al presente estudio determinar cuáles son los fallos presentes, como clasificarlos y evaluarlos.

1.6.2.2. Manual de Carretera - Ensayo de Materiales. MTC E 1002: Medida de la deflexión de un pavimento flexible empleando la viga Benkelman

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) (2016), a través del Manual de Ensayo de Material, dentro del cual encontramos a la norma “MTC E 1002”, la cual norma el procedimiento por el cual mediante el uso de una viga Benkelman se determina el cuenco de deflexiones de un pavimento flexible, el radio de curvatura, la deflexión o deformación recuperable, producidos por un peso estático. Siendo necesario usar un camión donde tamaño de llantas, la carga, espaciamiento entre ruedas duales y presión de inflado estén normalizados.

1.6.2.3. Finalidad y alcance

La deflexión, se define como la deformación elástica que sufre un pavimento por la acción de una carga rodante normalizada. A través de ella es posible evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura debido a las solicitaciones del tránsito que lo utiliza.

El campo de aplicación de estas mediciones es muy amplio, empleándose principalmente para determinar la vida útil remanente de un pavimento, evaluar estructuralmente los pavimentos con fines de mantenimiento, mejoramiento o rehabilitación, evaluar los métodos de diseño de pavimentos y control de ejecución de obras. Además, permite evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura debido a las sollicitaciones del tránsito que lo utiliza, lo cual es parte del presente estudio.

El método consiste en medir la deformación producida en la superficie del pavimento por la aplicación de una carga normalizada. El dispositivo mecánico utilizado es la Viga Benkelman de brazo doble o simple, equipo que mide los desplazamientos verticales de un punto de contacto situado entre las ruedas duales del eje de carga, para una presión de inflado en los neumáticos de 80 psi y una carga de 8.2 t en el eje posterior del camión.

La superficie de pavimento a medir mediante este método debe estar seca y libre de suciedad o material suelto que, bajo tránsito normal, será removido.

1.6.3. Inventario del pavimento

Registro se divide en los tipos de activos para permitir una comprensión del valor y el de un activo las necesidades de financiación que genera. Se requiere los datos de inventario apropiado, para permitir la estimación de costos y otras actividades de planificación. Los datos de inventario son el registro de atributos específicos de un activo que se mantiene, a fin de permitir la presentación de informes y la gestión del activo. Esta relación es se ilustra en la siguiente tabla. El registro de activos debe identificar los activos viales mantenidos a cargo, o no, por la autoridad vial.

1.6.4. Datos del Inventario

Un inventario robusto es esencial para la buena gestión de activos pavimento. Debe ser suficientemente confiable para que pueda ser utilizado para apoyar el desarrollo de programas de mantenimiento y la predicción de los fondos necesarios para lograr la condición declarados objetivos / estándares.

Tabla N° 3: Mínimo de datos de inventario.

Nombre y número de ruta	por ejemplo, N1, R101
Longitud	longitud del segmento
ancho de la calzada	La anchura media (para calcular el área del segmento)
Clasificación de carreteras	Nacional, regional, local, etc.
Número Impacto vial	Número Impacto en obras viales de Control
tipo de superficie	HRA / DBM / Concreto / SMA / Superficie Dressing / Otros
especificación de material de superficie	Especificación de material
fuentes de materia	detalladas de los proveedores, incluyendo cantera
Fecha de la última repavimentación	Fecha (año) cuando resurgió el pasado
Ambiente	Urbanas, rurales, etc.
tipo de construcción	/ Rígido / compuesto flexible
El tipo de tratamiento de superficie *	sello lechada / de alta fricción de superficies
Fecha de la última tratamiento de superficie *	Fecha de tratamiento superficial colocó
contratista *	Nombre y datos de contratista que pusieron la última rejuvenecimiento
Costo *	El costo total del plan de rejuvenecimiento
SIG *	Las coordenadas de un polígono de la zona

Fuente: Elaboración propia.

Longitud: La longitud (en km) de la carretera en cada clase está disponible en el horario de las carreteras. Debería ser actualizado anualmente como mínimo. Otras actualizaciones son apropiadas, si tienen adiciones significativas ha hecho a la red, por ejemplo, la toma a cargo de grandes nuevos polígonos. Se debe tener cuidado al comprobar que las longitudes celebradas en el calendario de carretera son correctas y que los segmentos no lo hacen, por ejemplo, extenderse en el medio de una unión.

Ancho de la calzada: La anchura media (en metros) de cada segmento debe ser registrada. Cuando anchos no se conocen, se deben utilizar los valores por defecto estimados. El PMS debe ser capaz de grabar una anchura media para cada segmento de carretera de la que una superficie se puede calcular. Calzada anchura se define como entre bordillos en las vías urbanas y hasta el borde de rodadura en carreteras rurales.

Clasificación de ruta: la clase de la carretera - nacional, regional, local, etc.

Número de Impacto Vial: Un número asignado a cada vial de acuerdo a su importancia como estratégica ruta de tráfico.

Tipo de superficie: El tipo de superficie para cada segmento de carretera debe ser registrada. Cuando un segmento comprende más de un tipo de superficie, el tipo que cubre la mayoría del segmento debe ser grabado. Si el segmento de carretera es largo (> 500 m) debe considerarse la posibilidad de crear dos nuevos segmentos. Esto sólo debe llevarse a cabo donde es probable que se mantenga el diferente tipo de superficie en el futuro, es decir, los futuros trabajos de mantenimiento no es probable que el tratamiento de la totalidad de lo existente segmento con el mismo material. El tipo de superficie debe ser registrada utilizando un código estandarizado.

Superficie especificación de material: Para cada longitud de la superficie de los detalles de la especificación de material deben ser registrados (por ejemplo, Curso de hormigón de asfalto en superficies densas).

Fuentes de materias: Los detalles de donde la piedra vino de para el material de revestimiento, es decir, la cantera. Estos datos son útiles si se presentan fallas

tempranas de la vida y una autoridad vial quiere entender el riesgo de nuevos fallos a partir de materiales de la misma fuente.

Fecha de la última repavimentación (años): El año en que se realizó la última repavimentación debe ser registrado para cada segmento. Se acepta que estos datos sólo estarán disponibles para los recientes años. Como mínimo, las autoridades viales deben registrar estos datos a partir de ahora. Un esfuerzo para poblar datos históricos, como el de los contratos de trabajo desde el último número de años de valor de contrato registros, sería de gran ayuda para hacer esta información útil para ayudar a la planificación de los trabajos.

Ambiente: Cada segmento de carretera debe ser identificado como siendo ya sea en un urbana o rural ambiente. La definición de las zonas urbanas es una carretera con un límite de velocidad de 50 km/h o menos.

Tipo de construcción: La forma de construcción de la carretera, flexible, rígida o compuesta.

El tipo de tratamiento superficial: Algunas autoridades de tráfico pueden tener áreas significativas que han sido tratados con un tratamiento de superficie, típicamente un sello en suspensión o revestimiento de alta fricción (por ejemplo, en se aproxima a una señal de tráfico). Algunos de estos tratamientos tienen vidas significativas esperadas más bajos que las superficies de rodadura que los rodean. Cuando existen cantidades significativas, el camino autoridad desee almacenar un registro de estas áreas para ayudar al desarrollo del programa de mantenimiento. Nota: Estos elementos de datos se consideran opcionales en términos de esta guía.

Fecha del último tratamiento de superficie: Cuando las autoridades de la carretera deciden grabar los tratamientos de superficies fecha (año) cuando se colocó debe ser registrada.

Contratista: Donde las obras han sido llevadas a cabo por el contratista, el nombre y datos de contacto el contratista que colocó la última repavimentación o tratamiento en cada segmento se puede grabar.

Costo: El coste total del sistema de rejuvenecimiento se puede grabar. El costo se escalonará los segmentos de carretera pertinentes pro rata, en base a la longitud de cada segmento.

1.6.5. Evaluación de la Calidad de los Datos

Para facilitar la evaluación de la calidad de los datos de inventario de carreteras, un simple método de evaluación es proporcionado a continuación. Se recomienda que se revise la calidad de datos, al menos anualmente. Más controles frecuentes de calidad de datos pueden ser apropiados, cuando una autoridad camino descubre que sus datos son poco fiables, en la medida en que no se considera adecuado para utilizarlo para la planificación de mantenimiento obras y / o la estimación de costes.

La confianza de los datos debe ser registrada para cada uno de los siguientes elementos:

a) Inventario de calzada, b) Anchura, c) Tipo de superficie, d) Fecha de la última repavimentación, y Tipo de construcción.

Inventario de acera: Longitud, Anchura y Tipo de superficie. Se consignará la fuente de los datos en poder de cada uno de los elementos anteriores para cada segmento de carretera en el PMS utilizando el siguiente cuadro. Las OMP entonces atribuir el nivel de confianza se muestra a cada elemento de datos individual para cada segmento.

Muchas autoridades viales tendrán una necesidad de recoger datos adicionales. Un número de métodos se disponible para la recogida de datos de inventario. Los métodos más comunes se describen a continuación junto con una evaluación de las ventajas y desventajas de cada método.

Caminaba recopilación de datos Inspector: Los datos de inventario pueden ser recogidos utilizando los recursos existentes, que están capacitados para capturar relevantes detalles durante sus actividades normales de inspección.

Ventajas: El uso de los recursos existentes para recopilar datos significa que la recopilación de datos puede integrarse en otras inspecciones. Mientras que esto retardará inspecciones abajo, se tarda mucho menos tiempo que la realización de un separado, dedicado caminaba datos de ejercicio de recolección. Una ventaja significativa de recogiendo datos que faltan con los inspectores es el hecho de que los inspectores estarán capacitados para registrar activos datos. El mantenimiento posterior de los datos, cuando se realizan cambios en el activo como resultado de trabajos de mantenimiento, etc. entonces pueden llevarse a cabo de manera similar, evitando la necesidad de repetidas realizar encuestas o procurar la recopilación de datos.

Desventajas: la recogida de datos inicial utilizando este método puede llevar mucho tiempo y puede retrasar las inspecciones abajo. Si un régimen de inspecciones no

está en su lugar, la recolección de los datos se ser esporádicos y requeriría algunas inspecciones adicionales a realizar, para asegurar que el activo está totalmente inspeccionó.

Costo relativo: Este método de recogida de datos para el inventario es el método más barato y más viable disponible en el largo plazo. Una vez que se inspectores entrenados en y capaz de utilizar datos adecuado dispositivos de recogida, el costo adicional es baja. Algunos de inversión pueden ser necesarios en el ordenador de hardware (dispositivos de captura de datos de mano) y el software asociado. Esta inversión puede por lo general justificarse por el ahorro de tiempo del personal de manejo de datos en papel de las inspecciones, aunque una Se requiere sistema de software adecuado para almacenar y analizar los datos resultantes, con el fin de hacer este ejercicio plenamente justificado.

Caminaba Recolección de Datos: Los datos de inventario pueden ser recogidos utilizando los recursos existentes, que están capacitados para capturar relevantes detalles como un ejercicio de levantamiento independiente.

Ventajas: Recolección de datos mediante una encuesta adicional caminado, por los recursos existentes, tiene la ventaja de que los datos sean capturados por personas que puedan utilizar posteriormente. Una encuesta caminaba permite que todos los datos a ser capturados. El uso de los recursos existentes para recopilar los datos significa que son entrenados en el proceso de captura de datos y luego puede ayudar posteriormente con el mantenimiento de los datos.

Desventajas: Dependiendo de la cantidad de datos que falta, la recogida de datos por parte adicional encuesta puede ser largo y costoso. Si los datos requeridos son solamente los datos de pavimento, entonces la encuesta puede requerir una gran

cantidad de caminar para recoger una cantidad relativamente modesta de los datos.

Inventarios topográficos: Este método implica el uso de métodos de levantamiento topográfico para localizar con precisión los datos de inventario. Esto típicamente comprendería la colección de elementos de puntos, líneas y polígonos para cada uno de los activos tipos recogieron.

Ventajas: Este método proporciona un alto nivel de precisión de ubicación. Registros detallados de donde Se requieren áreas, que proporciona datos de polígono que puede presentarse en formato gráfico refleja mejor la realidad de los datos de línea.

