



**UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y**

**DESARROLLO INMOBILIARIO**

**TESIS**

**ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA AVENIDA LAS TORRES EN EL  
DISTRITO LURIGANCHO - CHOSICA APLICANDO LA  
METODOLOGÍA PCI - 2019.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**Bach. GOMEZ POMATANA JOSE ANTONIO**

**Bach. CASTRO SALAZAR SHEYLA MARIA HERLINDA**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **ASESOR DE TESIS**



**MG. STIVENS SANABRIA SOSA**

# **JURADO EXAMINADOR**

.....  
**MG. BARRANTES RIOS EDMUNDO JOSE**

**PRESIDENTE**

.....  
**MG. CACEDA CORILLOCLA JUAN ANTENOR**

**SECRETARIO**

.....  
**MG. DANIEL SURCO SALINAS**

**VOCAL**

## **DEDICATORIAS**

A Dios, por permitirme culminar con éxito mi desarrollo profesional.

A mi madre por brindarme todo su apoyo, confianza, comprensión, paciencia y amor.

A mi familia a quienes estimo mucho por brindarme su apoyo y confianza en mí.

**J. A. GOMEZ P.**

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye, me formaron con reglas, pero al final de cuenta, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

**S. M. H. CASTRO S.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestros padres y hermanos por su valioso, constante e incondicional apoyo en todo momento de esta maravillosa etapa de nuestras vidas.

Agradecemos a nuestra alma mater, la Universidad Privada Telesup, por los conocimientos brindados. A nuestro asesor Mg. Ing. Juan Caceda Corilloclla.

## RESUMEN

La presente investigación consistió en la evaluación del estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica aplicando la metodología PCI, la misma que ha sido adoptada internacionalmente por la *American Society For Testing and Materials* (ASTM). Este método consiste en la ejecución de inspecciones visuales que permiten determinar la condición del pavimento en base al tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes, con la finalidad de obtener un índice de la integridad estructural del pavimento, cuyo valor permite determinar el estado en que se encuentra a través de una escala de “0” hasta “100”, donde “0” corresponde a un pavimento fallado y “100” a un pavimento excelente. Esta investigación es de tipo aplicada, de nivel descriptivo y diseño no experimental de corte transversal. Para el desarrollo de la misma, se inspeccionaron un total de 58 muestras, resultantes de la división de la longitud total de la vía (2.3 Km) en unidad de muestreo de 39.66 metros, de acuerdo a las características del pavimento flexible evaluado. Posteriormente, se determinaron los niveles de severidad y extensión del pavimento mediante la inspección de todo el recorrido del mismo, registrándose los datos en el formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica que acoge el método PCI. Se obtuvo niveles de severidad bajo (L), medio (M) y alto (H) para distintos daños a lo largo del pavimento flexible, siendo la más significativas la “piel de cocodrilo” (24%), “desprendimiento de agregados” (14%), “desnivel” (13%), “parcheo” (13%) y “abultamiento y hundimiento” (9%). Después, se establecieron los índices de condición del pavimento para todas las unidades de muestreo, obtenidos mediante el método del máximo valor deducido corregido. Se encontró un pavimento con el siguiente comportamiento: 24% “malo” y “muy malo”, 14% “bueno”, 10% “fallado”, 9% “regular” y tan solo 5% para los estados de “excelente” y “muy bueno”, siendo el estado general del pavimento flexible “malo” con un valor de PCI de 37. Por último, se identificaron estrategias para la optimización del comportamiento mecánico, encontrándose la rehabilitación a corto plazo la más adecuada para el presente caso estudiado.

**Palabras Claves:** pavimento flexible, índice de condición de pavimento, nivel de severidad.

## ABSTRACT

The present investigation consisted of evaluating the state of conservation of the flexible pavement of Avenida Las Torres in the Lurigancho - Chosica District applying the PCI methodology, which has been adopted internationally by the American Society For Testing and Materials (ASTM). This method consists in the execution of visual inspections that allow to determine the condition of the pavement based on the type, quantity and severity of the faults present, in order to obtain an index of the structural integrity of the pavement, whose value allows to determine the state in It is found through a scale from "0" to "100", where "0" corresponds to a failed pavement and "100" to an excellent pavement. This research is of an applied type, descriptive level and non-experimental cross-sectional design. For the development of the same, a total of 58 samples were inspected, resulting from the division of the total length of the road (2.3 Km) in a 39.66-meter sampling unit, according to the characteristics of the flexible pavement evaluated. Subsequently, the severity and extension levels of the pavement were determined by inspecting the entire route of the pavement, registering the data in the condition exploration format for roads with asphalt surface that houses the PCI method. Low (L), medium (M) and high (H) severity levels were obtained for different damages along the flexible pavement, the most significant being the "crocodile skin" (24%), "aggregate detachment" (14%), "unevenness" (13%), "patching" (13%) and "bulging and sinking" (9%). Then, the pavement condition indices were established for all the sampling units, obtained using the maximum corrected deduced value method. A pavement with the following behavior was found: 24% "bad" and "very bad", 14% "good", 10% "failed", 9% "regular" and only 5% for the states of "excellent" and "Very good", the general state of the flexible pavement being "bad" with a PCI value of 37. Lastly, strategies for optimizing mechanical behavior were identified, finding short-term rehabilitation the most appropriate for the present case study.

**Key Words:** flexible pavement, pavement condition index, severity level.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CARATULA.....	i
ASESOR DE TESIS.....	ii
JURADO EXAMINADOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
<b>I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.1 Planteamiento de problema.....	15
1.2 Formulación del problema.....	17
1.2.1 Problema general.....	17
1.2.2 Problemas específicos.....	17
1.3 Justificación.....	17
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo general.....	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
2.1. Localización del área de estudio.....	19
2.2. Antecedentes de la investigación.....	20
2.2.1. Antecedentes nacionales.....	20
2.2.2 Antecedentes internacionales.....	23
2.3. Bases teóricas.....	27
2.3.1 Pavimentos.....	27
2.3.2 Elementos estructurales que integran un pavimento.....	28
2.3.2.1 Sub rasante.....	28
2.3.2.2 Sub base.....	28
2.3.2.3 Base.....	28



2.3.2.4 Capa de rodadura.....	28
2.3.3 Clasificación de los pavimentos. ....	29
2.3.3.1 Pavimentos flexibles.....	29
2.3.3.2 Pavimentos rígidos.....	31
2.3.4 Ciclo de vida “fatal” de los pavimentos. ....	32
2.3.5 Ciclo de vida “deseable” de los pavimentos. ....	34
2.3.6 Fallas en el pavimento.....	34
2.3.7 Metodología PCI.....	35
2.3.7.1 Índice de condición del pavimento (PCI).....	36
2.3.7.2 Materiales e instrumentos.....	37
2.2.7.3 Proceso de evaluación del método PCI.....	38
2.3.7.4 Determinación del PCI por unidad de muestra.....	40
2.2.7.5 Determinar PCI de la Sección.....	42
2.3.8 Nivel de severidades.....	43
2.3.9 Tipos de fallas.....	44
2.4 Definiciones de términos básicos.....	76
<b>III. MÉTODOS Y MATERIALES.....</b>	<b>78</b>
3.1 Hipótesis de la investigación.....	78
3.1.1. Hipótesis general.....	78
3.1.2. Hipótesis específicas.....	78
3.2 Variables de estudio.....	78
3.2.1 Definición conceptual.....	78
3.2.2 Definición operacional.....	79
3.2.3 Operacionalización de variables.....	79
3.3 Tipo y nivel de la investigación.....	80
3.4 Diseño de la investigación.....	80
3.5 Población y muestra de estudio.....	80
3.5.1 Población.....	80
3.5.2 Muestra.....	81
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	81
3.6.1 Técnicas de recolección de datos.....	81
3.6.2 Instrumentos de recolección de datos.....	81
3.6.3 Validez y confiabilidad.....	82

3.7 Métodos de análisis de datos .....	82
3.8. Aspectos éticos .....	82
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>83</b>
4.1. Describir de los niveles de severidad y extensión del pavimento flexible....	83
4.2. Calcular el índice de condición del pavimento flexible aplicando la metodología PCI en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho.....	90
4.3. Proponer estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho, 2019.....	92
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	<b>97</b>
5.1. Análisis de los resultados en contraste con la hipótesis.....	97
5.2. Análisis de los resultados en contraste con otras investigaciones.....	98
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>103</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>105</b>
<b>REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS</b> .....	<b>106</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>109</b>
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	109
Anexo 2: Instrumento.....	110
Anexo 3: Validez del instrumento.....	111
Anexo 4: Curva de valores deducidos para cada falla.....	123
Anexo 5: Fotos de fallas.....	130
Anexo 6: Propuesta de Valor.....	135
Anexo 7: Panel Fotográfico .....	147