Desventajas: El nivel de precisión que los levantamientos topográficos proporcionan no es necesaria para muchos Los activos que carretera. Los datos, una vez recogidos, a continuación, han de ser gestionado por los demás y colección a través de este método no ayuda a la creación de un recurso capaz de mantener los datos actualizados.

Captura de vídeo digital: Este método implica el uso de equipos de vídeo digital montado en un vehículo especializado para capturar datos. Se llevó a cabo la encuesta, conduciendo el vehículo alrededor de la ruta encuesta. Los datos se toman-off entonces, ya sea automáticamente para algunos elementos con un sofisticado software o por un operador de visualización posteriormente los videos y la digitalización de los datos requeridos.

Estudios de las condiciones basados en vehículos: Este método implica el uso de datos, por lo general un video, recogidos durante la condición de encuestas

basadas en vehículos, como fuente de datos de inventario. Encuestas como el Reino Unido “Escáner” condición encuestas típicamente recopilar datos de vídeo. Es similar al método anterior, pero por lo general no se aplicaría tales tecnologías de vídeo sofisticado.

Fotografía aérea: Este método utiliza fotografías aéreas como medio de identificación de áreas y localización de activos. Este método se utiliza muy poco para la recolección de datos de gestión de activos de carreteras.

El rendimiento del pavimento es una función de su capacidad relativa para servir al tráfico durante un período de tiempo. Típicamente, se usa un sistema de mediciones objetivas para cuantificar la condición y el rendimiento de un pavimento. Estos sistemas se utilizan para ayudar a tomar los siguientes tipos de decisiones:

1. Establecer prioridades de mantenimiento. Los datos de condición, como la rugosidad, la alteración de la superficie y la desviación, se utilizan para establecer los proyectos que más necesitan mantenimiento y rehabilitación. Una vez identificados, los proyectos en las condiciones más pobres se evalúan más de cerca para determinar las estrategias de reparación.
2. Determine las estrategias de mantenimiento y rehabilitación. Los datos de las encuestas de problemas de superficie se utilizan para desarrollar un plan de acción año tras año; es decir, qué estrategia (parcheo, BSTs, superposiciones, reciclaje, etc.) es la más adecuada para una determinada condición del pavimento.
3. Predecir el rendimiento del pavimento. Los datos, como la rugosidad, la resistencia al deslizamiento, la tensión superficial o una clasificación combinada, se proyectan en el futuro para ayudar a preparar presupuestos a

largo plazo o para estimar el estado de los pavimentos en una red dado un presupuesto fijo.

1.6.6. Aspereza

La rugosidad del pavimento es una expresión de irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente la calidad de conducción del vehículo. La aspereza es una característica importante del pavimento porque afecta no solo la calidad del andar, sino también los costos operativos del vehículo, el consumo de combustible y los costos de mantenimiento. El Banco Mundial descubrió que la aspereza de las carreteras era un factor principal en los análisis y compensaciones que involucraban la calidad de las carreteras frente al costo del usuario.

Las mediciones de rugosidad se pueden realizar de varias maneras, incluyendo instrumentos topográficos, inclinómetros portátiles, perfilógrafos, medidores de rugosidad de la carretera de tipo de respuesta (RTRRM) y dispositivos de perfilado. Los métodos más comunes implican profilografías y dispositivos de creación de perfiles. Para las encuestas de estado del pavimento, algunos DOT registran el perfil de la superficie del pavimento utilizando equipos láser montados en una camioneta recolectora especialmente equipada y luego convierten este perfil en una medición de rugosidad. Además de recopilar datos de perfil, estas furgonetas también registran datos de celo.

1.6.7. Falla superficial

La dificultad en la superficie es "Cualquier indicación de un rendimiento del pavimento pobre o desfavorable o signos de una falla inminente; cualquier

rendimiento insatisfactorio de un pavimento sin fallas. Los modos de dificultad de superficie se pueden clasificar ampliamente en los siguientes tres grupos:

1. Fractura. Esto podría ser en forma de agrietamiento o astillamiento como resultado de cargas excesivas, fatiga, cambios térmicos, desprendimiento, deslizamiento o contracción.
2. Distorsión. Esto es en forma de deformación, que puede ser el resultado de cosas como carga excesiva, fluencia, densificación, consolidación o hinchamiento de la subrasante.
3. Desintegración. Esto es en forma de desmoldeo o reventado, que puede ser el resultado de cosas tales como la pérdida de adherencia, la reactividad química, la abrasión del tráfico, la degradación del agregado o el envejecimiento del aglutinante.

Por lo tanto, la angustia de la superficie estará relacionada de alguna manera con la rugosidad (cuantas más grietas, distorsión y desintegración haya, más rugoso será el pavimento), como integridad estructural (la angustia de la superficie puede ser un signo de problemas estructurales inminentes o actuales).

Las técnicas de medición de dificultad superficial son en gran medida visuales. Las técnicas más sencillas y menos costosas usan individuos o equipos de individuos para calificar subjetivamente las secciones de pavimento según la angustia observada. Técnicas más avanzadas registran imágenes de video de la superficie del pavimento a velocidad de autopista usando cámaras de alta resolución en una camioneta especialmente equipada. La evaluación se realiza manualmente al reproducir el video en estaciones de trabajo especialmente diseñadas, mientras que los equipos entrenados califican la superficie de la carretera grabada o automáticamente mediante el software de la computadora.

1.6.8. Resistencia al deslizamiento

La resistencia al deslizamiento es la fuerza desarrollada cuando un neumático que no puede girar se desliza a lo largo de la superficie del pavimento. La resistencia al deslizamiento es un parámetro importante de evaluación del pavimento porque:

1. Una resistencia inadecuada al deslizamiento puede provocar una mayor incidencia de accidentes relacionados con el patinazo.
2. La mayoría de las agencias tienen la obligación de proporcionar a los usuarios una carretera que sea "razonablemente" segura.
3. Las mediciones de resistencia al deslizamiento pueden usarse para evaluar varios tipos de materiales y prácticas de construcción.

La resistencia al deslizamiento cambia con el tiempo. Por lo general, aumenta en los primeros dos años posteriores a la construcción, ya que la capa de aglutinante de asfalto que recubre la capa superior de agregado se desgasta por el tránsito, luego disminuye durante la vida restante del pavimento a medida que los agregados se pulimentan. La resistencia al deslizamiento también es más alta en el otoño e invierno y más baja en la primavera y el verano. Esta variación estacional puede sesgar los datos de resistencia al deslizamiento si no se compensa adecuadamente.

Algunos DOT miden la resistencia al deslizamiento utilizando un comprobador de deslizamiento de ruedas bloqueadas, que básicamente emplea una rueda de prueba que se bloquea mientras rueda y patina a lo largo de la superficie probada cuando se aplica un chorro de agua por delante (para simular peores condiciones). Los datos obtenidos se utilizan para medir la resistencia a la fricción de la superficie probada.

1.6.9. Desviación

La magnitud y la forma de la deflexión del pavimento son una función del tráfico (tipo y volumen), la sección estructural del pavimento, la temperatura que afecta la estructura del pavimento y la humedad que afecta la estructura del pavimento.

Por lo tanto, muchas características de un pavimento HMA pueden determinarse midiendo su desviación en respuesta a la carga. La desviación de la superficie se mide como la distancia desviada vertical de la superficie del pavimento como resultado de una carga aplicada (estática o dinámica). Los dispositivos de medición más avanzados registran esta desviación vertical en múltiples ubicaciones, lo que proporciona una caracterización más completa de la deflexión del pavimento. El área de deflexión del pavimento debajo y cerca de la aplicación de carga se conoce colectivamente como la "cuenca de deflexión".

1.6.9.1. Trabajos de Campo

Las actividades o trabajos de Campo para la medición de los deterioros se realizaron mediante la determinación del valor de la Condición del Pavimento (PCI), para lo cual previamente se determinó que la evaluación se realice en la totalidad del tramo cada 50 metros longitudinales, esta recopilación de datos nos ha permitido definir cantidades de intervención. La Evaluación de la Condición Superficial en el tramo incluyeron también las Bermas.

Para la ejecución de los Trabajos de Campo se ha utilizado el método Convencional mediante la Norma ASTM D 6433-03: Determinación del valor del Pavement Condition Index (PCI).

1.6.9.2. Trabajos de Gabinete

Los Trabajos de Gabinete se han realizado mediante la interpretación de los resultados de los datos de campo, obteniendo como resultado los tramos homogéneos definidos del análisis estadístico que son complementados con los demás resultados de evaluación de pavimentos es decir sectorización de subtramos de acuerdo a la identificación del deterioro y su magnitud.

La condición superficial del pavimento de una vía muestra al usuario, el buen o mal estado de una vía, y que se manifiestan a través del proceso de envejecimiento de la superficie de rodadura, en especial cuando se trata de pavimentos flexibles. El presente trabajo tiene como principal objetivo; identificar, cuantificar y plantear medidas correctivas frente a los diferentes deterioros que se presentan en los pavimentos acorde al período de servicio para el cual fue estructurado y basados en los términos de referencia se está empleando la metodología normada por el ASTM D 6433 – 03 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, que consiste en determinar el Índice de la Condición del Pavimento PCI (Pavement Condition Index). La recopilación de datos se viene obteniendo mediante el sistema convencional. A continuación, se describe brevemente la metodología:

Definición: El Índice de la Condición de Pavimentos (PCI), viene a representar la condición del pavimento en forma numérica, cuyo rango fluctúa entre 0 y 100. Se calificará con cero (0) a la peor condición posible, y 100 será la mejor condición posible.

Evaluación de la Condición del pavimento. Es una descripción verbal de la condición del Pavimento como una función del valor del PCI que varía de “Fallado” a “Excelente” tal como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla N° 4: Índice de la Condición del Pavimento y escala de la evaluación.

Valor del PCI		Evaluación
De	a	
85	100	Excelente
70	85	Muy Bueno
55	70	Bueno
40	55	Aceptable
25	40	Pobre
10	25	Muy Pobre
0	10	Fallado

Fuente: Elaboración propia.

Deterioros del Pavimento: Es un indicador externo del proceso del deterioro causado por la carga, factores ambientales, o deficiencias en el proceso constructivo, o una combinación de estos. Los deterioros típicos son grietas o fisuras, ahuellamientos, y envejecimiento (oxidación) de la superficie del Pavimento.

Sección del Pavimento: Es un área continua de Pavimento que, con características uniformes de construcción, mantenimiento, historial, y condiciones. Una sección deberá tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de cargas.

Unidad de muestra del Pavimento: Es una división de una sección del Pavimento que tenga un tamaño Standard; ejemplo:

Tabla N° 5: Tamaño de la Muestra.

Tipo de	Tamaño de la Muestra		
	ideal	Mínimo	máximo
Rígidos	20 losas	12 losas	28 losas
Flexible	450 m ²	270 m ²	630 m ²
Mixto			

Fuente: Elaboración propia.

Mínimo Número de Unidad de Muestras (n).- El mínimo número de unidad de muestra que deberá evaluarse dentro de una sección para obtener una adecuada estimación estadística (95 % de Confianza) del PCI de la sección es calculada empleando la siguiente fórmula y el redondeo al número entero superior próximo:

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\left(\frac{e^2}{4}\right) * (N - 1) + s^2\right)}$$

Donde:

e = Error aceptable en estimación del PCI en la sección, comúnmente,

e = +/- 5 puntos PCI.

S = Desviación Standard del PCI de una unidad de muestra, a otra dentro de la sección. Cuando es la primera evaluación. Asumir 10 para pavimentos flexibles y 15 para rígidos.