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Escala de calificación del método PCI.....	36
Tabla 2 Longitudes de unidades de muestras asfálticas.....	38
Tabla 3 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI.....	44
Tabla 4 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI.....	48
Tabla 5 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI.....	51
Tabla 6 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI.....	55
Tabla 7 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI.....	58
Tabla 8 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI.....	60
Tabla 9 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI.....	63
Tabla 10 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI.....	68
Tabla 11 Niveles de severidad para huecos.....	69
Tabla 12 Niveles de severidad para huecos.....	71
Tabla 13 Niveles de severidad para huecos.....	75
Tabla 14 Operacionalización de variables.....	79
Tabla 15 Niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para la unidad de muestreo 1, de abscisa final (0+035) .....	84
Tabla 16 Niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para las muestras inspeccionadas desde la 1 hasta la 22.....	85
Tabla 17 Niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para las muestras inspeccionadas desde la 23 .....	86
Tabla 18 Niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para las muestras inspeccionadas desde la 40 Niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para las muestras inspeccionadas desde la 40 hasta la 58 .....	87
Tabla 19 Porcentaje de daño global para todo el pavimento flexible evaluado....	89
Tabla 20 Resultado del máximo valor deducido corregido obtenido para unidad de muestreo uno .....	90
Tabla 21 Resultado del índice de condición del pavimento flexible (PCI) .....	91
Tabla 22 Estrategias o acciones para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Av. Las Torres.....	93
Tabla 23 Estrategias o acciones para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Av. Las Torres.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio .....	19
Figura 2. Área de estudio coordenadas punto de inicio. ....	19
Figura 3. Área de estudio coordenadas punto final. ....	20
Figura 4. Estructura típica de un pavimento flexible .....	29
Figura 5. Distribución en pavimento para agrietamiento y ahuellamiento .....	30
Figura 6. Distribución de esfuerzos en pavimento flexible para fatiga.....	30
Figura 7. Estructura típica de un pavimento rígido .....	31
Figura 8. Etapas de deterioro en el pavimento.....	32
Figura 9. Condición de la vía con y sin mantenimiento .....	34
Figura 10. Formato de exploración de condición para superficie asfáltica .....	37
Figura 11. Curvas de corrección del valor deducido (CDV) para pavimentos .....	42
Figura 12. Piel de cocodrilo nivel de severidad bajo .....	46
Figura 13. Piel de cocodrilo nivel de severidad medio. ....	46
Figura 14. Piel de cocodrilo nivel de severidad alto. ....	47
Figura 15. Fisura en bloque nivel de severidad bajo. ....	49
Figura 16. Fisura en bloque nivel de severidad medio. ....	50
Figura 17. Fisura en bloque nivel de severidad alto. ....	50
Figura 18. Fisura de borde nivel de severidad bajo.....	52
Figura 19. Fisura de borde nivel de severidad alto.....	52
Figura 20. Fisura de reflexión de junta nivel de severidad bajo. ....	53
Figura 21. Fisura de reflexión de junta nivel de severidad alto. ....	54
Figura 22. Fisura longitudinal y transversal nivel de severidad bajo. ....	56
Figura 23. Fisura longitudinal y transversal nivel de severidad alto. ....	57
Figura 24. Hundimiento nivel de severidad bajo.....	61
Figura 25. Hundimiento nivel de severidad medio.....	61
Figura 26. Hundimiento nivel de severidad alto.....	62
Figura 27. Corrugación nivel de severidad bajo.....	64
Figura 28. Corrugación nivel de severidad alto.....	64
Figura 29. Depresión nivel de severidad alto.....	65
Figura 30. Grietas de desplazamiento nivel de severidad alto. ....	67
Figura 31. Porcentajes de daños global del pavimento flexible evaluado. ....	89
Figura 32. Representación de PCI del pavimento flexible evaluado.....	92

## INTRODUCCIÓN

El método PCI es considerado como un proceso estandarizado adoptado internacionalmente por la *American Society For Testing and Materials (ASTM*, por sus siglas en inglés), el cual consiste en la ejecución de inspecciones visuales que permiten determinar la condición del pavimento en base al tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes. Su finalidad es la de obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, este valor cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento. Siendo estos medidos a través de una escala de “0” hasta “100”, donde “0” corresponde a un pavimento fallado y “100” a un pavimento excelente.

El presente trabajo de investigación está enfocado en la evaluación del estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica aplicando la metodología PCI, referida a los índices de condición de pavimentos, constituye una modalidad sencilla y muy completa para la evaluación y calificación de pavimentos.

Esta investigación se aplicó en La Avenida Las Torres del Distrito de Huachipa, la cual cuenta con una construcción de aproximadamente, 2.3 kilómetros de pavimentación flexible, cuyas condiciones actuales presentan deficiencias tales como: baja compactación, baja calidad de materiales, inadecuado sistema de drenaje, fisuras, grietas, baches y deformaciones, las mismas que han provocado un deterioro del mismo en el transcurso del tiempo. Siendo las causas principales de esto, la carga excesiva de transportes, la transpirabilidad de manera intempestiva, la falta de mantenimiento y la falta de cultura de los transportistas.

Para el logro del objetivo general en el que se orienta la presente investigación, primero se determinaron los niveles de severidad y extensión, así como los índices de condición del pavimento flexible y luego se identificaron estrategias que permiten la optimización del comportamiento mecánico del mismo.

Esto se comprendió en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del Problema. Contiene el planteamiento, formulación, justificación, limitaciones y objetivos de la investigación.

Capítulo II: Marco Teórico. Contiene antecedentes, bases teóricas y términos básicos de la investigación.

Capítulo III: Métodos y Materiales. Establece las hipótesis y variables de la investigación, describe los procedimientos y análisis de los datos.

Capítulo IV: Resultados. Presenta y describe los resultados obtenidos por objetivo.

Capítulo V: Discusión de Resultados. Describe el análisis de la discusión de los resultados y contrastación con otras investigaciones.

Capítulo VI: Conclusiones. Se plantean las conclusiones de cada objetivo de la investigación.

Capítulo VII: Recomendaciones.

# **I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Planteamiento de problema**

Hoy por hoy, las vías terrestres son el principal medio de transporte para las sociedades, son consideradas como uno de los principales influyentes en el progreso de la economía de estas, por lo tanto, se requiere optar y desarrollar la mejor planificación para el mantenimiento de las vías y así alcanzar una adecuada conservación de esta, evitando el deterioro prematuro y un deficiente servicio para los ciudadanos en el mundo (Rivera, 2015).

En América Latina, existe una dependencia en gran medida del transporte por vías terrestres. Por ejemplo, en Brasil, más del 60% de las cargas comerciales se desplazan por carretera; mientras que en Colombia esta cifra alcanza el 77%, México, el 81% y en Perú alcanza un 79%. A modo de comparación, en China sólo el 21% del transporte comercial pasa por las carreteras y en los Estados Unidos, apenas el 31% (Road Experts, 2017)

Visto esto, dichas vías terrestres requieren de un pavimento que cumpla con los requisitos necesarios, a fin de que su diseño sea de calidad y le permita a la población utilizar todos sus medios de transporte de una manera adecuada. Al respecto, se define el pavimento como una: “estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado” (Giordani & Leone, 2015: 2).

De esta manera, el pavimento forma parte de una capa compuesta por materiales que se ubican sobre el terreno natural o nivelado, para extender su resistencia y servir el movimiento de las personas o vehículos hay que evaluar muy bien el suelo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015). Entre los tipos de pavimentos se encuentran los pavimentos rígidos y flexibles, teniendo cada uno su función específica para determinado suelo y según su uso.

Luego de definir y colocar el tipo de pavimento en las diferentes carreteras, es necesario realizar un conjunto de evaluaciones técnicas que permitan establecer el estado de conservación en que se encuentran, cuantificando los daños y facilitando el diseño de planes y estrategias que mantengan en buen estado las vías terrestres. Una de las metodologías, la cual será punto fundamental en la presente investigación, es la Pavement Condition Index- PCI que está orientada a

evaluar y calificar objetivamente los pavimentos mediante el método ASTM D6433-03 (Vásquez, 2002).

El método PCI, determina la condición del pavimento a través de las observaciones visuales, clasificando, identificando y cuantificando el tipo de daños que se encuentran en las unidades de muestras seleccionadas, no es complejo implementar esta metodología, ya que no es necesario utilizar herramientas o equipos especializados, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta. En este contexto, se puede afirmar que el PCI es desarrollado para proporcionar un índice de la integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie (Vásquez, 2002)

Este método utiliza un factor de ponderación denominado valor deducido, debido a la presencia de la cantidad de combinaciones de fallas, nivel de severidad y cantidad (densidad). Esto da como resultado un valor numérico llamado Índice de Condición del Pavimento, que varía desde 0 hasta 100, donde 0 es para un pavimento fallado y 100 para un pavimento en buen estado, el cual permite evaluar cualitativamente la condición del pavimento (Vásquez, 2002) que permitirá determinar los daños en el pavimento que luego necesitara posibles soluciones.

Frente a lo que se ha venido planteando, la Avenida Las Torres del Distrito de Huachipa cuenta con una construcción de 2.3 kilómetros de pavimentación flexible, en la actualidad este pavimento está presentando las siguientes deficiencias: mala compactación, baja calidad de materiales, mal sistema de drenaje, ruptura, grietas, baches y deformaciones, entre otros, que han provocado el deterioro del mismo en el transcurso del tiempo.

A su vez, a través de un recorrido por la vía se observó que el pavimento flexible está siendo afectado por la carga excesiva de transportista, la transpirabilidad de manera intempestiva, la falta de mantenimiento y la falta de cultura de los transportistas, hace que el pavimento este en un estado de deterioro (Espinoza 2018).

En función de lo anterior, con esta investigación se realizará un estudio que conlleve una evaluación técnica a través de la metodología PCI, que permita determinar las condiciones de conservación del pavimento de la Avenida Las Torres del Distrito de Huachipa, que posteriormente permitirá brindar sugerencias para optimizar dicho pavimento.



## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál será el estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica aplicando la metodología PCI, 2019?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Cómo estarán los niveles de severidad y extensión del pavimento flexible en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica aplicando la metodología PCI, 2019?

¿Cuál será el índice de condición del pavimento flexible aplicando la metodología PCI en la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019?

¿Cuáles son las estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019?

## **1.3 Justificación**

La investigación relativa a la aplicación de la metodología PCI en la evaluación superficial de pavimentos flexibles de la Avenida Las Torres del Distrito Lurigancho - Chosica, 2019, se considera importante desde el punto teórico, porque permitirá la oportunidad de utilizar teorías que sirven de modelos conceptuales para brindar solución a dicha problemática estudiada, lo cual se hace muy común en el ámbito de la ingeniería civil.

A su vez, la investigación centra su importancia técnica porque permitirá conocer el estado de conservación actual del pavimento flexible 1km de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica debido a la gran demanda de fluidez vehicular.

Asimismo, mediante este análisis de la metodología PCI, se determinará el estado de conservación real de la vía, que permite conocer superficialmente las

diferentes fallas y determinar si se hace una rehabilitación o mantenimiento, para así evitar la construcción de una nueva, lo cual generaría costos innecesarios y demandaría mayor tiempo, también esta metodología que se presenta es una de las más completa, confiable y económica.

Por lo tanto, el desarrollo de esta investigación tiene un aporte social, ya que brinda un planteamiento estratégico de rehabilitación, que beneficiará a la población y/o usuarios con un apropiado servicio y una óptima seguridad vial al desplazarse con sus vehículos, lo que contribuye al ahorro en el mantenimiento de sus unidades vehiculares en un futuro.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica aplicando la metodología PCI, 2019.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Describir los niveles de severidad y extensión del pavimento flexible en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica aplicando la metodología PCI, 2019.

Calcular el índice de condición del pavimento flexible aplicando la metodología PCI en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019.

Proponer estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019.

## II. MARCO TEÓRICO

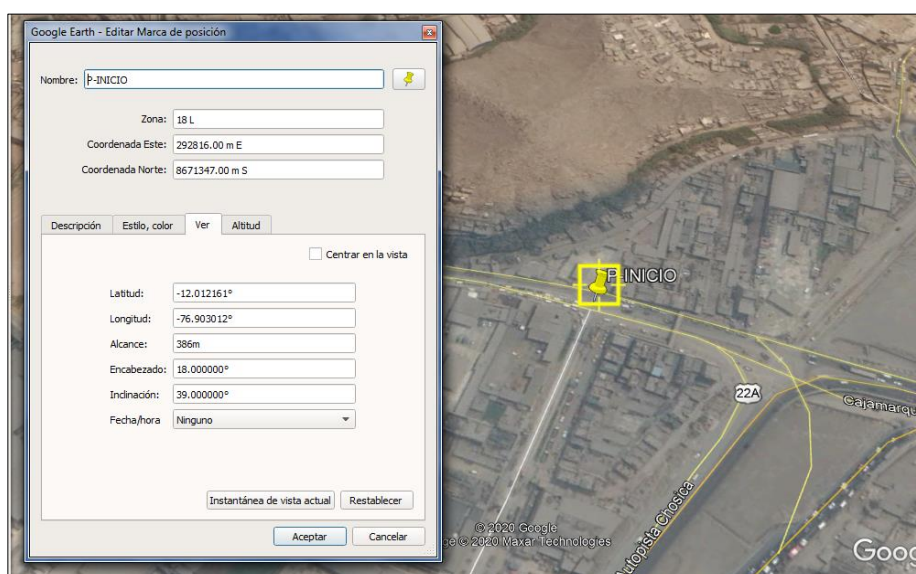
### 2.1. Localización del área de estudio.

La investigación se realizó en la Avenida Las Torres del Distrito Lurigancho – Chosica, siendo el punto de inicio paradero Estadio con las coordenadas Este: 292816.00 m E y Norte: 8671347.00 m S; y el punto final Las Torres como referencia paradero (Tumi) con las coordenadas Este: 291177.00 m E y Norte: 8672362.00 m S (ver figuras 1, 2 y 3).



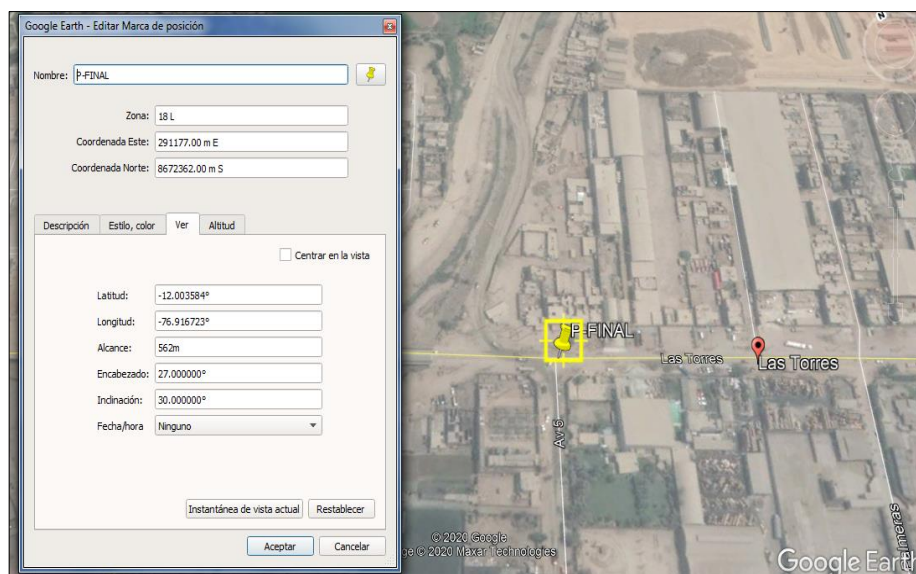
**Figura 1. Área de estudio**

Fuente: Google Earth (2020)



**Figura 2. Área de estudio coordenadas punto de inicio.**

Fuente: Google Earth (2020)



**Figura 3. Área de estudio coordenadas punto final.**

Fuente: Google Earth (2020)

## 2.2. Antecedentes de la investigación

### 2.2.1. Antecedentes nacionales

Muñoz (2018), realizó una investigación titulada “EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 3 DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA NORTE PERÚ – BRASIL APLICANDO EL MÉTODO PCI” en la Universidad Privada del Norte.

El objetivo general de esta investigación fue establecer el diagnóstico del pavimento flexible del Tramo 3 de Carretera Interoceánica Norte Perú - Brasil, mediante la aplicación del método del PCI.

Esta investigación de tipo aplicada y diseño no experimental, en la cual se dividió la vía objeto de estudio de 22 km de longitud en 880 unidades de muestreo, las cuales fueron agrupadas en 22 secciones de un km kilómetro cada una. Se realizó un recorrido de la vía con el fin de identificar las fallas, el grado de severidad y la extensión, siendo registrado en la ficha de recolección de datos creada para tal fin.

El autor concluye que posterior a la evaluación realizada se identificaron 10 tipos de fallas siendo estas: grietas longitudinales y transversales, desnivel

carril/berma, parches y acometidas de servicios, piel de Cocodrilo y grietas de borde, representando el 98,1% de las fallas existentes en la vía estudiada.

Así mismo el 60,1% de las fallas son de baja severidad (L) el 28.5% son de mediana severidad (M) y el 11.4% son de alta severidad (H). Respecto al estado del pavimento, el 77% de las 22 secciones se encuentran entre bueno y excelente. Por último, el índice de PCI fue de 64 lo que indica que el pavimento de la vía estudiada se encuentra en un estado de conservación entre bueno y regular.

Tacza y Rodríguez (2018), en su tesis titulada. "EVALUACIÓN DE FALLAS MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAR LA CONDICIÓN OPERACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL CARRIL SEGREGADO DEL CORREDOR JAVIER PRADO", en la Universidad Peruana Ciencias Aplicadas.

El objetivo general fue proponer alternativas de intervención que permitan mejorar la condición operacional del pavimento flexible existente en el carril segregado del corredor Javier Prado.

La investigación de nivel descriptivo y un diseño de campo, en la cual se dividió la vía objeto de estudio de 828 m de longitud en 18 unidades de muestreo, realizándose un recorrido con la finalidad de identificar las fallas y el grado de severidad, siendo registrado en la ficha de recolección de datos creada para tal fin.

Los autores concluyen que una vez realizada la evaluación del carril segregado del corredor Javier Prado, se pudo identificar la existencia de 8 tipos de fallas siendo estas: grietas piel de cocodrilo, huecos, grietas longitudinales y transversales, desplazamiento, ahuellamiento, depresión, desprendimiento de Agregados y agrietamiento en bloque; presentados niveles de severidad bajo (L) (48.6%), medio (M) (42.07%) y alto (H) (9.33%) respectivamente. El índice de PCI fue de 57 lo que indica que la vía objeto de estudio posee un estado de conservación bueno.

Canturias y Watanabe (2017), en su trabajo de investigación "APLICACIÓN DEL MÉTODO PCI PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CAMINO REAL DE LA URBANIZACIÓN LA RINCONADA DEL DISTRITO DE TRUJILLO", en la Universidad Privada Antenor Orrego.

El objetivo general consistió en aplicar la metodología PCI, en la evaluación superficial del pavimento flexible, para determinar el estado de conservación de la Av. Camino Real de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo. Esta investigación fue de tipo descriptivo y diseño no experimental, en la cual se dividió la Av. Camino Real de 3,044.70 m de longitud en dos tramos, el primero (carril derecho) con 40 unidades de muestra y el segundo (carril izquierdo) con 40 unidades de muestra. Se realizó un recorrido con el fin de identificar las fallas y el grado de severidad, siendo registrado en la ficha de recolección de datos creada para tal fin.

Los autores concluyen que, una vez realizada la evaluación, la Av. Camino Real se identificaron las siguientes fallas: Grietas longitudinales, piel de cocodrilo, Exudación, depresiones, parcheo utilitario, huecos, pulimento de agregados y abultamiento y hundimiento; presentados niveles de severidad en ambos tramos bajo (L) y medio (M) respectivamente. El índice de PCI fue de 87.52, lo que indica que la avenida estudiada posee un estado de conservación excelente.

Rivas y Vargas (2017), en su investigación titulada “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI PARA MINIMIZAR COSTOS Y TIEMPO EN LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA DOMINGO ORUÉ SURQUILLO – LIMA”, en la Universidad de San Martín de Porres.

El objetivo general de la investigación fue aplicar la metodología PCI para minimizar costos y tiempo en la rehabilitación de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima. La investigación fue de tipo aplicada, con un nivel correlacional, de diseño no experimental y un periodo y secuencia transversal, en la cual se dividió la vía objeto de estudio de 864 m de longitud en dos tramos, el primero con 4 secciones y el segundo con 3 secciones respectivamente, realizándose un recorrido en la avenida Domingo Orué con para identificar las fallas y el grado de severidad, siendo registrado en la ficha de recolección de datos creada para tal fin.

Los autores concluyen que posterior a la evaluación realizada, se identificaron en las zonas de pavimento flexible 9 tipos de fallas y en las zonas de pavimento rígido 7 tipos de, presentado los 3 niveles de severidad: baja (L), medio (M) y alto (H). El índice de PCI fue de 37.03 lo que indica que la avenida Domingo Orué posee un estado de conservación malo.

Vergara (2015), en su tesis titulada. "EVALUACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA METODOLOGÍA PCI TRAMO QUICHUAY -INGENIO DEL KM 0+000 AL KM1+000 2014", en la Universidad Nacional Centro del Perú.

El objetivo general de la investigación fue determinar cómo influye en la determinación de la intervención del pavimento, la evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI del tramo Quichuay-Ingenio del km 0+000 al km 1 +000.

La investigación fue de tipo descriptiva y enfoque cuantitativo, en la cual se dividió del tramo Quichuay-Ingenio de 1 km de longitud en 28 unidades muestrales respectivamente, realizándose un recorrido de la vía objeto de estudio con el fin de identificar las fallas y el grado de severidad, siendo registrado en la ficha de recolección de datos creada para tal fin.

El autor concluye que, una vez realizada la evaluación, se identificó que las fallas estructurales representan el 79% de incidencia en el pavimento flexible, siendo los baches los que causan más daño presentando niveles altos de severidad, así mismo las fallas funcionales representan el 21% de incidencia en el pavimento flexible. El índice de PCI fue de 35 lo que indica que el tramo Quichuay-Ingenio del km 0+000 al km 1 +000 posee un estado de conservación malo.

### **2.2.2 Antecedentes internacionales**

Becerra y Sánchez (2018), en su tesis titulada "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DEL SECTOR EL VALLE Y SU MARCO SOSTENIBLE", en la Universidad de Cuenca, Ecuador.

El objetivo general se centró en evaluar la condición de una red de pavimentos en el sector de El Valle bajo las metodologías PCI, Windshield Pavement Condition Index y MTOP y definir la aplicabilidad de cada una de ellas para crear un sistema de gestión que incluya: Inventario automatizado; determinación de la condición validada; herramientas de clasificación, optimización, priorización; en función de las curvas de deterioro para las distintas familias de pavimentos analizados, y además implementar soluciones de intervención (rehabilitación, mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción, etc.).