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

Procedimiento de Evaluación:

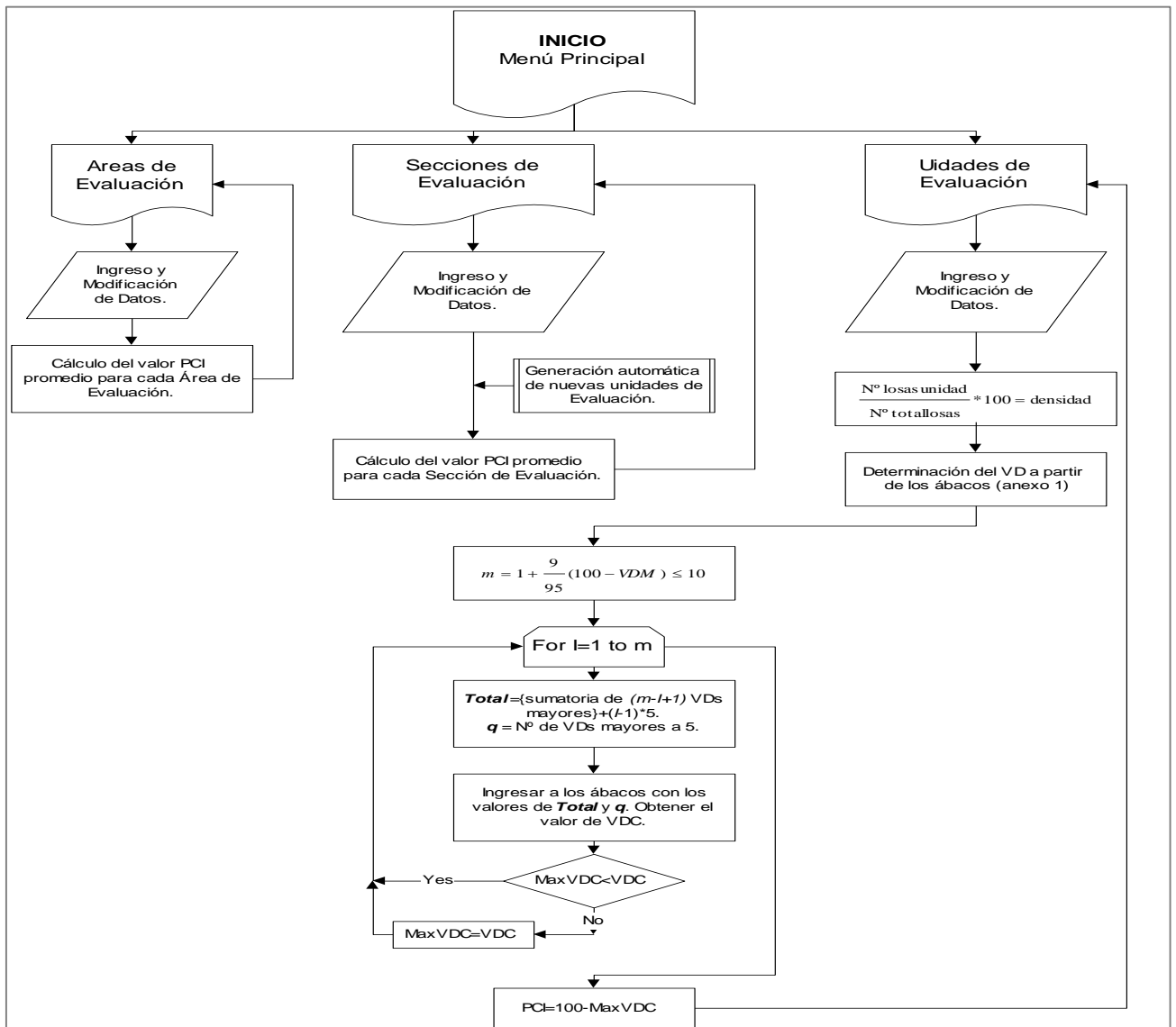
El objetivo de este estudio fue desarrollar un Índice de Condición de Pavimento (PCI) para carreteras para proveer al ingeniero de:

1. Un método Standard para evaluación de la condición estructural y de la superficie (operacional) de una sección de pavimento.
2. Un método para determinar necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición del pavimento.
3. Un método para determinar comportamiento mediante determinación continúa del PCI.

El método determina el Índice de Condición del Pavimento (PCI) con base en información obtenida de una inspección visual. Este índice ayuda al ingeniero en procesos de evaluación, determinación de labores y prioridades de mantenimiento y reparación. El grado de deterioro de un pavimento es función de:

- ✓ El tipo de falla.
- ✓ La severidad de la falla (ancho de las grietas, etc.).
- ✓ La densidad de la falla (% del área afectada).

Figura N° 2: Diagrama de Flujo PCI.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2 muestra esquemáticamente la secuencia necesaria para determinar el PCI.

Ecuación PCI:

$$PCI = 100 - \left[\sum_{i=j}^P VD(T_i, S_j, D_{II}) \right] * F \quad (1)$$

Donde:

PCI = Índice de Condición de Pavimento

VD() = Valor de deducción, en función del tipo de falla (Ti),
severidad

(Sj), y Densidad de las fallas

(Dij) observables en el pavimento.

I = Tipos de falla.

J = Grados de severidad

P = Números de fallas en el pavimento analizado.

Mi = Grados de severidad para la falla "i".

F = Factor de ajuste, en función de la sumatoria total y el número de
Valores de deducción mayores que 5.

Tipos de Falla: Cada falla en el pavimento evaluado debe ser clasificada dentro de los distintos tipos de falla descritos en el método (Tabla N° 4).

Tabla N° 6: Fallas consideradas en PCI pavimentos flexibles.

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	Grieta Piel de Cocodrilo	m ²
2	Exudación de Asfalto	m ²
3	Grietas de Contracción (Bloque)	m ²
4	Elevaciones - Hundimiento	m
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Grietas de Borde	m
8	Grietas de Reflexión de Juntas	m
9	Desnivel Calzada - Hombrillo	m
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal	m
11	Baches y Zanjas Reparadas	m ²
12	Agregado Pulidos	n°
13	Huecos	m ²
14 *	Cruce de Rieles	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación por Empuje	m ²
17	Grietas de Deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación y Desintegración	m ²

Fuente: Elaboración propia.

Severidad de Falla: En vista de las variaciones de severidad que presentan los tipos de fallas, se han descrito los diferentes niveles contemplados en el método para cada falla.

Valor de Deducción: Estos valores (VD) son determinados en función del tipo de falla, su severidad y su densidad en el pavimento.

Factor de Ajuste: Este factor permite ajustar el valor total de deducción cuando más de un tipo de falla afecta sustancialmente la condición del pavimento.

La Tabla N°5 indica los diferentes niveles de clasificación del pavimento en función del valor **PCI**.

Tabla N° 7: Escala del PCI (ASTM D 6433).

PCI	CONDICIÓN
100	Excelente
85	Muy Bueno
70	Bueno
55	Aceptable
40	Malo
25	Muy Malo
10	Inaceptable
0	Inaceptable

Fuente: Elaboración propia.

Deterioros en Pavimentos Flexibles

Es importante que el evaluador del pavimento este familiarizado con los tipos de fallas, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en el método. Los tipos de deterioros más comunes en pavimentos asfálticos son: grietas del tipo piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y transversales, baches, huecos, ahuellamientos, y desintegración superficial.

El resto de los tipos de deterioro considerados en el método, son encontrados menos frecuentemente. Es importante aclarar algunos puntos que generalmente presentan duda con respecto a la forma de medición de distintas fallas:

1. Si están presentes las grietas piel de cocodrilo y ahuellamiento en la misma área, ambas fallas se miden separadamente.

Figura N° 3: Piel de cocodrilo y ahuellamiento en pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

2. Si el pavimento presenta exudación, el agregado pulido no se cuenta en la misma área.

Figura N° 4: Exudación y agregado pulido en pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

3. Si existen grietas en los bordes de una falla de elevación – hundimiento, (Falla 4), éstas se miden separadamente.

Figura N° 5: Grieta de borde y hundimiento en pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

4. La falla 4 (elevaciones – hundimientos) se miden longitudinalmente y no por área.
5. Fallas en un bache no se cuentan, ellas sólo afectan la severidad del bache.
6. Los huecos se miden por número de huecos con una determinada área y no como área total.

Figura N° 6: Huecos en pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

En algunos casos se requiere entender como es afectada la calidad de rodaje por diversos tipos de falla a fin de determinar su severidad.

El efecto sobre la calidad de rodaje es:

Bajo: Las vibraciones o saltos en el vehículo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort.

Medio:

1. Se producen vibraciones o saltos significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort.
2. Saltos individuales o continuos que producen molestias.

Alto:

1. Excesivas vibraciones hacen reducir considerablemente la velocidad.
2. Saltos individuales, que producen gran molestia peligro o posible daño vehicular.

Esta evaluación debe hacerse en vehículos "Standard" y a la velocidad máxima permitida en la vía.

El método de PCI puede resumirse en los siguientes pasos:

En una red vial, se identifican los tramos y las secciones que son levantados en un inventario de fallas por muestreo.

1. Cada tipo de pavimento tiene un número definido de fallas posibles, según el tipo de pavimento.
2. Para cada falla se define: el tipo de falla, el nivel de severidad, y sus medidas de la falla, para luego calcular su densidad.
3. Se define el Índice de Condición de Pavimento (PCI) con las curvas desarrolladas por el Cuerpo de Ingenieros de US Army y el Sistema PAVER.
4. Por medio de un muestreo estadístico de las secciones de pavimento que forman los tramos de la red vial, el levantamiento de campo y los conceptos anteriores, se establece el valor del PCI para cada una de las secciones encuestadas.
5. Se proyecta la variación del PCI de un pavimento muestreado con tráfico y el tiempo si no se efectúa ninguna acción correctiva.
6. Cada tipo de falla tiene una actividad de mantenimiento asociada que la elimina totalmente o reduce su efecto negativo a la condición del pavimento en forma significativa.
7. En sistema PAVER aplica una estrategia de mantenimiento que consiste en determinar la cantidad de cada actividad de mantenimiento, de acuerdo a criterios de ingeniería, el valor del PCI límite hasta la reconstrucción del camino.

Para aplicar este método es necesario definir algunos conceptos, tales como:

Red Vial: la red consiste en unos o más tramos de pavimento, que alternadamente pueden consistir en una o muchas secciones de pavimento.

Tramos: es una parte fácilmente identificable de la red del pavimento y tiene una función específica.

Sección: es una parte del tramo que tiene ciertas características tales como la composición estructural y la condición del pavimento.

Muestra: es el componente más pequeño de la red vial, cada sección es subdivida en muestras para su inspección usando técnicas estadísticas de muestreo que garantizan la representatividad de la sección.

1.6.9.3. Tipos de fallas en pavimentos rígidos

El estrés compresivo excesivo provoca el deterioro de las articulaciones, lo que se denomina desprendimiento. Esto puede estar relacionado con la infiltración articular o el crecimiento del pavimento, que son causados por los agregados reactivos.

El concreto de baja calidad o la técnica de construcción también resultarán en desprendimiento de juntas. Se pueden observar pequeños bordes a grandes salpicaduras en la parte posterior de la losa y hasta las uniones.

Las principales causas de desprendimiento de juntas en pavimentos rígidos son:

1. Uniones sometidas a un estrés excesivo debido al alto tráfico o por la infiltración de cualquier material incompresible
2. Las juntas que se construyen con hormigón débil.
3. Articulación que se acumula con el agua que produce un rápido congelamiento y descongelamiento.

Figura N° 7: Descascaramiento de juntas en losas de pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia.

La diferencia en la elevación entre las uniones se llama fallas. Las principales causas de fallas en pavimentos rígidos por fallas son:

1. Asentamiento del pavimento causado por cimientos blandos.
2. El bombeo o la erosión del material debajo del pavimento, dando lugar a vacíos debajo de la losa del pavimento que causa el asentamiento
3. Los cambios de temperatura y los cambios de humedad que causan el rizado de los bordes de la losa.

Figura N° 8: Fallas con diferencia en las elevaciones encontradas entre las uniones.



Fuente: Elaboración propia.

Agregado pulido en pavimentos rígidos

La aplicación del tráfico repetido conduce a esta angustia. Estas son las fallas en los pavimentos rígidos causados cuando los agregados sobre la pasta de cemento en el caso de PCC son muy pequeños o los agregados no son rugosos o cuando tienen forma angular, por lo que no puede proporcionar suficiente resistencia al deslizamiento para los vehículos.

El grado de pulido debe especificarse antes de llevar a cabo la construcción. Este estudio se incluye en la encuesta de condición, donde se menciona como un defecto.

Figura N° 9: Agregados Pulidos en pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia.

Encogimiento de grietas en pavimentos rígidos

Estas son grietas finas que tienen menos de 2 m de longitud. No atraviesan toda la losa. El proceso de fraguado y curado de la losa de concreto da como resultado tales grietas. Estos se deben a una mayor evaporación del agua debido a grietas de mayor temperatura. El curado incorrecto también puede crear grietas por contracción en pavimentos rígidos.