La investigación fue de tipo descriptiva y diseño no experimental, tomándose como objeto de estudio el sector El Valle, el cual posee 13 vías con asfalto flexible, 2 vías con asfalto rígido y 8 vías no pavimentadas, las cuales fueron evaluadas con diferentes metodologías.

Los autores concluyen que al evaluar las 13 vías de asfalto flexible por medio del método PCI se obtuvo un índice de 49.85 lo que indica que las vías evaluadas poseen un estado de conservación regular. Respecto a la evaluación de las 2 vías de asfalto rígido por medio del método PCI se obtuvo un índice de 64.5 lo que indica que las vías evaluadas poseen un estado de conservación bueno.

Puga (2018), realizó una investigación titulada “EVALUACIÓN FUNCIONAL DE PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO AVENIDA LOJA (CUENCA)” en la Universidad de Cuenca, Ecuador.

El objetivo general de esta investigación fue realizar una evaluación funcional del pavimento rígido, ubicado en la avenida Loja tramo avenida de las Américas – avenida 10 de agosto, mediante el método del PCI, la misma que servirá para la evaluación y calificación del estado del pavimento; generando alternativas de rehabilitación.

En esta investigación de tipo descriptiva y diseño no experimental, se dividió la avenida Loja 2.52 km de longitud en tres tramos. Además, se realizó un recorrido de la vía con el fin de identificar las fallas y grado de severidad siendo registrado en el formato de exploración (norma ASTM D6433).

La autora concluye que, una vez realizada la evaluación, se encontraron tres tipos de deterioros que son los que mayormente han afectado la avenida Loja, siendo estos: parcheo grande (60%), losa dividida (42%) y grieta lineal (70%), así mismo se observó deterioro pulido de agregados (81%) presente en los 2.5 km de la vía evaluada. El índice de PCI para el tramo 1 fue de 84.25, el cual presentó fallas con severidad baja y media por lo que se encuentra en un rango entre excelente – bueno; para el tramo 2 fue de 46, el cual presentó fallas de alta severidad por lo que se encuentra en un rango entre regular – muy pobre; y para el tramo 3 fue de 61.5, el cual presentó fallas de severidad media por lo que se encuentra en un rango entre muy bueno – regular.



Cruz y Restrepo (2017), en su tesis titulada “EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA ZONA URBANA DE LA CALERA”, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

El objetivo general fue el de conocer el estado de los pavimentos flexibles en el casco urbano del municipio de La Calera.

La investigación fue de tipo descriptiva y diseño de campo, en la cual se identificó las 18 secciones (calles y carreras) del casco urbano del municipio La Calera que poseían pavimento flexible, haciéndose un recorrido e inspección visual para identificar las fallas y el grado de severidad registrándose en la aplicación móvil PavCoin auscultación-Sistema Android.

Los autores concluyen que las fallas que, mayormente se presenta en el casco urbano del municipio La Calera son: grietas longitudinales, piel de cocodrilo, grietas transversales, y huecos. El índice PCI fue de 39.89 lo que indica que las vías evaluadas poseen un estado de conservación malo.

Sierra y Rivas (2016), en su investigación titulada “APLICACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS DIFERENTES METODOLOGÍAS DE DIAGNOSTICO PARA LA CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL TRAMO PR 00+000 – PR 01+020 DE LA VÍA AL LLANO (DG 78 BIS SUR – CALLE 84 SUR) EN LA UPZ YOMASA” en la Universidad Católica de Colombia, Colombia.

El objetivo general de esta investigación fue analizar, evaluar y comparar la aplicación de las metodologías VIZIR, Y PCI en un pavimento flexible en el tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al llano (Dg 78 bis sur – calle 84 sur) en la UPZ Yomasa.

Esta investigación de tipo descriptiva y diseño no experimental. Al respecto, cabe destacar que la UPZ Yomasa posee una longitud de 1020 m y fue dividida en 34 unidades de muestreo, en la que se desarrolló un recorrido con el fin de visualizar y registrar los daños existentes sobre la superficie del pavimento.

Los autores concluyen que una vez realizada la evaluación se encontraron los siguientes daños: pulimiento de agregados (40.28%), piel de cocodrilo (13.12 %), parcheo (9.13 %), grietas longitudinales (15.13%) y grietas transversales (7.89 %), siendo daños de alta severidad. También se reportaron daños de severidad media siendo estos: agrietamiento en bloque (4.46%), ahuellamiento (4.27%), y

desprendimiento de agregados (4.19 %). Por otro lado, se encontraron daños de baja severidad como lo son: huecos, fisuras de borde, fisuras parabólicas y exudación (1.52%) de la totalidad de los daños observados. El índice PCI obtenido fue de 86.35 lo que indica que la UPZ Yomasa posee un estado de conservación muy bueno.

Huilcapi y Pucha (2015), en su tesis titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN FUNCIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LAS VÍAS GARCÍA MORENO Y PANAMERICANA SUR DEL CANTÓN COLTA – PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, en la Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.

El objetivo general fue el de realizar un análisis comparativo de evaluación funcional entre las metodologías VIZIR y PCI (Paviment Condition Index) de las vías urbanas García Moreno y Panamericana Sur que rodean la ciudad “Villa La Unión” - Parroquia Cajabamba, del Cantón Colta - Provincia de Chimborazo construidas con pavimento flexible, con el fin de identificar que metodología concuerda mejor con el estado real de deterioro del pavimento.

La investigación fue de tipo descriptiva – comparativa y diseño de campo. Las vías urbanas García Moreno y Panamericana Sur poseen en conjunto una longitud de 1865 m, siendo divididas en 13 unidades de muestreo en las que se desarrolló un recorrido con el fin de identificar los daños según la clase, la severidad y la extensión de los mismos, registrándose en el formato de recolección de datos creado para tal fin.

Las autoras concluyen que la calle García Moreno, al ser evaluada por el método PCI se califica como deteriorado / fallado, siendo la falla con mayor incidencia la piel de cocodrilo con un 36.97%, afectando la estructura del pavimento. Así mismo la Panamericana Sur al ser evaluada por el método PCI se califica al carril izquierdo como bueno, siendo las fallas más recurrentes el agregado pulido con un 54.25% para el tramo del acceso principal a la parroquia Cajabamba, y exudación con 33.43% a lo largo de la vía; respecto al carril derecho se califica como regular, siendo la falla con mayor incidencia el agregado pulido con 38.41%.

## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1 Pavimentos**

Para Rondón y Reyes (2015), los pavimentos son una capa superpuesta de forma horizontal compuestas por diferentes materiales seleccionados, cuyo fin es el de soportar las cargas de tránsito. En este sentido deben ser diseñados de tal manera que permitan ofrecer un paso seguro, cómodo, y confortable para el parque automotor. Por su parte, Céspedes (2002), los define como aquella capa superpuesta la cual debería ser construida de manera económica, segura y cómoda, tomando en consideración la resistencia del suelo del terreno sin que la deformación exceda a lo admisible, ya que los pavimentos tienden a soportar las cargas vehiculares las cuales se transmiten a la subrasante.

En este mismo orden de ideas, Montejo (2006) define a los pavimentos como una capa superpuesta, que son diseñadas y construidas con materiales apropiados y debidamente compactados, colocadas en la subrasante, lo que permite soportar los esfuerzos de las cargas. Por su parte, la UMSS (2004) indica que los pavimentos se consideran como una estructura superior a la fundación cuya finalidad es la de permitir que fluya de manera confiable y segura el tránsito vehicular.

Como se observa, los diferentes autores coinciden en definir al pavimento como una capa superpuesta la cual es diseñada y construida en base a diferentes materiales (siendo los más apropiados) para de una manera cómoda y segura permita soportar las cargas vehiculares.

De acuerdo a Montejo (2006), para que un pavimento pueda cumplir adecuadamente las funciones para las que es diseñado, debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la intemperie.
- Ser resistentes a las cargas producidas por el tráfico.
- Poseer una textura en la superficie lo más adecuada para adaptarse a las velocidades de diseño.
- Que sean durables.
- Que posean un drenaje adecuado.
- Que controle el ruido producido por la rodadura para la comodidad de los usuarios.
- Que sea económico.

## **2.3.2 Elementos estructurales que integran un pavimento.**

### **2.3.2.1 Sub rasante**

Es una capa de la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), en la que se colocan las demás capas estructurales que conforman el pavimento. Para su construcción se emplean suelos seleccionados con características aceptables, los cuales son compactados por capas, con el fin de constituir un cuerpo estable de óptimo estado, para que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. La capacidad de soporte de la sub rasante tiene influencia directa en el diseño de las capas superiores (MTC, 2013).

Es importante tomar en consideración el volumen de las variaciones que pueden presentar los suelos de tipo expansivo ya que pueden generar daños a la estructura, para ello se deberá estabilizar o impermeabilizar con algunos aditivos (Montejo, 2006)

### **2.3.2.2 Sub base**

Es una capa que se construye en base a material granular ( $\text{CBR} \geq 40\%$ ) o tratada con asfalto, cal o cemento que permite soportar la base y la carpeta de rodadura. Su función es la de servir como capa de drenaje y controlador la capilaridad del agua. La misma puede obviarse en algunos caso, dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento (MTC, 2013).

### **2.3.2.3 Base**

Es una capa inferior a la capa de rodadura, la cual se construye con material granular drenante ( $\text{CBR} \geq 80\%$ ) o tratada con asfalto, cal o cemento. Su función es la de sostener, distribuir y transmitir las cargas que se ovacionan por el tránsito (MTC, 2013).

### **2.3.2.4 Capa de rodadura**

Es la capa superior del pavimento cuya función es la de sostener de manera directa el tránsito, la misma puede ser de tipo bituminoso (flexible), de concreto de cemento portland (rígido) o de adoquines (MTC, 2013). De acuerdo a Bolaños (2015), esta capa cumple también la función de impermeabilizar la superficie, lo que evita el ingreso de agua la cual podría saturar o causar la desintegración de las capas subyacentes. Cuando su espesor es mayor a 2,5 cm, permite soportar las cargas y distribuir los esfuerzos.

La misma requiere de mantenimientos periódicos para garantizar su adecuado funcionamiento, ya que es la capa que está más expuesta a la intemperie y al desgaste que producen los vehículos.

### 2.3.3 Clasificación de los pavimentos.

#### 2.3.3.1 Pavimentos flexibles

Es un tipo de pavimento cuya estructura está constituida por capas granulares (base y súbbase) y una capa de rodadura que está constituidas por materiales bituminosos (aglomerantes, agregados y aditivos).