Figura N° 10: Cracking de agrietamiento en pavimentos.



Fuente: Elaboración propia.

Efectos de bombeo

La expulsión de agua de debajo de una capa del pavimento se denomina bombeo. Esta angustia es causada debido a las cargas activas del vehículo sobre el pavimento de una manera repetitiva. Esto dará como resultado que los materiales finos presentes en la sub base se muevan junto con el agua y sean expulsados con el agua.

Los huecos más grandes se crean debajo del pavimento debido a la expulsión repetida. Las manchas en el pavimento o en la superficie del hombro son el método mediante el cual se evidencia este tipo de falla del pavimento rígido.

Se puede evitar el bombeo mediante la prevención de la acumulación de agua en la interfaz de la subbase del pavimento. Esto se puede lograr reduciendo la desviación a un valor mínimo y proporcionando una sub-base sólida y bien construida.

La subbase construida debe tener suficientes instalaciones de drenaje para que la subasada a continuación no esté saturada. La construcción moderna de

pavimentos hace uso de un sistema de drenaje subterráneo que es la mejor solución para bombear socorro.

Descascaramiento de esquina en pavimentos rígidos

Estas son las fallas en los pavimentos rígidos causadas por el bombeo en una velocidad excesiva. Cuando el bombeo elimina completamente el soporte subyacente que ya no existe más soporte para tomar la carga del vehículo, se crean las grietas de la esquina. El método de reparación es el reemplazo completo de la losa o la reparación para la profundidad total debe llevarse a cabo.

Figura N° 111: Fallas descascaramiento de esquina en pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia.

Punch-out en pavimentos rígidos

Un área localizada de la losa de concreto que se rompe en pedazos se llamará como perforación por perforación. Esta angustia puede tomar cualquier forma o forma. Estos se definen principalmente por juntas y grietas. Las juntas y grietas mantendrán principalmente 1,5 m de ancho. La razón principal detrás de las perforaciones son las cargas pesadas y repetidas, la insuficiencia del espesor

de la losa, la pérdida de soporte de la cimentación o la deficiencia de la construcción, como el panal.

Figura N° 12: Fallas de Punch-out en pavimentos rígidos.



Fuente: Elaboración propia.

Grietas lineales en pavimentos rígidos

Este tipo de fallas en pavimentos rígidos divide la losa en dos o tres piezas. La razón detrás de tales fallas es la carga de tráfico en niveles repetidos, la curvatura debida al gradiente térmico y la carga de humedad repetidamente.

Figura N° 13: Cracking lineal en pavimentos rígidos.



Fuente: Elaboración propia.

Grieta de durabilidad “D” en pavimentos rígidos

La acción de congelación y descongelación creará una expansión y contracción regulares que resultarán en la ruptura gradual del concreto. Este tipo de angustia son patrones de grietas en la superficie del concreto como capas paralelas y más cercanas a las juntas.

Las juntas y grietas son las áreas donde el concreto parece estar más saturado. Aquí se encuentra un depósito oscuro y se llama grietas 'D'. Esta falla del pavimento rígido finalmente resultará en la desintegración completa de toda la losa.

Figura N° 14: Cracking lineal.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 8: Estrategias de tratamiento de pavimentos flexibles y de concreto consideradas en la Fase VI.

Estrategias de tratamiento de pavimentos flexibles	Estrategias de pavimento concreto
Superposición de HMA delgada	Superposición de HMA delgada
Curso Abierto de Fricción Graduada (OGFC)	Curso Abierto de Fricción Graduada (OGFC)
Curso de uso ultradelgado en condiciones de servidumbre (UTBWC)	Curso de uso ultradelgado en condiciones de servidumbre (UTBWC)
Microsuperficie	Microsuperficie
Granallado / abrasión	Granallado / abrasión
Revestimiento de alta fricción (HFS)	Revestimiento de alta fricción (HFS)
Sello de viruta (varios tipos de carpetas)	Molienda de diamante
Sello del cabo	Ranurado
Sello de fregado	Superficie de concreto de próxima generación
Sello de lechada	
Micro-molienda	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y nivel de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Aplicada: Porque se va utilizar teorías existentes como el método del PCI, Parámetros del MTC, Gestión Vial, y Tipos de intervención para dar soluciones a problemas prácticos de las fallas del pavimento.

Enfoque mixto: porque la toma de datos es de forma cuantitativa con el uso de la norma del MTC o el ASTM 6433, cuyo resultado nos dará en forma cuantitativa. Y la forma de cómo se va a intervenir o la alternativa de solución son cualitativa.

2.1.2. Nivel de investigación

Descriptivo: Porque describe la realidad y sin alteración del tipo de falla del pavimento.

2.1.3. Diseño de la investigación:

No experimental: Porque se realiza sin manipular deliberadamente las variables, lo que se hace es observar, medir y analizar los tipos de fallas del pavimento, para luego calcular el tipo de intervención para su tipo de intervención.

Transversal: Porque se recolectan y/o miden los datos una sola vez de la variable, y de inmediatamente procede a su descripción o análisis del tipo de falla del pavimento.

Prospectiva: Porque se mide y/o analiza en el presente las causas de las fallas, y efecto en el futuro para poder decidir el tipo de intervención del pavimento, para obtener un pavimento en buen estado.

2.2. Operacionalización de Variables

Tabla N° 9: Operacionalización de Variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Evaluación PCI y manual del MTC	Métodos de identificación de patologías que tiene el pavimento (Cárdenas, 2016).	Variabilidad en Dimensiones, profundidades, formas y tipo de patologías características en el pavimento flexible (Cárdenas, 2016).	Tipo de patologías en el pavimento flexible Como: <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras de bloque. • Huecos. • Bacheos. • Pérdida de áridos. • Ahuellamiento. • Hinchamiento. 	Tipo y presencia de patologías en forma: Longitudinal, Vertical, transversal, Oblicuo, etc.	Razón
Fallas superficiales del pavimento	Deformación excesiva en el recorrido de un pavimento flexible se denomina falla superficial o falla en el rumbo (Martínez , 2014).	Deterioro que se manifiesta en la superficie del pavimento (MTC, 2013).	Grado de Afectación	Clase de falla y Nivel de severidad (Bajo, Medio , Alto.	Razón

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población y muestra

El pavimento de la pista del jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco, consta de 2500 m de pavimento fallados, con una calzada de 6.0 m.

Con un área de pavimentación con falla es de $2500 \times 6.0 = 15000 \text{m}^2$.

La muestra es aleatoria:

$K = 2$ (nivel de confianza al 95.5%)

$N = 15000 \text{ m}^2$ de pavimentos fallados

$P =$ se asume 50% = 0.5

$Q = 1 - p = 0.5$

$D =$ recisión 5% = 0.05

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$n = 6929 \text{ m}^2$ de pavimentos fallados a estudiar

2.4. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica sería la observación directa y ficha de observación que nos da la norma del MTC y/o el PCI.

2.5. Procesamiento y presentación de datos

Se observa las fallas del pavimento, se mide y se dibuja en una ficha de observación todas las fallas (piel de cocodrilo, ahuellamiento, fisuras, exudación, etc.).

El Procesamiento de datos en Excel y se va a desarrollar con el Método de Correlación Pearson.

En cualquier proyecto de construcción de carreteras, habrá uno o más inspectores asignados para verificar que se esté haciendo el trabajo conforme a las especificaciones, recopilar muestras de materiales si es necesario y monitorear el progreso. Pero, ¿qué buscan los inspectores exactamente? No pretende ser un misterio; su enfoque es asegurarse de que la carretera esté construida con materiales de construcción de calidad y que se sigan las mejores prácticas durante el proceso de construcción de la carretera. En esta edición del boletín RoadReady, veremos algunos de los conceptos y actividades involucradas en la inspección del proyecto.

Funciones de inspección

Una variedad de personas puede estar involucrada en la actividad de inspección del proyecto, ya sea a través del contratista que construye la carretera o con la agencia propietaria de la carretera. La inspección de la calidad del trabajo es naturalmente una cuestión importante para la agencia, pero los contratistas también pueden tener incentivos salariales vinculados a la calidad y participar en las inspecciones, dependiendo del tipo de proyecto y las especificaciones involucradas. Por ejemplo, una especificación QC / QA implica una combinación de control de calidad (QC), para el cual las inspecciones y pruebas son realizadas por el contratista, y garantía de calidad (QA) por parte de la agencia para validar los resultados del contratista.

Independientemente de las partes involucradas, un aspecto clave es que los inspectores se encuentran en una cadena de mando separada de los equipos que están construyendo la carretera. Están allí para monitorear y observar, en lugar de dar instrucciones. Si los inspectores notan un problema que requiere acción por parte del equipo de construcción, pueden comunicarse con un representante designado en el

equipo del contratista, como un capataz del proyecto, con autoridad para tomar decisiones y dirigir a los trabajadores en consecuencia.

Observación y muestreo

Cuando la actividad de la construcción está en curso, los inspectores del proyecto comúnmente pasan prácticamente todas sus horas de trabajo en el campo, observando el trabajo y recogiendo muestras de materiales según sea necesario. Un único proyecto de construcción a menudo crea una carga de trabajo completa para un inspector, y los proyectos grandes o complejos pueden requerir más de uno. Las responsabilidades también se dividen a veces entre un inspector de la oficina de campo, que observa e informa sobre la actividad de la construcción, y un técnico del laboratorio, que supervisa la recolección y prueba de las muestras. Además, los inspectores jefes o gerentes de proyecto pueden supervisar un equipo de inspección o coordinar el trabajo de inspección en múltiples proyectos.

¿Qué están mirando los inspectores?

Puede depender en parte del elemento del proyecto que están mirando, pero las observaciones de inspección generalmente tienen un propósito común, que es revisar el cumplimiento de los planes, materiales y especificaciones del proyecto. Esto incluye el uso de procedimientos de trabajo adecuados, materiales y lugares aprobados, y los siguientes requisitos de seguridad de la zona de trabajo.

Como ejemplo, los materiales de construcción comúnmente se controlan tomando muestras físicas y realizando pruebas para determinar si cumplirán con las especificaciones. Los técnicos e inspectores normalmente siguen protocolos definidos para garantizar que las muestras de materiales sean representativas y para detectar cualquier variabilidad significativa en el material. Algunas características del material

que un inspector puede verificar con una simple prueba en el campo, mientras que la evaluación de otras propiedades del material requerirá pruebas de laboratorio más sofisticadas. Los inspectores también necesitarán tomar varias medidas de campo, como lectura de temperatura o lectura de densidad del pavimento , para verificar que la construcción se realice de acuerdo con las especificaciones o para documentar el progreso del proyecto.

Documentación de inspección

Si le pregunta a un inspector cuáles de sus observaciones deben documentarse, probablemente le dirán "Todos". Esencialmente, la documentación de inspección debe incluir todo lo que pueda afectar la construcción o el rendimiento de la carretera que se está construyendo. Esto se extiende más allá de la actividad de la construcción a factores que van desde las características del sitio hasta las condiciones climáticas y el control del tráfico. Los inspectores a menudo también son responsables de documentar información esencial sobre las operaciones del proyecto, como la composición de equipos de trabajo y equipos, o cantidades de materiales de construcción a medida que se colocan o quitan. Esta documentación puede ser necesaria para asignar los pagos del contratista, rastrear el progreso o servir como evidencia si surgen preguntas sobre el trabajo más adelante.

El estándar típico utilizado por la mayoría de las agencias es que los inspectores deben presentar informes diarios para que sus supervisores puedan revisar la información rápidamente y abordar cualquier inquietud relacionada con el proyecto con prontitud. Los inspectores también deberían poder contactar a sus supervisores directamente para cuestiones que requieren una atención más inmediata. Históricamente, la documentación incluía registros en papel, como diarios de proyectos, informes de inspección y notas en libros de campo. A medida que la

tecnología mejora, las agencias buscan formas de capturar más de esa información directamente en forma electrónica.

Crear confianza en la calidad de la construcción

Respecto con lo mencionado anteriormente, las inspecciones no deben ser acerca de criterios misteriosos o secretos, todo lo que los inspectores buscan es en los planos y las especificaciones. Y en cierto sentido, tener inspectores allí para observar está diseñado para evitar que el buen trabajo se mantenga en secreto. Las inspecciones desempeñan un papel fundamental para garantizar que la agencia y, a su vez, el público en general que utiliza la carretera, puedan confiar en la calidad de su construcción. Cuando un proyecto de construcción produce un pavimento de calidad, es algo de lo que se debe enorgullecer, y desea que todos lo sepan.

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO UTILIZANDO LOS MÉTODOS DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS Y DEL MANUAL DEL M.T.C.

3.1. Estudios básicos

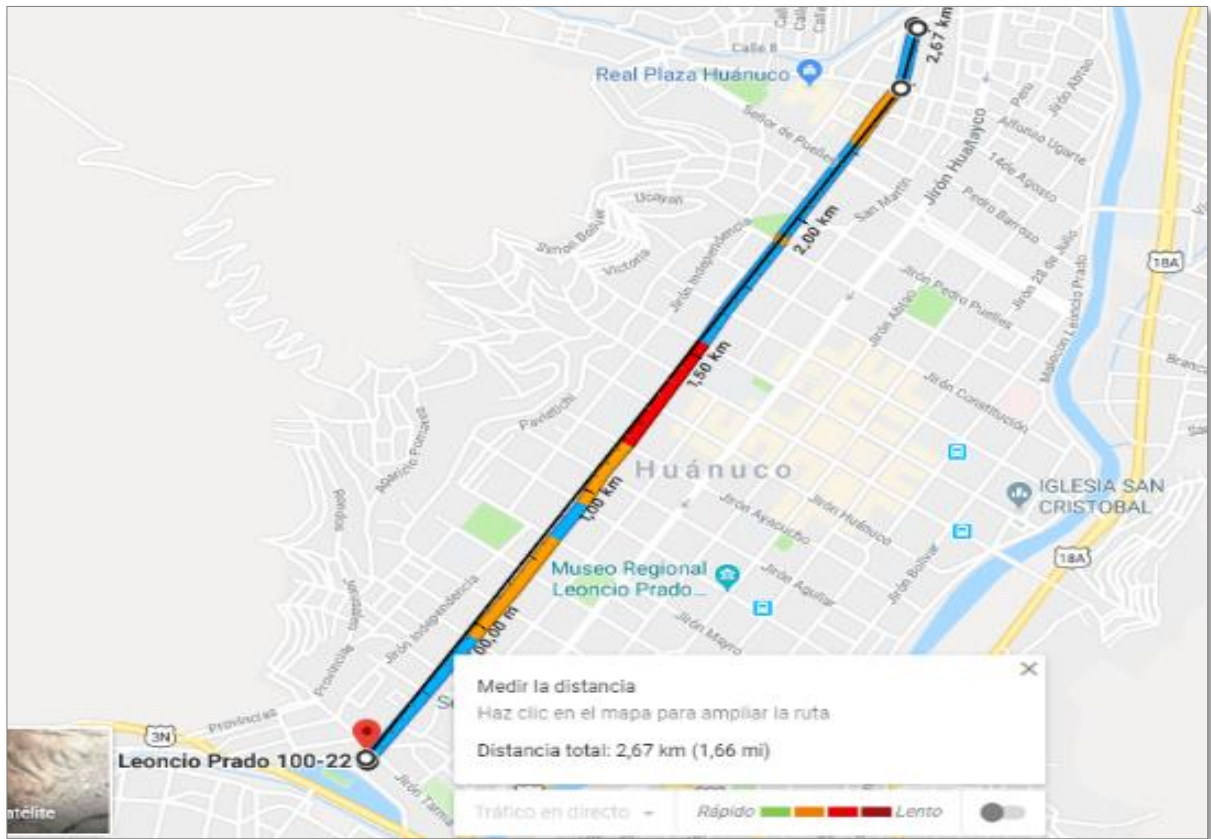
El proyecto de investigación ha sido enfocado en el Jirón Leoncio Prado del distrito de Huánuco, donde se evalúan las FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO UTILIZANDO LOS MÉTODOS DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS Y DEL MANUAL DEL M.T.C., donde su tránsito es medianamente pesado, con una longitud de 2.5 km.

Ubicación Geográfica:

La ubicación política de la zona en estudio es la siguiente:

Departamento	: Huánuco
Provincia	: Huánuco
Distrito	: Huánuco
Vía de estudio	: Jirón Leoncio Prado

Figura N° 15: Ubicación del proyecto de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Inspección del pavimento

Cada sección debe ser dividida en unidades de muestras, las cuales deben tener áreas de $230 \pm 93 \text{ m}^2$. El área total de la muestra usada para la evaluación de la Jirón Leoncio Prado es 6929.25 m^2 . De los cuales 5422.89 m^2 corresponden a la sección 1 y el resto 1506.36 m^2 a la sección 2. La sección 1 se divide en 18 unidades de muestras y la sección 2 en 5 unidades de muestras. Todas las unidades de muestras con un área de 301.27 m^2 .

Se ha realizado el levantamiento de fallas de las 23 unidades de muestreo, por lo cual no tendremos que hacer uso de las fórmulas para hallar el número mínimo de

unidades de muestreo, ni el intervalo de muestro, ni desviación estándar, ni muestras adicionales según la teoría descrita anteriormente.

3.2.1. Sección 1

Tabla N° 10: Hoja de registro 01.

Nombre de la vía: Jir. Leoncio Prado		Sección: 1		Und. De muestra: U2				
Ejecutor: Bihai Areche Flores		Fecha: 2018		Área: 301.27				
1. Piel de cocodrilo		7. Fisura de borde		11. Parcheo				
2. Exudación		8. Fisura de reflexión de junta		12. Agregado pulido				
3. Fisuras en bloque		9. Desnivel carril-berma		13. Baches				
4. Abult. y hund		10. Fisuras long. y transv		14. Ahuellamiento				
5. Corrugación				15. Desplazamiento				
				17. Hinchamiento				
				18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados				
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad	Valor deducido
3	Severo	32.2				32.2	10.69%	30.22
3	Moderado	255.41				255.41	84.78%	40.6
1	Severo	1.3	2.1	3.8	3.6	10.8	0.43%	48.11
11	Moderado	1.5	0.38			1.88	0.50%	7.5
18	Leve	0.2				0.2	0.07%	0
18	Moderado	0.4				0.4	0.13%	4.79

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar la densidad dividimos el metrado total por cada tipo de falla y severidad y la dividimos entre el total del área de la muestra. Por ejemplo, para la primera falla tenemos un total de metrado de 32.20 m² entre el área 301.27 m² tenemos 10.69%.

Para hallar el valor deducido de la primera falla hacemos uso de la curva de valor deducido para asfalto correspondiente a la falla fisura en bloque, la cual se encuentra anexada al final de la tesis. Ingresamos a la gráfica con la densidad 10.69 % para el nivel de severidad severo obteniendo como valor deducido 30.22.

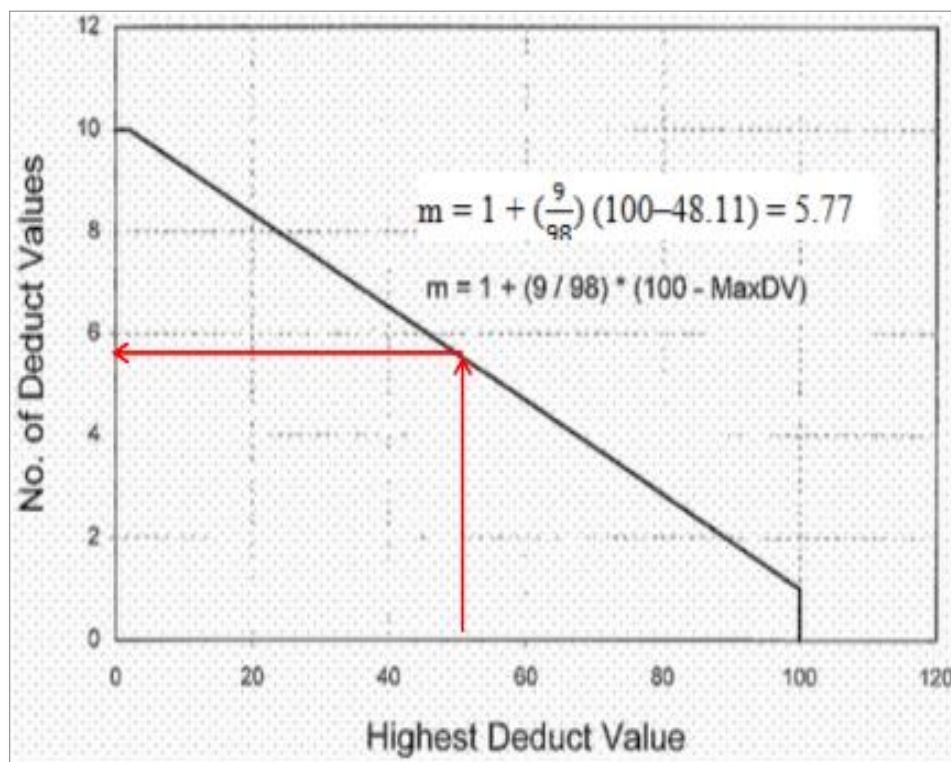
Luego procedemos a calcular el número de valores deducidos “m”, para lo cual podemos hacer uso formula o gráfica. Posteriormente se procede a seleccionar el máximo valor deducido, el cual para el ejemplo que se viene desarrollando tiene como valor 48.11 correspondiente a la falla piel de cocodrilo en nivel de severidad

severo. Por ultimo hacemos uso de la formula o gráfica mostrada en la figura N° 16 y obtenemos como resultado $m= 5.77$, tal como se muestra a continuación.

Se recomienda hacer uso de la formula debido a que al hacer uso de la gráfica se corre el riesgo de obtener un resultado poco preciso.

Figura N° 16: Cálculo del número de valores deducidos “m” para el máximo valor deducido

48.11



Fuente: Elaboración propia.

Se procede a ordenar de menor a mayor los valores deducidos mayores a 5.77. El ejemplo solo cuenta con cinco valores deducidos por lo cual trabajaremos con todos. Si tuviéramos 6 o más se debe escoger 5.77, el sexto valor deducido solo debe colocarse el 77%. Existen otras consideraciones que se describen en la teoría, las cuales no aplican para este ejemplo:

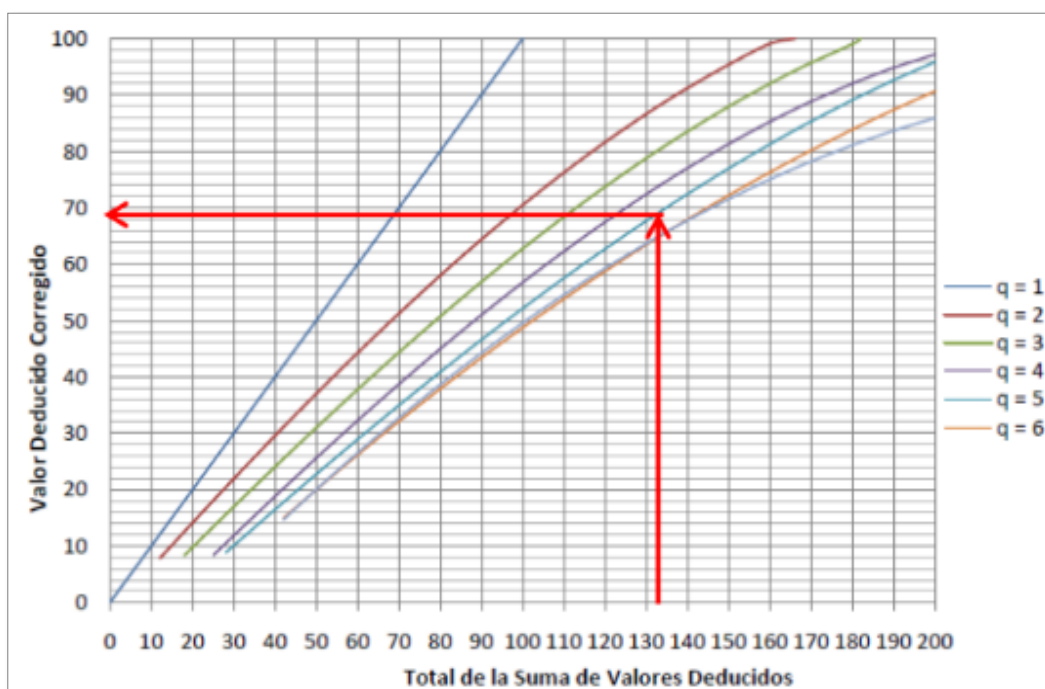
Tabla N° 11: Orden, cambio del menor y suma de valores deducidos.