Así mismo, se consideran como capa de rodadura asfáltica: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente (MTC, 2013).

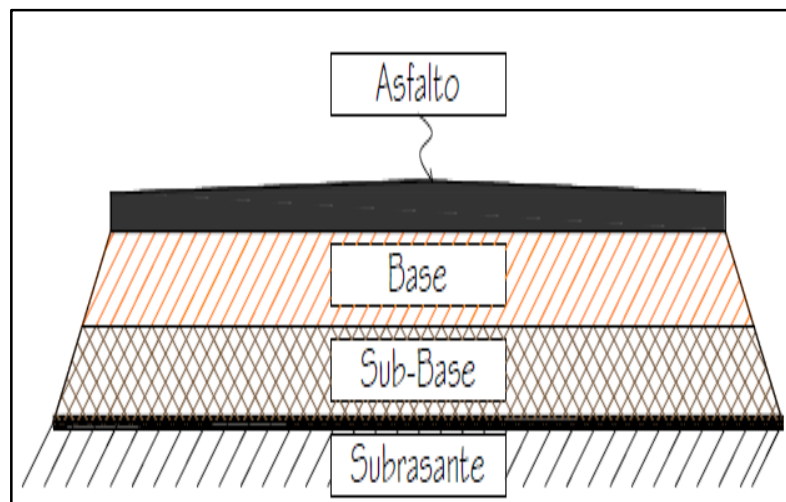


Figura 4. Estructura típica de un pavimento flexible

Fuente: Becerra y Sánchez (2018)

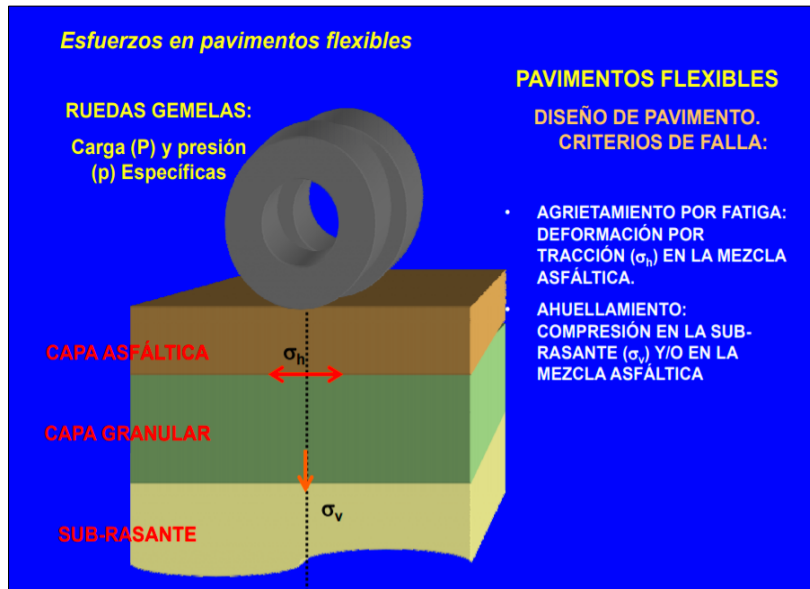
De acuerdo a Montejo (2006), el pavimento flexible posee los siguientes elementos:

**Capa sub base granular:** Es una capa que contribuye en brindar economía a la estructura, así mismo impide que se infiltre el agua al suelo o terreno mejorado, evitando así el deterioro en la superficie como en la estructura del pavimento.

**Capa base granular:** Es una capa que permite constituir la transición de los esfuerzos generados por el tráfico de la capa de rodadura y que son transmitidos de forma adecuada a la sub base.

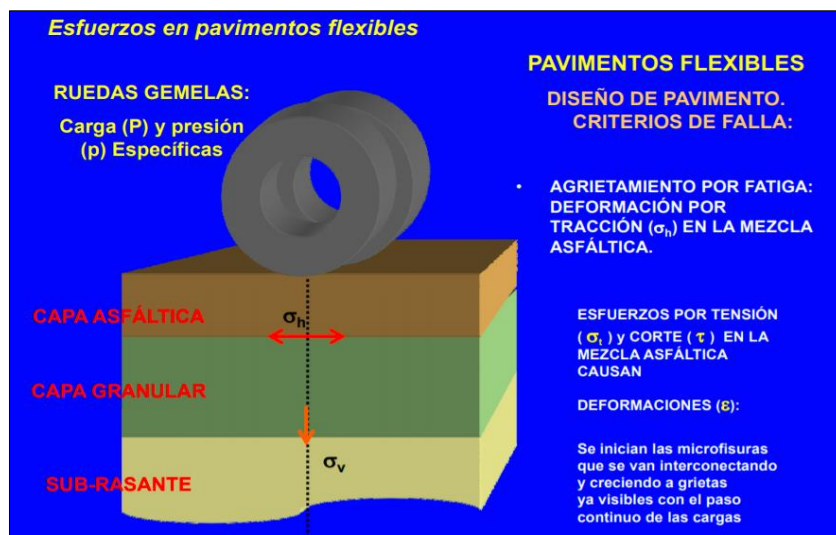
**Superficie de rodamiento:** Es una capa que ayuda a resistir los efectos del tránsito, así mismo proporciona una superficie estable y uniforme además de poseer una textura y color adecuado.

El pavimento flexible puede presentar un perfil de esfuerzos, según el criterio de la falla que presente como se puede observar en las figuras a continuación.



**Figura 5. Distribución de esfuerzos en pavimento flexible para agrietamiento y ahuellamiento**

Fuente: Corredor y Corros (2018)

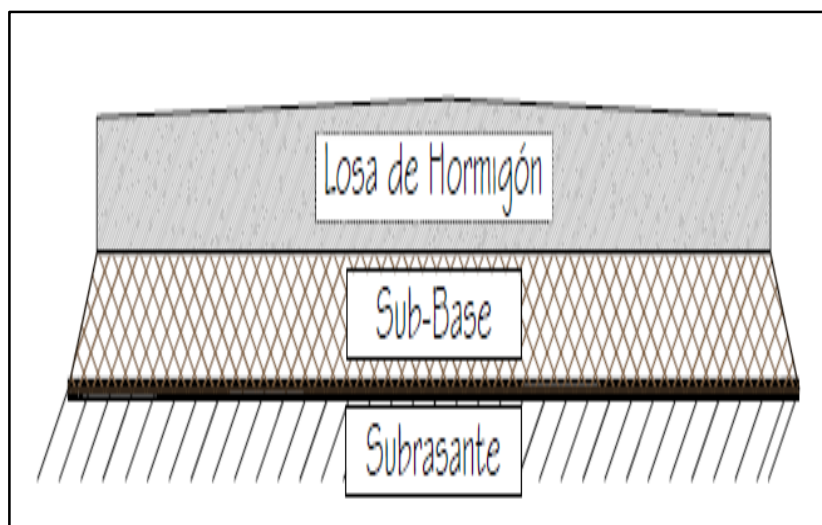


**Figura 6. Distribución de esfuerzos en pavimento flexible para fatiga**

Fuente: Corredor y Corros (2018).

### 2.3.3.2 Pavimentos rígidos

Es un pavimento que se encuentra conformado por un conjunto de losas de concreto de cemento que, de acuerdo a las cargas, pueden poseer acero de refuerzo, puede ser construido directamente sobre la subrasante preparada o sobre la base (o sub base). Su nombre proviene por las propiedades de la carpeta de concreto, las cuales tienden a absorber en mayor grado las cargas vehiculares. Su costo es mayor en comparación con el pavimento flexible; sin embargo, el costo para el mantenimiento es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas (Sánchez, 2009).



*Figura 7. Estructura típica de un pavimento rígido*

Fuente: Becerra y Sánchez (2018)

Señala Montejo (2006) que el pavimento rígido posee los siguientes elementos:

**Capa subbase:** Es una capa que impide el bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento, así mismo es una capa de transición para soportar los esfuerzos generados por la capa superior.

**Losas de concreto:** Es una capa cuya función principal es la de soportar y transmitir de manera adecuada las cargas generadas por el tránsito a las capas inferiores. La misma debe poseer una superficie con la textura, estabilidad y color adecuado.

### 2.3.4 Ciclo de vida “fatal” de los pavimentos.

Los pavimentos tienden a sufrir deterioros constantes debido a condiciones externas como puede ser la lluvia, condiciones ambientales, el tránsito, ente otros, que causan un efecto permanente y lo convierten en un pavimento intransitable. El ciclo de vida del pavimento se clasifica en cuatro etapas, iniciando con una etapa inicial donde el deterioro es casi imperceptible y culminando en una etapa final. Donde el deterioro es total. Sin embargo, el diseño y construcción de los pavimentos se proyectan para que sirvan un determinado número de años, siendo denominada dicha proyección como ciclo de vida útil (Gamboa, 2009).

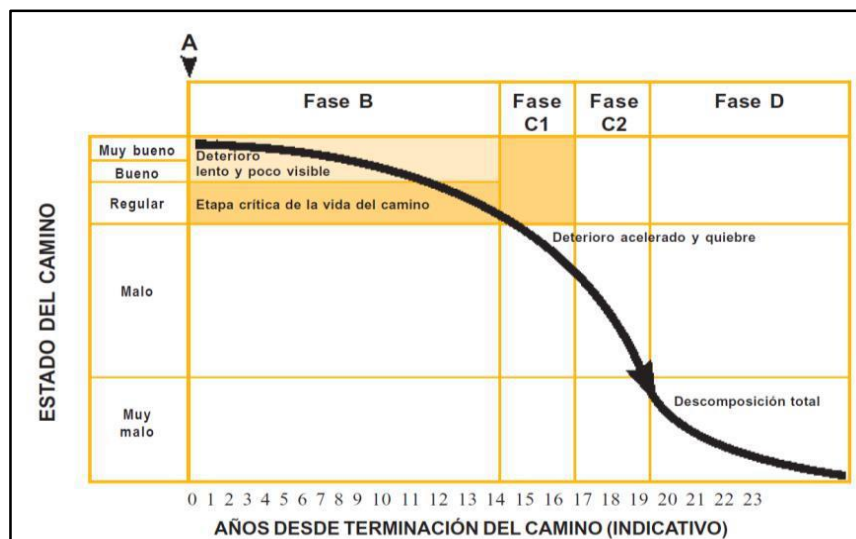


Figura 8. Etapas de deterioro en el pavimento

Fuente: Menéndez (2003)

De acuerdo a Menéndez (2003), existen cuatro fases del ciclo de vida fatal de los pavimentos, siendo éstas:

**Fase A Construcción:** Es la primera fase y en esta el pavimento entra en servicio una vez concluida la obra, sin importar si ha sido de construcción sólida o evidencia algunos defectos. Para este momento, el pavimento posee excelentes condiciones que permiten satisfacer las necesidades de los usuarios (Punto A en la figura 6).