#	Valor deducido m= 5.77						Total	q	CDV
	Mayor			Menor					
1	48.11	40.6	30.22	7.5	4.79		131.22	5	68
2	48	41	30	15.25	2		136.25	4	75
3	48	41	30	2	2		123	3	75
4	48	41	2	2	2		95	2	67
5	48	2	2	2	2		56	1	56

Fuente: Elaboración propia.

Luego de ordenar los cinco primero valores deducidos se sumarán y se ingresarán en la gráfica valores deducidos corregidos para pavimentos asfálticos, para el primer caso $q = 5$, ya que contamos con cinco valores deducidos en un inicio, obteniendo como valor deducido corregido 68. Se repetirá lo mismo, reemplazando el último valor reducido por 2 y reduciendo el valor de “q” en una unidad, hasta que “q” sea igual a 1, hallando los valores deducidos corregidos para cada valor de “q”.

Figura N° 17: Valor deducido corregido para $q= 5$ y total de valor deducido= 131.22.



Fuente: Elaboración propia.

Luego de calcular todos los valores deducidos corregidos se escoge el mayor para el cálculo del PCI de la unidad de muestra, haciendo uso de la formula descrita en la teoría, obteniendo como resultado para el ejemplo el siguiente: $PCI = 100 - 75 = 25$. La clasificación correspondiente para el PCI obtenido es Malo.

3.2.2. Sección 2

En la siguiente tabla se muestra de forma resumida el cálculo. El procedimiento es simple, debiéndose multiplicar el área de cada muestra por el PCI correspondiente. Luego estos resultados se suman para dividirse entre el área total de la sección.

Tabla N° 12: Cálculo del PCI de la sección 2.

Sección	Unidad de muestra	Área de muestra (A)	PCI de la muestra (B)	A * B	C/D	Estado de la sección
2	U19	301.27	40	11927	40	Regular
	U20	301.27	30	9056		
	U21	301.27	44	13331		
	U22	301.27	52	15687		
	U23	301.27	35	10510		
	Sumatoria de A(C)	1506.35	Sumatoria de A * B (D)	60511		

Fuente: Elaboración propia.

Para el resultado del PCI igual a 40 le corresponde una clasificación Regular. El mismo procedimiento se realizará para el cálculo del PCI de la sección 1. En los anexos se adjuntan las tablas correspondientes al cálculo del PCI para cada unidad de muestra.

3.3. Resultados y análisis

Una vez registrados todas las fallas e información de la vía, y obtenidos los índices de condición respectivos para cada unidad de muestra, se logró determinar el valor del

PCI promedio de las 2 secciones determinadas. Para tener una idea global de cuál es el estado del pavimento del Jir. Leoncio Prado se ha elaborado una tabla donde se muestra a manera de resumen las secciones, las unidades de muestra, el área de cada una de ella, el valor de PCI de cada unidad de muestra, el valor del PCI de las secciones identificadas y por último la clasificación correspondiente a los valores de PCI.

Tabla N° 13: Cuadro resumen de resultados.

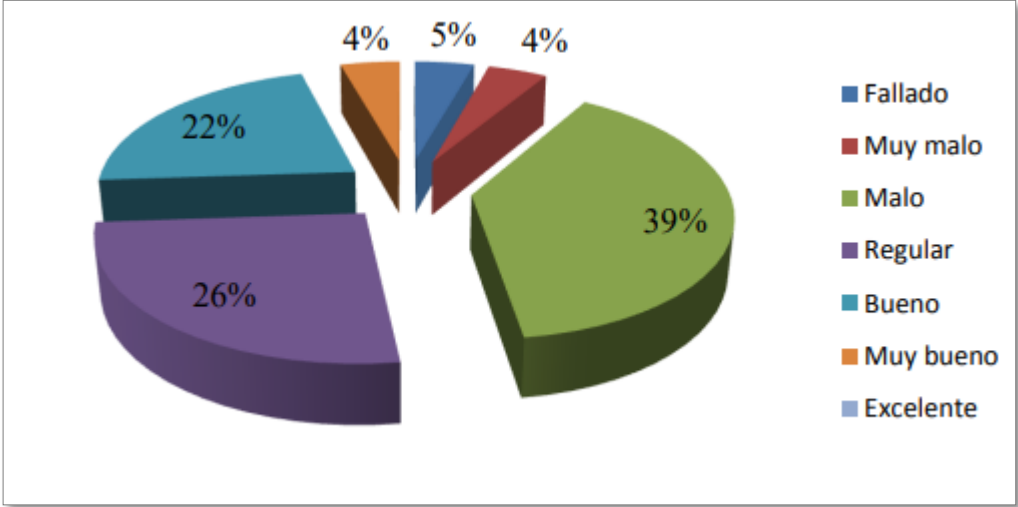
Sección	Unidad de muestra	Área de muestra	PCI de la muestra	Estado de la muestra	PCI de la sección	Estado de la sección
1	U1	301.27	33	Malo	46	Regular
	U2	301.27	25	Malo		
	U3	301.27	32	Malo		
	U4	301.27	59	Bueno		
	U5	301.27	52	Regular		
	U6	301.27	70	Bueno		
	U7	301.27	68	Bueno		
	U8	301.27	58	Bueno		
	U9	301.27	32	Malo		
	U10	301.27	36	Malo		
	U11	301.27	55	Regular		
	U12	301.27	50	Regular		
	U13	301.27	32	Malo		
	U14	301.27	41	Regular		
	U15	301.27	7	Fallado		
	U16	301.27	70	Muy Bueno		
	U17	301.27	54	Regular		
	U18	301.27	52	Regular		
2	U19	301.27	40	Malo	40	Regular
	U20	301.27	30	Malo		
	U21	301.27	44	Regular		
	U22	301.27	52	Regular		
	U23	301.27	35	Malo		

Fuente: Elaboración propia.

Se logra determinar que la vía evaluada en ambas secciones determinadas presenta una condición de pavimento regular, con lo cual el pavimento brinda adecuadas condiciones a los usuarios. Sin embargo, requiere ser intervenido inmediatamente, ya

que está a punto de entrar a la condición malo. Los valores numéricos del PCI de la sección son muy cercanos al límite inferior del rango de la condición Regular. La siguiente figura muestra que índices de condición de pavimento se encuentra en mayor proporción en la vía evaluada.

Figura N° 18: Porcentaje de condición de pavimento de las unidades de muestra.



Fuente: Elaboración propia.

Podemos determinar las condiciones de pavimento malo, regular y bueno predominan en la vía. Siendo la condición mala la de mayor proporción con 39%, seguido con 26% el estado regular y 22% el estado bueno. El resto de condiciones se presentan en proporciones menores o igual a 5%.

A continuación, se presentan tablas que contienen información de manera resumida sobre los tipos de fallas que se identificaron en las dos secciones que conforman la vía evaluada, así como los metrados totales por cada tipo de falla y nivel de severidad, con el fin de poder determinar que fallas se encuentran en mayor cantidad y que tipo de intervención aplicar.

Tabla N° 14: Cuadro resumen de fallas en sección 1.

Fallas en sección 1	Unidad de medida	Leve	Moderado	Severo
Piel de cocodrilo	m2	11.52	8.5	15.1
Fisuras en bloque	m2	835.63	1191.21	440.63
Fisuras longitudinal y transversal	m2	23.6	74.6	0
Parches y cortes útil	m2	6.82	169.85	0
Agregado pulido	m2	0	0.7	0
Baches	m2	10.4	75.4	21.31
Ahuellamiento	m2	0.9	7.3	0
Peladura por intemperismo de desprendimiento de agregados	m2	55.39	20.2	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 15: Cuadro resumen de fallas en sección 2.

Fallas en sección 2	Unidad de medida	Leve	Moderado	Severo
Piel de cocodrilo	m2	0	6.64	0
Fisuras en bloque	m2	210.1	415.33	4
Fisuras longitudinal y transversal	m2	0	57.63	0
Parches y cortes útil	m2	26.27	96.55	0
Agregado pulido	m2	0	0	0
Baches	m2	0	17.86	0
Ahuellamiento	m2	0	18.3	2.6
Peladura por intemperismo de desprendimiento de agregados	m2	0	60.45	0

Fuente: Elaboración propia.

Se puede determinar que la falla fisura en bloque es la que afecta en mayor cantidad a todas las unidades de muestreo de las dos secciones. El origen de esta falla está relacionado directamente con los materiales y el clima. Siendo una razón la

contracción, por cambios de temperatura, de las mezclas asfálticas. También se atribuye a la contracción de las capas estabilizadas con cemento portland, lo cual se refleja en la superficie. Otra fuente de origen podría deberse al endurecimiento del asfalto, por el envejecimiento del asfalto. El cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración sería otra razón de origen. Las cargas de tránsito contribuyen al incremento de la severidad de este tipo de falla.

Para la vía evaluada se descarta el origen referido a las capas estabilizadas por el diseño del pavimento actual, dejando al resto de causas de origen como posibilidades. Se optó por profundizar más en las causas, de las ya descritas en el marco teórico para este tipo de falla debido a la gran cantidad de metros cuadrados afectados, en la vía evaluada. Se presume que el origen de esta falla está relacionado con los materiales usados y falta de control de calidad de estos durante el proceso de construcción.

Existen grandes áreas parchadas, las cuales se pueden deber a las labores de mantenimiento que ejecuta la municipalidad, asimismo a trabajos realizados por las empresas de agua y desagüe.

No se registran fallas de fisuras de reflexión debido a que no existe ningún tramo donde tenga como diseño de la sección del pavimento asfalto sobre concreto. No se registran fallas de fisura de borde debido que la vía evaluada en todo su recorrido esta confinada por veredas o acompañada de zonas de estacionamiento de pavimento flexible. Esta información que será útil para la realización del presupuesto de mantenimiento y rehabilitación de la vía, donde se describirán las medidas o acciones tomas para intervenir las fallas identificadas.

3.4. Propuesta de mantenimiento y rehabilitación

En general el pavimento analizado está en condiciones regulares. La mayoría de sus fallas está en nivel leve y moderado, siendo un buen momento para intervenir el pavimento. Los trabajos de mantenimiento y rehabilitación en su mayoría corresponden a cambiar la carpeta asfáltica habiendo en cantidades mínimas la reparación de la base y sellado de fisuras. Las fallas con severidad leve no requieren ningún tipo de mantenimiento debido a que aún es posible permitir su presencia en la vía, ya que no afectan de manera significativa en la comodidad de los usuarios, salvo los huecos en nivel leve, lo cuales si se intervendrán. Las fallas de severidad moderada y severa se han optado por cambiar la carpeta asfáltica y sellada de fisuras según sea el caso. Solo las fallas de severidad severa correspondiente a los huecos, los cuales se renovarán la carpeta asfáltica y la base.

La siguiente tabla resume de acuerdo a lo relatado líneas arriba que tipo de trabajos se realizarán según el tipo de falla y su nivel de severidad.

Tabla N° 16: Trabajos a Realizar de acuerdo a la investigación.

Tipo de falla	Severidad	Demolicion de Pavimento Asfáltico (m2)	Fresado de Carpeta Asfáltica (m2)	Trazo y Replanteo (m2)	Excavación a Nivel de Subsistente (m3)	Eliminación de Material Excedente (m3)	Conformación de Subsistente para bacheo de Pistas (m2)	Base Granular para Bacheo en Pistas E=0.15 mts	Imprimación (m2)	Carpeta Asfáltica en Caliente de 2" (m2)	Sellado de Fisuras Moderadas (m)	Sellado de Fisuras Severas (m)
Piel de cocodrilo	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Fisura en bloque	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Parche y corte uti	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Pebdura	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Agregado pulido	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Fisuras long. y transv.	Leve											
	Moderado										X	
	Severo											X
Abuelamiento	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Baches	Leve		X	X		X			X	X		
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo	X		X	X	X	X	X	X	X		

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Clasificación de los deterioros o fallas según el MTC

Los deterioros/fallas de los pavimentos flexibles pueden clasificarse en dos grandes categorías: los deterioros / fallas estructurales y los deterioros/fallas superficiales. Los deterioros de la primera categoría se asocian generalmente con obras de rehabilitación de costo alto. Los deterioros de la segunda categoría se relacionan generalmente con Obras de mantenimiento periódico (por ejemplo, carpeta delgada de concreto asfáltico o tratamiento superficial).

3.5.1. Tipos y causas de los daños estructurales

Los deterioros estructurales caracterizan un estado estructural del pavimento, concerniente al conjunto de las diferentes capas del mismo o bien solamente a la capa de superficie.

Las cargas circulantes resultan generalmente en:

Deformaciones verticales elásticas del material de las capas granulares y del suelo de la subrasante.

Deformaciones horizontales elásticas de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas.

Si la deformación vertical de las gravas y/o suelos excede el límite admisible, se observan deformaciones permanentes del pavimento (hundimiento o ahuellamiento de gran radio). Si la deformación horizontal de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas excede el límite admisible, dichas capas se fisuran en su parte inferior y las fisuras luego se propagan hasta la superficie: fisuras longitudinales en las huellas del tránsito y fisuras en forma de piel de cocodrilo.

Los deterioros o fallas (deformación y/o fisuración) no aparecen de inmediato (en general), sino al cabo de la repetición de cargas definida por la curva de fatiga de cada material.

3.5.2. Tipos y causas de los daños superficiales

Los deterioros superficiales se originan en general por un defecto de construcción, por un defecto en la calidad de un producto o por una condición local particular que el tráfico acentúa. Además, pueden resultar de la evolución de deterioros o fallas estructurales.

Se distinguen:

1. Los desprendimientos
2. Los baches (huecos)
3. Las fisuras transversales (que no resultan de la fatiga del pavimento)

El Catálogo propone los tipos de deterioros o fallas siguientes en cuanto a calzada de pavimento flexible.

Tabla N° 17: Deterioros o fallas de pavimentos.

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



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

Tabla N° 18: Clases de extensión de los daños de los pavimentos según el MTC.

Clase	Descripción	Criterio de extensión
1	Leve	Menor que el 10 %
2	Moderado	entre 10 y 30 %
3	Severo	mayor que el 30 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 19: Clases de densidad de densidad de los baches según el MTC.

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

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 20: Ancho de influencia de las fisuras longitudinales y transversales según el MTC.

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

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 21: Fallas en el jirón Leoncio Prado del distrito de Huánuco según el MTC.

Fallas en el jirón Leoncio Prado del distrito de Huánuco según el MTC	Unidad de medida	Criterio de densidad	Descripción
Piel de cocodrilo	m2	3 m	Leve
Fisuras en bloque	m2	8 m	Moderado
Fisuras longitudinal y transversal	m2	20 m	Severo

Fuente: Elaboración propia.

Según el MTC se obtuvo que existe fallas en el jirón Leoncio Prado del distrito de Huánuco tales como piel de cocodrilo con un criterio de densidad de 3m en la cual se describe como leve, fisuras en bloque en la cual se obtuvo 8m y que según el manual del MTC se describe como moderado y finalmente las fisuras longitudinales y transversales con 20m en la cual lo describe con severo.

Posibles Medidas correctivas:

Según la gravedad de la piel de cocodrilo y su extensión, así como de otros elementos de diagnóstico (deformaciones, deflexión y rugosidad), se consideran:

1. Reparaciones por sello o carpeta asfáltica con mezcla en caliente
2. Sello o carpeta asfáltica
3. Rehabilitación o reconstrucción.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el caso de pavimento en buenas condiciones, es decir, para el rango PCI 60-80, la relación lineal proporciona una mejor correlación. En el caso del tipo de suelo SM, la relación de la función de potencia mostró una mejor correlación. En general, se puede utilizar la función de potencia o las relaciones lineales para encontrar la deflexión a fin de llegar a una opción de mantenimiento adecuada. En consecuencia, los resultados concuerdan con los resultados obtenidos por Abraham, B. (2014) en su investigación donde, de igual manera, existe una estrecha correlación entre la deflexión y el número estructural modificado para varias clases de índice de condición del pavimento para los tipos de suelo subgrupo SM y SC.

Adicionalmente se encontró en esta investigación que la escasez de recursos asignados para trabajos de mantenimiento lleva a la desviación de una porción significativa del fondo asignado para trabajos de mantenimiento hacia la compra de equipo nuevo o adicional que se utilizará para la construcción de nuevas carreteras, lo que conlleva a que la errada administración de los trabajos de mantenimiento y actividades conducen a retrasos y acumulación de fallas en la red de carreteras requiriendo gastos inusuales para reparar y mantener los daños acumulados.

Este hallazgo difiere de Ibraheem, A. (2014) pues éste indica que no se usa la evaluación mediante el PCI si no que se usan entrevistas para determinar los métodos de mantenimiento y las técnicas seguidas que no cumplan con los desarrollos y las técnicas modernas.

La presente tesis también difiere con Pereda, C. (2014) ya que con la información de campo obtenida durante su auscultación vial, y siguiendo la metodología indicada en el PCI, la mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal de vehículos, no es necesario disminuir la velocidad libre y no son muy percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales, sin embargo en los resultados obtenidos en la presente tenemos en la muestra un resultado numéricos del PCI de la secciones son muy cercanos al límite inferior del rango de la condición Regular.

CONCLUSIONES

A la luz de los objetivos planteados al llevar a cabo esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- El estudio concluye que el Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco actualmente brinda un servicio que va de regular a los usuarios, requiriéndose la intervención inmediata, ya que está a punto de entrar a la condición malo, esto a consecuencia que los valores numéricos del PCI de la sección 1 y 2 son muy cercanos al límite inferior del rango de la condición Regular.
- El diagnóstico de fallas superficiales del pavimento según el método del PCI, para su tipo de intervención en la pista del Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco tiene las condiciones de pavimento variado por sección, pero en su mayoría se clasifica como malo y regular, con una proporción de 39% y 26% el estado regular respectivamente.
- Utilizando el diagnóstico de fallas superficiales del pavimento según el manual del MTC, se determinó que existen fallas en el Jir. Leoncio Prado del distrito de Huánuco tales como piel de cocodrilo con un criterio de densidad de 3m en la cual se describe como leve, fisuras en bloque en la cual se obtuvo 8m y que según el manual del MTC se describe como moderado y finalmente las fisuras longitudinales y transversales con 20m en la cual lo describe con severo.
- Las fallas con severidad leve no requieren ningún tipo de mantenimiento debido a que aún es posible permitir su presencia en la vía, ya que no afectan de manera significativa en la comodidad de los usuarios. Salvo los huecos en nivel leve, lo cuales si se intervendrán. Las fallas de severidad moderada y severa

se han optado por cambiar la carpeta asfáltica y sellada de fisuras según sea el caso. Solo las fallas de severidad severa correspondiente a los huecos, los cuales se renovarán la carpeta asfáltica y la base. La siguiente tabla resume de acuerdo a lo relatado líneas arriba que tipo de trabajos se realizar según el tipo de falla y su nivel de severidad.

Tabla N° 16: Trabajos a Realizar de acuerdo a la investigación.

Tipo de falla	Severidad	Demolición de Pavimento Asfáltico (m ²)	Fresado de Carpeta Asfáltica (m ²)	Trazo y Replanteo (m ²)	Excavación a Nivel de Subrasante (m ²)	Eliminación de Material Excedente (m ³)	Conformación de Subrasante para hecho de Pistas (m ²)	Base Granular para Bacheo en Pistas E=0.15 mts	Imprimación (m ²)	Carpeta Asfáltica en Caliente de 2" (m ²)	Sellado de Fisuras Moderadas (ml)	Sellado de Fisuras Severas (ml)
Piel de cocodrillo	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Fisura en bloque	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Parche y corticón	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Peladura	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Agujero pulido	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Fisura long. y transv.	Leve											
	Moderado										X	
	Severo											X
Ablandamiento	Leve											
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo		X	X		X			X	X		
Bacheo	Leve		X	X		X			X	X		
	Moderado		X	X		X			X	X		
	Severo	X		X	X	X	X	X	X	X		

Fuente: Elaboración propia.

SUGERENCIAS

- Se debe seguir alentando a las regiones a utilizar y cuantificar el rendimiento y los beneficios de los tratamientos de preservación del pavimento.
- Las regiones deben continuar desarrollando e implementando sistemas integrados de gestión de infraestructura. El objetivo principal de estos sistemas debe ser tomar decisiones cuantitativas sobre el uso de tratamientos rentables a lo largo del ciclo de vida de los sistemas. Para lograr esto, los sistemas deben poder vincular el tipo de tratamiento, la fecha del tratamiento, la ubicación del tratamiento, el costo, el historial de construcción anterior y la información de rendimiento durante un largo período de tiempo. Estos sistemas también deben intentar identificar por qué se usó un tratamiento en particular y los criterios de decisión que se usaron para tocar una sección de la carretera.
- Se debe alentar la investigación de métodos y la transferencia de tecnología para mantener la continuidad temporal de los datos de rendimiento y evaluaciones del pavimento mediante el PCI.
- Se debe alentar el monitoreo a largo plazo de los pavimentos de manera consistente. Muchas regiones no cuentan con datos de monitoreo adecuados a largo plazo para realizar este estudio. Además, algunos de los tratamientos son relativamente nuevos y el tiempo debe pasar antes de que se pueda determinar su efectividad a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, B. (2014). *A study on the performance of flexible pavements on mature soil subgrades* (Thesis submitted for the award of the degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY in Faculty of Engineering). University Of Science And Technology, Kochi, India.
- Cárdenas, J. (2016). *Determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible, para obtener el índice de integridad estructural del pavimento flexible y condición operacional de la superficie de rodadura de la avenida carlos la torre cortéz, distrito de huanta, provincia de huanta, región ayacucho - agosto 2016* (Tesis de pregrado). Universidad Católica los Ángeles Chimbote, Ayacucho, Perú.
- Deighton Associated. (2014). *Condición del pavimento*. s.l. : Videocinta de la serie de videos de la Biblioteca dTV.
- Hajj, E., Loria, L. y Sebaaly, P. (2011). *Optimum Time for Application of Slurry Seal to Asphalt Concrete Pavements*. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 66-81.
- Ibraheem, A. (2014). *Evaluation of Common Maintenance Methods for Flexible Pavements*. American J. of Engineering and Applied Sciences, 413-424.
- Karim, F. (2015). Topic 2. *Pavement evaluation techniques*. Recuperado de: <http://www.gviz.com.au/services/asset-management/chapter-3-pavement-renewal-rehabilitation-reconstruction/topic-2-pavement-evaluation-techniques/>.
- Mane, S. (2016). *Methodology For Pavement Condition Assessment And Maintenance Of Rural Roads*. Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee, India.
- Martínez, R. (2014). *Tipos de Fallas en Pavimento Flexible*. Recuperado de: <http://fallasenpavimentoflexible.blogspot.com/2014/05/tipos-de-fallas-en-pavimento-flexible.html>.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras y Conservación vial*. Lima : MTC.
- MTC (2016). *Alcanzar el índice de condición del pavimento o PCI de 75 durante los próximos 10 años (2017 - 2026)*. Recuperado de:
<https://data.srcity.org/stat/goals/9f7j-zjsg/wr8b-3n2j/49p3-cp3j>.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial*. Lima : MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras – Conservación Vial*. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima : MTC.
- Pereda, C. (2014). *Índice De Condición De Pavimento De La Carretera Cajamarca . La Colpa - Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Quaresma, L. (2015). *Airport pavements evaluation* (Thesis to obtain the Master's Degree in Structures and Geotechnics). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Kakim, F., Rubasi, K. y Saleh, A. (2016). *The Road Pavement Condition Index (PCI) Evaluation and Maintenance: A Case Study of Yemen*. Organization, Technology and Management in Construction 2016, 1446–1455.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (Pci): Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras*. Manizales, Colombia : INGEPAV.
- Velásquez, 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.
- Zumrawi, M. (2013). Estudio y evaluación de pavimento flexible. *Revista Internacional de Ciencias e Investigación*.

ANEXOS

Anexo. Catálogo de identificación de socorro para las zonas urbanas

Este Anexo incluye una lista de angustias definidas en el Catálogo de Identificación de socorro para pavimentos de carreteras urbanas. Además, incluye directrices para la identificación y evaluación de angustia nivel de gravedad y proporcionar recomendaciones para llevar a cabo la encuesta pavimento. Las curvas de valor para deducir nueva dificultad se incluyen en este Anexo.