**Fase B Deterioro imperceptible:** En la medida que va pasando los años, se empieza a experimentar en el pavimento un proceso de desgaste y debilitamiento lento, específicamente en la superficie de rodadura y en menor grado en el resto



de su estructura. Dicho desgaste es producto en proporción al tránsito vehicular, la influencia del clima, el agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Otro de los aspectos que incide también en la velocidad del desgaste es la calidad de la construcción inicial.

Con el fin de reducir el proceso de desgaste y debilitamiento del pavimento, se hace necesario aplicar, con cierta frecuencia, distintas medidas de conservación, específicamente en la capa de rodadura y en las obras de drenaje. De no efectuarse dichas medidas, la vida útil se reduce sustancialmente.

Durante esta fase (ver figura 6), el pavimento aparente tiende a verse en buen estado y el usuario no percibe el desgaste, aun cuando ya existen un aumento gradual de fallas menores aisladas. En esta fase, el pavimento sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado en el pleno sentido del término.

**Fase C Deterioro acelerado:** Después de varios años de uso, la capa de rodadura y otros elementos del pavimento suelen estar cada vez más “agotados”; y entran en un período de deterioro acelerado, punto en el cual se reduce la resistencia al tránsito vehicular (ver figura 6). Inicialmente en esta fase, la estructura básica del pavimento se mantiene intacta generando en el usuario una percepción de pavimento bastante sólido, sin embargo, no es así, en la medida que avanza más en la fase C se observan con mayor presencia daños en la superficie comenzándose deteriorar la estructura básica, la cual no es visible. En el momento en que la capa de rodadura presenta fallas graves que pueden ser visibles a simple vista, en este punto se puede asegurar que la estructura básica del pavimento está siendo seriamente dañada.

La mayoría de estos daños comienzan siendo puntuales, pero poco a poco se van extendiendo hasta el punto de afectar la mayor parte del pavimento, lo que hace que el transcurso de esta fase sea relativamente corto, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción se acelera.

**Fase D Descomposición total:** Esta es la última etapa de la existencia del pavimento y puede durar varios años. En este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, baja bruscamente la velocidad de circulación, quedando

reducida la capacidad del pavimento a sólo una fracción de la original. Ya en esta fase, los vehículos experimentan daños en los ejes, neumáticos, amortiguadores y chasis, propiciando el alza en los costos de operación de los vehículos y el incremento de accidentes graves.

### 2.3.5 Ciclo de vida “deseable” de los pavimentos.

De acuerdo a Menéndez (2003), es un ciclo que permite mantener el pavimento dentro de un rango de deterioro aceptable, por medio de la aplicación de un sistema de mantenimiento adecuado (ver figura 7).

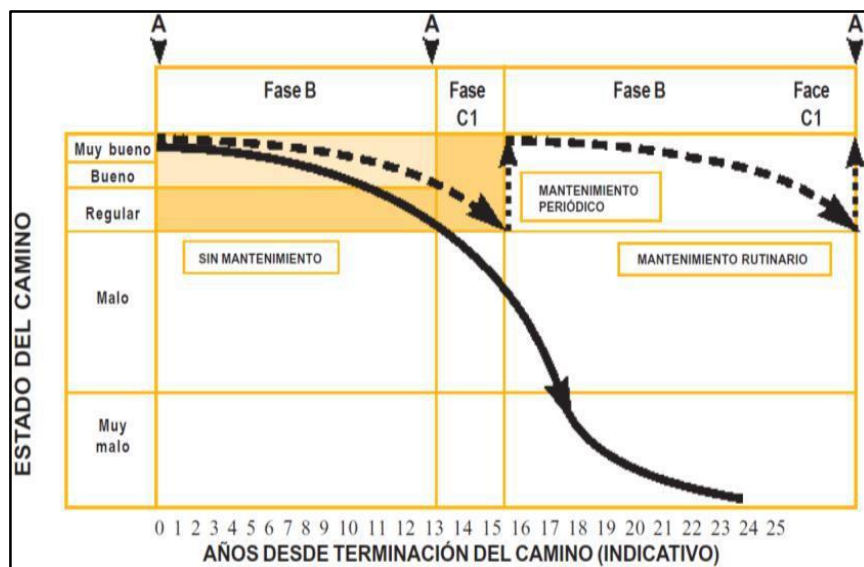


Figura 9. Condición de la vía con y sin mantenimiento

Fuente: Menéndez (2003)

Para Menéndez (2003), un camino puede tener un proceso sin mantenimiento y otro con mantenimiento, es debido a la falta de mantenimiento lo que conduce inevitablemente al deterioro total del camino, ahora bien, cuando existe una atención constante del mismo a través del mantenimiento rutinario solamente se requerirá cada cierto tiempo de trabajos de mantenimiento periódico.

### 2.3.6 Fallas en el pavimento

Según Rodríguez (2009), las fallas en el pavimento es el resultado de interacciones complejas de: diseño, construcción, materiales, tránsito vehicular y medio ambiente, que al combinarse causan un deterioro progresivo que disminuyen

la serviciabilidad y funcionalidad del mismo, situación que puede agravarse sino se da el mantenimiento adecuado a la vía. En este mismo sentido, un factor que influye directamente en el comportamiento de los pavimentos es el tipo de carga aplicada y la velocidad con que sucede. Por lo tanto, los pavimentos al estar sujetos a cargas móviles y el hecho que las cargas actuantes sean repetitivas, afectan directamente la resistencia de las capas de pavimento (Rabanal, 2014). De acuerdo a Montejo (2006), las fallas se clasifican en:

**Fallas estructurales:**

Son fallas que comprenden los defectos de la superficie de rodamiento cuyo origen se origina en una o en varias capas de la estructura del pavimento, lo que ocasiona la ruptura del mismo. Pueden detectarse por medio de la inspección visual, sin embargo, en algunos casos, se hace es necesario realizar ensayos destructivos y no destructivos.

**Fallas superficiales:**

Son fallas que comprenden los defectos de la superficie de rodadura producto de fallas en la carpeta asfáltica y que no tienen relación con la estructura del pavimento. Este tipo de fallas pueden ser detectadas por simple inspección visual.

**Fallas por fatiga:**

Son fallas que se producen debido al número excesivo de las cargas pesadas produciendo una disminución en las características mecánicas. Son deformaciones horizontales por tracción que pueden generar en la capa inferior la flexión y al exceder el límite crítico inicia el proceso llamado fisuramiento.

### **2.3.7 Metodología PCI**

El método para la evaluación del comportamiento del pavimento PCI (Índice de Condición del Pavimento) es un método que cumple la norma ASTM-D6433-07 y ASTM-D6433-11.

En este sentido, consiste en la ejecución de inspecciones visuales por medio de las cuales se determina la condición del pavimento en base al tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes. Es un método de fácil implementación y es la más completa para conocer el comportamiento y calificar de manera objetiva el pavimento sean estos flexibles o rígidos (Sierra & Rivas, 2016).

Su finalidad es la de obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, este valor cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento (Rivas & Vargas, 2017).

Para Robles (2015), este método considera que el deterioro del pavimento es producto del tipo, la severidad y la extensión del daño; por lo tanto, proporciona un indicador numérico que permite clasificar las condiciones superficiales del pavimento presentando como restricciones la medición de la capacidad estructural del pavimento y determinación de su rugosidad.

### 2.3.7.1 Índice de condición del pavimento (PCI)

Este método permite determinar la condición del pavimento por medio de observaciones visuales que permiten clasificar, identificar y cuantificar el tipo de daños que se encuentren en las unidades de muestras seleccionadas. El método utiliza un factor de ponderación denominado Valor Deducido, debido a la presencia de la cantidad de combinaciones de fallas, nivel de severidad y cantidad (densidad) (Rivas & Vargas, 2017). Esta metodología califica el índice de condición de pavimento de manera integral a base de una escala que varía desde “0” hasta “100”, donde “0” es para un pavimento fallado y “100” para un pavimento excelente, el cual nos permite evaluar cualitativamente la condición del pavimento (ver tabla 1) (Vásquez, 2002).

**Tabla 1 Escala de calificación del método PCI**

RANGO PCI	CLASIFICACION
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 (2002)

### 2.3.7.2 Materiales e instrumentos

De acuerdo a Vásquez (2002), los materiales que se requieren para la inspección son los siguientes:

- Flexómetro de 5 metros, para medir las dimensiones de las fallas menores a 5 metros.
- Cinta métrica de 30 metros, para medir la longitud de las Unidades de Muestra y medir las dimensiones de las fallas.
- Regla de aluminio de 1 metro, para medir los desniveles del pavimento flexible.
- Una libreta de campo, para tomar apuntes de lo observado durante la inspección.
- Una cámara fotográfica, para lograr un registro visual de las fallas del tramo en la vía de estudio.
- Tener un formato para el registro de información total de datos, lo cual nos ayudara en la correcta calificación de fallas en la zona de estudio (ver figura 8).

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO			
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )			
INSPECCIONADA POR		FECHA			
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

Figura 10. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica

Fuente: Vásquez (2002)

### 2.2.7.3 Proceso de evaluación del método PCI

**Unidades de muestreo:** Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura: Para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ . En la tabla 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada (Vásquez, 2002).

**Tabla 2 Longitudes de unidades de muestras asfálticas**

ANCHO DE CALZADA (M)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (M)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 ( máximo)	31.5

Fuente: Vásquez (2002)

**Determinación de las unidades de muestreo para evaluación:** En la evaluación de una red vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo (Vásquez, 2002).

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  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95% (Vásquez, 2002).

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

**Ecuación 1. Determinación de unidades de muestreo**

Fuente: Vásquez (2002)

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

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

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

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

*Ecuación 2. Intervalo de muestreo*

Fuente: Vásquez (2002)

Donde:

**N:** Número total de unidades de muestreo disponible.

**n:** Número mínimo de unidades para evaluar.

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

- El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i.
- Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.
- Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

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

**Selección de unidades de muestreo adicionales:** Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado.

También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección (Vásquez, 2002).

#### **2.3.7.4 Determinación del PCI por unidad de muestra**

De acuerdo a Vásquez (2002), una vez concluida la inspección de campo, se utiliza la información obtenida de los daños para calcular el PCI aplicando el siguiente procedimiento:

##### **Etapa 1 Cálculo de los valores deducidos:**

- a) Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna total del formato utilizado. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- b) Divida la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
- c) Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas valor deducido del daño de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.



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

- a) Si ninguno o tan sólo uno de los valores deducidos es mayor que 2, se usa el valor deducido total en lugar del mayor valor deducido corregido, CDV, que se obtiene en la etapa 3. De lo contrario, se deben seguir los pasos b y c.
- b) Liste los valores deducidos individuales de mayor a menor.
- c) Determine el número máximo admisible de valores deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3.

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$

**Ecuación 3. Número máximo admisibles de valores deducidos**

Fuente: Vásquez (2002)

Dónde:

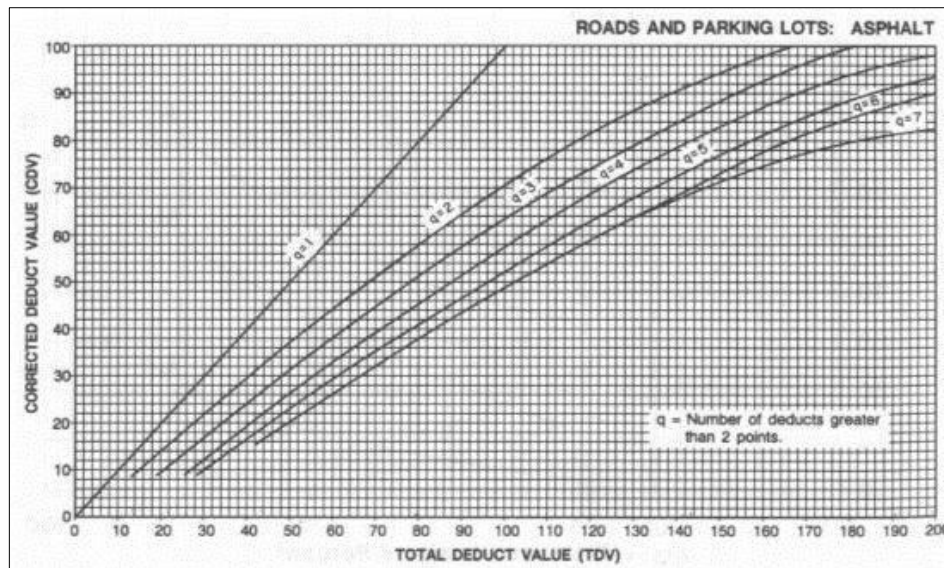
**mi:** Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

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

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

**Etapa 3. Cálculo del máximo valor deducido corregido”, CDV:** De acuerdo a Vásquez (2002), el máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- a) Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.
- b) Determine el valor deducido total sumando todos los valores deducidos individuales.
- c) Determine el CDV con q y el valor deducido total en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- d) Reduzca a 2.0 el menor de los valores deducidos individuales que sea mayor que 2.0 y repita los pasos de a hasta c. para que q sea igual a 1.
- e) El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.



**Figura 11. Curvas de corrección del valor deducido (CDV) para pavimentos flexibles**

Fuente: Vásquez (2002)

**Etap 4 Cálculo del PCI de la unidad:** Para obtener el PCI de la unidad de muestra se deberá restar 100 al máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

$$\text{PCI} = 100 - \text{máx. CDV}$$

**Ecuación 4. Número máximo admisibles de valores deducidos**

Fuente: Vásquez (2002)

Donde:

**PCI:** Índice de Condición del pavimento Máx.

**CDV:** Máximo valor corregido deducido.

El PCI promedio, resulta ser el promedio de todos los PCI de cada unidad de muestra.

### 2.2.7.5 Determinar PCI de la Sección

Según Vásquez (2002), 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.

Ahora bien, si 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:

$$PCIs = \frac{((N-A)*PCIR)+(A*PCIA)}{N}$$

**Ecuación 5. Determinación del PCI de la sección**

Fuente: Vásquez (2002)

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.

### 2.3.8 Nivel de severidades

Para la determinación del nivel de severidad de calidad de tránsito, se hace un recorrido de la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal (Vásquez, 2002).

Los niveles de severidad son:

- **Bajo (L: Low):** Se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad.
- **Medio (M: Medium):** Las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad.
- **Alto (H: High):** Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en áreas de la comodidad y la seguridad.

### 2.3.9 Tipos de fallas

El Método PCI considera 19 clases de fallas más comunes en el deterioro progresivo del pavimento flexible, las cuales se agrupan en 4 categorías (ver tabla 3).

**Tabla 3 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI**

CATEGORIA	TIPO DE FALLA
Fisuras y Grietas	Piel de Cocodrilo Agrietamiento en bloque Grieta de Borde Grieta de Reflexión de Junta Grietas Longitudinales y transversales Cruce de vía férrea Grietas parabólicas
Deformaciones superficiales	Abultamientos y Hundimientos Corrugación Depresión Ahuellamiento Desplazamiento Hinchamiento Huecos
Desprendimientos	Desprendimiento de Agregados
Otras fallas	Exudación Pulimento de Agregados Desnivel Carril / Berma Parcheo y acometidas

Fuente: Elaboración propia a partir de Vásquez (2002)

Estas fallas afectan de diversa forma la condición y comportamiento del pavimento. Algunas afectan las características superficiales (condiciones operativas) del pavimento, reduciendo su nivel de servicio; suele referirse a estos como defectos de superficie o daños funcionales, por cuanto no afectan la capacidad estructural del pavimento.

En contraste, otras fallas afectan la integridad del pavimento reduciendo su habilidad para soportar las cargas del tránsito; se denominan daños estructurales y si bien afectan en grado diverso la serviciabilidad presente del pavimento, conllevan más rápidamente a una pérdida de esta a mediano plazo (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos - DAEP, 2016).

De acuerdo a Vásquez (2002), se deben conocer los tipos de fallas, las razones por las que se generan y la forma de identificación.

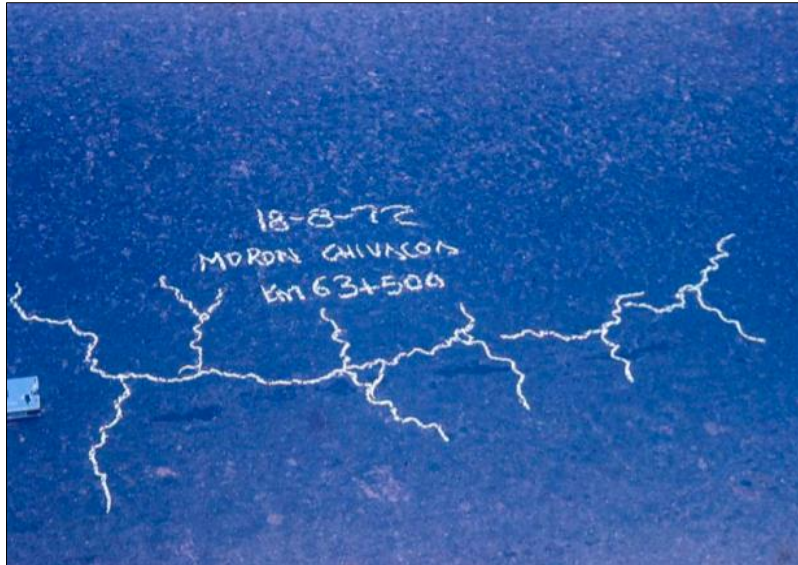
**1) Piel de cocodrilo:** La piel de cocodrilo o agrietamiento por fatiga se refiere a una serie de fisuras interconectadas causadas por acción de la fatiga de la superficie de pavimento asfáltico sometida a repeticiones de carga o tráfico. El agrietamiento se origina en la base de la superficie de concreto asfáltico, o base estabilizada, donde los valores de esfuerzos de tensión y las deformaciones unitarias son más altos, bajo la carga de rueda. Inicialmente, las fisuras se propagan hacia la superficie como una serie de fisuras longitudinales en paralelo (Vásquez, 2002).

Después de repetidas cargas de tráfico, las fisuras se conectan formando varios fragmentos cuyos bordes exteriores forman ángulos agudos en su interior desarrollando así un patrón semejante al alambrado de un gallinero o la piel de un cocodrilo.

En general, las piezas son menores a 0.5m en el lado más largo. La Piel de Cocodrilo ocurre sólo en áreas sujetas a repeticiones de carga de tráfico, tales como son las huellas en el carril. El tipo de patrón de agrietamiento que ocurre sobre un área no sujeta a cargas, es denominado "fisuras en bloque", la cual es una falla no asociada a carga (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

**L:** Finas fisuras longitudinales del espesor de un cabello, con recorrido paralelo entre ellas y con algunas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están descascaradas (figura12).



*Figura 12. Piel de cocodrilo nivel de severidad bajo*

Fuente: Corredor y Corros (2019).

**M:** Continuación del desarrollo de las fisuras de piel de cocodrilo, finas, en un patrón o red de fisuras que podrían estar ligeramente descascaradas (figura 13).



*Figura 13. Piel de cocodrilo nivel de severidad medio.*

Fuente: Corredor y Corros (2019).

**H:** El patrón o red de fisuras muestra un progreso tal que las piezas que conforman la piel de cocodrilo están bien definidas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas podrían oscilar o moverse bajo tráfico (figura 14).



*Figura 14. Piel de cocodrilo nivel de severidad alto.*

*Fuente: Corredor y Corros (2019).*

### **Medición (m<sup>2</sup>)**

La dificultad de la medición de este tipo de falla es la presencia de dos o tres niveles de severidad en una misma área de falla. Si estas porciones pueden ser fácilmente distinguidas de las otras, entonces deben ser medidas y registradas por separado; sin embargo, si los diferentes niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área debe ser calificada con el mayor nivel de severidad presente. Si en una misma área, existe piel de cocodrilo y ahuellamiento, cada una de las fallas debe ser registrada por separado y en su respectivo nivel de severidad (Vásquez, 2002).

### **Medidas correctivas o mantenimiento**

El objetivo del mantenimiento consiste conservar y/o adecuar la integridad de la estructura del pavimento. De no intervenir oportunamente esta falla, puede evolucionar de forma que se extiende progresivamente en la superficie del pavimento; la cual suele ir acompañados de ahuellamiento y/o hundimientos; progresan más o menos rápidamente según las condiciones de tráfico, precipitación y drenaje, a las que están expuestas, hasta originar baches (DAEP, 2016). Por ello, se describen las para su mantenimiento en la tabla 4.