A1. N_3. Agrietamiento lineal y aislada

Descripción: Linear y grietas aisladas son paralelos al pavimento o perpendicular de la dirección de deposición. Ellos pueden ser causados por una junta de carril pavimentación mal construido, la contracción de la superficie de CA debido a la temperatura baja o endurecimiento del asfalto, o ciclos de temperatura diaria, o ambos. La angustia es acelerada por la carga de tráfico. Grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos a la línea central o la dirección de deposición pavimento. Estos tipos de grietas por lo general no se carga asociada.

Los niveles de gravedad:

L: Leve agrietamiento (si no sellado menor amplitud de 1 cm, si está sellado de cualquier amplitud), posiblemente debido a la apertura de una articulación, sin que se desmorone (FiguraA1un).

METRO: Promedio de craqueo (que pueden ser sin sellar amplitud entre 1 y 7,5 cm, o no amplitud sellado <7,5 cm rodeadas por craqueo de lectura, o aún puede

ser sellado de cualquier ancho rodeado por craqueo luz), posiblemente debido a la apertura de una articulación con poco desmoronamiento (Figura A1 segundo).

H: Cualquier ranura, sellado o no, rodeado de medio o alto de craqueo; ranura sin sellar > 7,5 cm; agrietamiento de cualquier amplitud con cerca de 10 cm de suelo circundante severamente dañado. Estamos en este nivel, incluso si hay un desmoronamiento considerable; si hay algunas articulaciones están completamente abiertas.

El craqueo lineal y aislado se mide en metros lineales (Figura A1 do).



(a)

(segundo)

(do)

Figura A1. Linear y aislado agrietamiento. (A) Severidad baja; (B) Media de gravedad; y (c) Alta Severidad.

A2. N_4. Las deformaciones superficiales

Descripción: inflamaciones, depresiones y crestas espaciadas de la superficie de la carretera que generalmente se desarrolló dirección paralela u ortogonal de la dirección de tendido de tráfico. Este tipo de angustia puede ser causada por una superficie o superficie del pavimento inestable combinado por acciones tangenciales del tráfico, en otros casos, puede ser el resultado de un fallo del sustrato. De manera más general, la principal causa de esta angustia en las zonas urbanas debe ser la construcción equivocado de pavimento.

El nivel de gravedad de esta angustia es determinado por el criterio de la calidad de conducción:

L: Calidad alta paseo, la profundidad de las depresiones de pavimento entre 1 y 2,5 cm (FiguraA2un).

METRO: Calidad de marcha Medium, la profundidad de las depresiones de pavimento entre 2,5 y 5 cm (FiguraA2segundo).

H: Mal montar la calidad, la profundidad de las depresiones de pavimento es más de 5 cm (FiguraA2do). Las deformaciones de la superficie se miden en metros cuadrados.



(a)

(b)

(c)

Figura A2. Deformaciones de la superficie. (A) Severidad baja; (B) Media de gravedad; y (c) Alta Severidad.

A3. N_10. El deslizamiento Cracking (deslizante Deformaciones)

Descripción: Este tipo de angustia se caracteriza por un permanente deslizamiento en la dirección longitudinal de un área localizada de superficie de la carretera, que se encuentra en las zonas en las que la mezcla utilizada es demasiado fluido e inestable.

Los niveles de gravedad:

Severidad baja. Buena calidad de marcha y / o amplitud grieta <1,0 cm (FiguraA4un).

Gravedad media. Promedio la calidad de marcha y / o la amplitud de 1,0 a 4,0 cm grieta; la zona de los alrededores se tritura moderadamente (FiguraA4segundo).

Alta severidad: la calidad de marcha baja y / o crack de amplitud > 4 cm; el área circundante es altamente agrietado en piezas desmontables (FiguraA4do).

Este tipo de angustia se mide en metros cuadrados.

Figura A3. El deslizamiento de craqueo. (A) Severidad baja; (B) Media de gravedad; y (c) Alta Severidad.

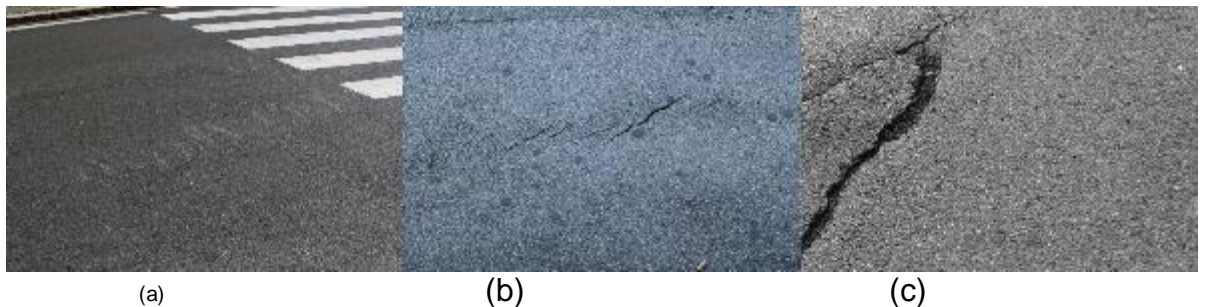


Figura N° 1: Daños en Pavimentos Flexibles



Fuente: Manual de inventarios viales, MTC.

FOTOGRAFÍAS DE FALLAS EN EL JIR. LEONCIO PRADO

Cuadra 1: Entre Jir. Viña del Río – Jir. Tarma. (Sección 1)

Figura 1: Descascaramiento de junta.



Figura 2: Fisura longitudinal.



Figura 3: Exudación.



Figura 4: Grietas lineales.



Cuadra 2: Entre Jir. Tarma – Jir. Seichi Izumi. (Sección 1)

Figura 1: Punzonamiento.



Figura 2: Punzonamiento.

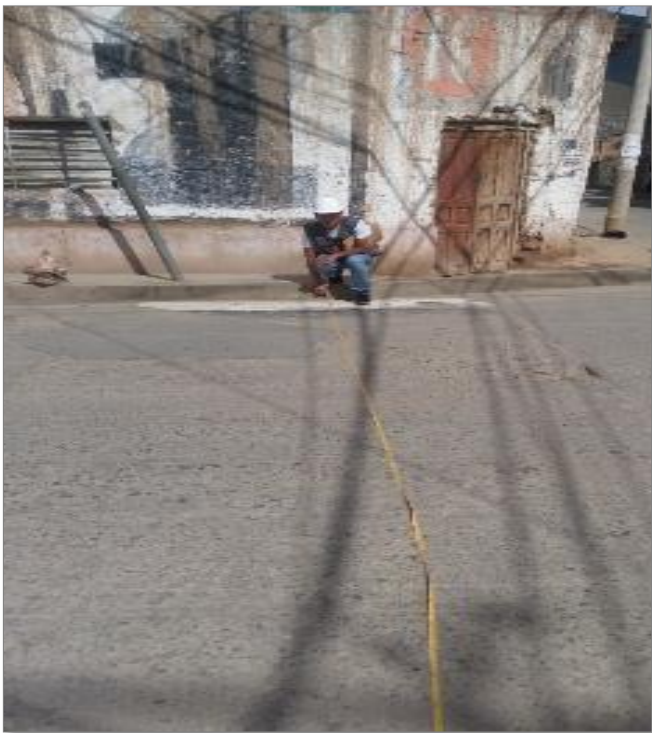


Figura 3: fisura transversal.



Cuadra 3: Entre Jir. Seichi Izumi – Jir. Libertad. (Sección 1)

Figura 1: Agregado pulido.



Cuadra 4: Entre Jir. Libertad – Jir. Junín. (Sección 1)

Figura 1: Parcheo.



Figura 2: Grieta lineal.



Cuadra 5: Entre Jir. Junín – Jir. Ayancocha. (Sección 1)

Figura 1: Fisura en bloque.



Figura 2: Fisura en bloque.



Cuadra 6: Jir. Ayancocha – Jir. Mayro. (Sección 1)

Figura 1: Parche y fisura en bloque.



Figura 2: Fisura en bloque.



Cuadra 7: Entre Jir. Mayo – Jir. Tarapaca. (Sección 1)

Figura 1: Baches.



Figura 2: Fisura en bloque.



Figura 7: Fisura en bloque y ahuellamiento.



Figura 8: Piel de cocodrilo.



Cuadra 8: Jir. Tarapacá – Jir. Aguilar. (Sección 1)

Figura 1: Fisura en bloque.



Figura 2: Fisura en bloque.



Cuadra 9: Entre Jir. Aguilar – Jir. Ayacucho. (Sección 1)

Figura 1: Fisura en bloque y parcheo.



Figura 2: Fisura en bloque.



Cuadra 10: Entre Jir. Ayacucho – Jir. Huánuco. (Sección 1)

Figura 1: Pulimiento de agregados.



Figura 2: Descascaramiento de junta.



Cuadra 11: Entre Jir. Huánuco – Jir. General Prado. (Sección 1)

Figura 1: Grieta lineal.



Figura 2: Parcheo pequeño.



Cuadra 12: Entre Jir. General Prado – Jir. Dámaso Verán. (Sección 1)

Figura 1: Grieta lineal.



Figura 2: Punzonamiento.



Cuadra 13: Entre Jir. Dámaso Verán – Jir. Crespo Castillo. (Sección 1)

Figura 1: Agregado pulido.



Figura 2: Parcheo.



Figura 3: Grieta lineal y parcheo grande.



Figura 4: Bombeo.



Cuadra 14: Entre Jir. Crespo Castillo – Jir. Constitución. (Sección 1)

Figura 1: Parcheo y corte útil.



Figura 2: Fisuras transversal y longitudinal.



Cuadra 15: Entre Jir. Constitución – Jir. Progreso. (Sección 1)

Figura 1: Exudación.



Figura 2: Parcheo y corte útil.



Figura 3: Exudación.



Figura 4: Piel de cocodrilo y baches.



Cuadra 16: Entre Jir. Progreso – Jir. Pedro Puelles. (Sección 2)

Figura 1: Fisura en bloque.



Figura 2: Parcheo y corte útil.



Figura 3: Piel de cocodrilo.



Figura 4: Baches.



Cuadra 17: Entre Jir. Pedro Puelles – Jir. Alameda La República. (Sección 2)

Figura 1: Ahuellamiento.



Figura 2: Baches.



Figura 3: Piel de cocodrilo.



Cuadra 18: Entre Jir. Alameda La República – Jir. Pedro Barroso. ((Sección 2)

Figura 1: Parcheo y corte útil.



Figura 2: Agregado pulido.



Figura 3: Fisura en bloque.



Cuadra 19: Entre Jir. Pedro Barroso – Av. Alfonso Ugarte. (Sección 2)

Figura 1: Parcheo y corte útil.



Figura 2: Agregado pulido.



Figura 3: Baches y Desprendimiento de agregados.



Figura 4: Agregado pulido.



Cuadra 20: Entre Jir. Pedro Barroso – Av. Alfonso Ugarte. (Sección 2)

Figura 1: Agregado pulido.

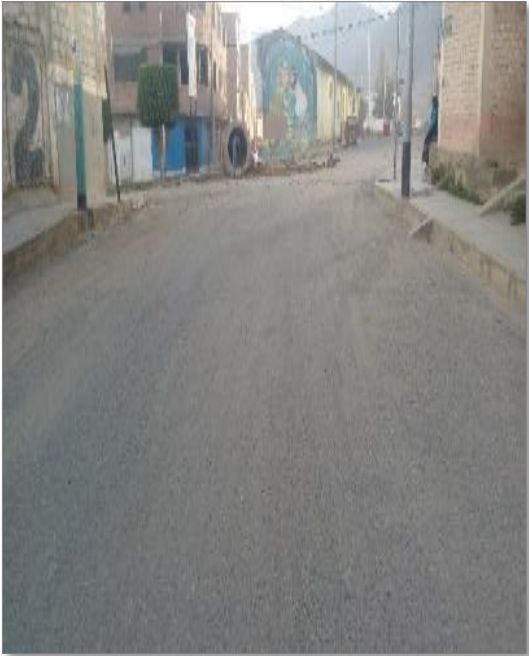


Figura 2: Grieta de borde.



Figura 3: Agregado pulido.



Figura 4: Agregado pulido.