**Tabla 4 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI Mantenimientos para falla piel de cocodrilo**

Severidad	Densidad	Alternativa	Clasificación	Vida esperada (años)
Bajo	Local	-Ninguna acción -Aplicar sellado de la superficie afectada con emulsión bituminosa o rejuvenecedora	Rutinario	1
	General	- Sellado de la superficie con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo. - Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal)	R. Periódico R. Periódico	2 3-4
Medio	Local	- Bacheo superficial; mezclas asfálticas en frío/o caliente. - Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/o caliente. - Bacheo profundo; incluido reposición de base granular.	Rutinario	0.5/1 0.5/2 4-6
	General	- Trabajos bacheo s/relación técnica precedente (selección técnica depende de condiciones de cada caso específico). - Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de agregado pétreo. - Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con lechada asfáltica. - Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con mezcla asfáltica en caliente	Mejoramiento Rehabilitación Rehabilitación Rehabilitación	0.5/2 2 3/4 6/8
	Local	-Bacheo profundo; incluida reposición de base granular. - Reposición y mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo	Rutinario	4-6 5-6
	General	- Trabajos de bacheo (preparación previa) + refuerzo estructural con mezcla asfáltica en caliente. - Trabajos de bacheo (preparación previa) + refuerzo estructural con mezcla asfáltica en caliente. - Recomposición y mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo (en combinación con técnicas precedentes).	Rehabilitación	8-10 8-10 >10

Fuente: Adaptado de DAEP (2016).

**2) Fisura en bloque:** Las fisuras en bloque son fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño desde aproximadamente 0.30 x 0.30 m.



Las fisuras en bloque son causadas principalmente por la contracción del concreto asfáltico y la variación diaria de temperatura, que resulta en ciclos diarios de esfuerzo/deformación unitaria. Este tipo de falla no está asociada con la carga de tráfico. Las fisuras en bloque generalmente nos indican que el asfalto se ha endurecido significativamente (Vásquez, 2002).

Las fisuras en bloque normalmente ocurren sobre una porción larga del área del pavimento, pero algunas veces ocurrirá sólo en áreas donde no hay tráfico. La diferencia entre este tipo de falla y el tipo piel de cocodrilo radica en que la segunda presenta una mayor cantidad de fragmentos pequeños con ángulos interiores agudos. También, a diferencia de las fisuras en bloque, las fisuras tipo piel de cocodrilo son causadas por repeticiones de carga de tráfico, y, por lo tanto, son encontradas sólo en áreas de tráfico como lo son las huellas de las ruedas (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

**L:** Los bloques están definidos por grietas de baja severidad, donde se presenta grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. Y grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material rellenante), como se puede ver en la figura 15 (DEAP, 2016).



*Figura 15. Fisura en bloque nivel de severidad bajo.*

*Fuente: Corredor y Corros (2019).*

**M:** Los bloques están definidos por grietas de mediana severidad, donde existe grieta sin relleno de ancho entre 10.00mm y 76.00 mm; grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.00 mm rodeada de grietas aleatorias pequeñas (figura 16).



*Figura 16. Fisura en bloque nivel de severidad medio.*

Fuente: *Corredor y Corros (2019).*

**H:** Los bloques están definidos por grietas de alta severidad, donde se presenta cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta, grieta sin relleno de más de 76.00 mm de ancho y grieta de cualquier ancho donde pocos cm del pavimento a su alrededor estén severamente fracturados, como se puede ver en la figura 17 (DAEP, 2016).



*Figura 17. Fisura en bloque nivel de severidad alto.*

Fuente: *Corredor y Corros (2019).*

## Medición (m<sup>2</sup>)

Esta falla, generalmente, ocurre en un solo nivel de severidad por sección de pavimento; sin embargo, si áreas con distintos niveles de severidad, pueden ser distinguidas fácilmente, entonces dichas áreas deben ser medidas y registradas en forma separada (Vásquez, 2002).

## Medidas correctivas o mantenimiento

La función principal del mantenimiento consiste en conservar y/o adecuar la integridad de la estructura del pavimento; evitar el ingreso de agua. Este tipo de falla de fisura en bloque, puede evolucionar a degradación de los bordes y ángulos que forman los paños o bloques (desportillamiento / descascamiento), en el aumento de número de grietas transversales con el tiempo si es que no se interviene oportunamente en su mantenimiento. Para ello, se presentan diversas alternativas en la tabla 5.

**Tabla 5 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI Mantenimientos para falla fisura en bloque**

Severidad	Densidad	Alternativa	Clasificación	Vida esperada (años)
Bajo	Local	- Ninguna acción		
	General	- Ninguna acción - Aplicar sellado de superficie con emulsión bituminosa o rejuvenecedora	R. Periodo	2
Medio	Local	- Sellado de la superficie afectada con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo. - Sellado de la superficie con Slurry Seal.	R. Periodo	2-3 3-5
	General	- Sellado de la superficie con material bituminoso c/recubrimiento de agregado pétreo (carreteras de TMA< 2000).	R. Periodo	2-3
		- Sellado de la superficie con lechada asfáltica (carreteras de TMA< 2000). - Tratamiento superficial asfáltico doble/triple (carreteras de TMA< 2000).		3-5 4-6
Alto	Local	-Sellado de la superficie afectada con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo. - Sellado de la superficie con Slurry seal. - Bache parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o en caliente.	Rutinario	2 3-4 0.5/1
	General	- Trabajos de preparación previa + recapado con mezcla asfáltica en caliente. - Trabajos de preparación previa + recapado delgado con mezcla asfáltica en caliente. - Colocación de geotextil + recapado delgado con mezcla asfáltica caliente	Rehabilitación	4-6 6-8 6-8

Fuente: Adaptado de DAEP (2016).

**3) Fisuras de borde:** Estas grietas son paralelas al borde externo del pavimento y generalmente se encuentran a una distancia de 0.3 a 0.5m (1 a 1.5ft) del borde. Esta falla es acelerada por las cargas de tráfico y su origen se puede atribuir al debilitamiento de la base o la sub - rasante por congelamiento en zonas cercanas al borde del pavimento. El área entre la fisura y el borde del pavimento es clasificada como área de desprendimiento si esta se encuentra agrietada (a veces al punto en que los fragmentos son removidos) (Vásquez, 2002).

### Niveles de severidad

**L:** Bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento (figura 18).



*Figura 18. Fisura de borde nivel de severidad bajo.*  
Fuente: Corredor y Corros (2019)

**M:** Mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento.

**H:** Fragmentación o desprendimiento considerable a lo largo del borde (figura 19).



*Figura 19. Fisura de borde nivel de severidad alto.*  
Fuente: Corredor y Corros (2019).

### **Medición (m):**

El fisuramiento de borde es medido e metros lineales (pies) (Vásquez, 2002).

### **4) Fisuras de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento portland):**

Este tipo de falla ocurre sólo en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre losas de concreto. Esta falla no incluye fisuras de reflexión provenientes de algún otro tipo de base como las bases estabilizadas con cemento o cal; estas fisuras son causadas principalmente por el movimiento inducido por humedad o temperatura de las losas de concreto que se encuentran bajo la superficie del concreto asfáltico. Esta falla no está relacionada a efectos de carga; sin embargo, las cargas de tráfico pueden causar el deterioro de la superficie de CA cerca a la fisura. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la fisura, se dice que la fisura esta descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico, ayudará a identificar estas fallas (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

**L:** Se cumple una de las siguientes condiciones: Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm, o fisura con relleno de cualquier ancho (material de relleno en buenas condiciones) (figura 20)



*Figura 20. Fisura de reflexión de junta nivel de severidad bajo.*

Fuente: *Corredor y Corros (2019).*

**M:** Se cumple una de las siguientes condiciones:

- Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm y menor a 75mm.
- Fisura sin relleno menor o igual a 75mm rodeada de fisuras secundarias leves
- Fisura con relleno de cualquier ancho rodeado de fisuras secundarias leves.

**H:** Se cumple una de las siguientes condiciones:

- Cualquier fisura con o sin relleno rodeada de fisuras secundarias de mediana o alta severidad.
- Fisuras sin relleno de ancho mayor a 75mm.
- Fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100mm del pavimento que la rodea está desprendido o fracturado (figura 21).



*Figura 21. Fisura de reflexión de junta nivel de severidad alto.*

Fuente: *Corredor y Corros (2019).*

**Medición (m):**

La longitud y nivel de severidad de cada fisura debe ser identificada y registrada por separado. Por ejemplo, una fisura de 15m de longitud puede tener 3m con un nivel de severidad alto, los cuales son registrados por separado. Si se presenta un abultamiento en la fisura de reflexión, este también debe ser registrado (Vásquez, 2002).

## Mantenimiento

El mantenimiento tiene por función conservar y/o adecuar la integridad de revestimiento o capa asfáltica; así como reestablecer la comodidad de la circulación sobre el pavimento afectada por la generalización de fisuras por reflexión de las juntas transversales del nivel de severidad alto. Por ello, se presentan las alternativas de mantenimiento en la tabla 6.

**Tabla 6 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI**  
**Mantenimientos para falla de fisura flexión de junta**

Severidad	Densidad	Alternativa	Clasificación	Vida esperada (años)
Bajo	General	- Sellado de fisuras con emulsión bituminosa/ asfalto líquido	--	
Medio	Local y General	- Sellado de fisuras con emulsión bituminosa o asfalto líquido + arena	R. Periodo	0.5/1.5
Alto	Local y General	- Sellado de fisuras con mortero asfáltico (asfalto líquido o emulsión + arena). - Bacheo parcial (capa asfáltica); mescla asfáltica en frío/e caliente.	Rehabilitación Rutinario	8-10 0.5/2

Fuente: adaptación de DEAP (2016).

**5) Fisuras longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento portland):** Las fisuras longitudinales son paralelas al eje central del pavimento o la línea direccional en que fue construido. Estas fisuras pueden ser causadas por:

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

Las fisuras transversales se extienden a través del ancho del pavimento formando aproximadamente ángulos rectos con el eje central del pavimento o con la línea direccional en que fue construido (Vásquez, 2002).

## Niveles de severidad

**L:** Se cumple una de las siguientes condiciones:

- Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm.
- Fisura con relleno de cualquier ancho (material de relleno en buenas condiciones) (figura 22).



*Figura 22. Fisura longitudinal y transversal nivel de severidad bajo.*

Fuente: *Corredor y Corros (2019).*

**M:** Se cumple una de las siguientes condiciones:

- Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm y menor a 75mm.
- Fisura sin relleno menor o igual a 75mm rodeada de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria.
- Fisura con relleno de cualquier ancho rodeado de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria.

**H:** Se cumple una de las siguientes condiciones:

- Cualquier fisura con o sin relleno, rodeada de fisuras secundarias en forma aleatoria, de mediana o alta severidad
- Fisuras sin relleno de ancho mayor a 75mm.
- Fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100mm del pavimento que la rodea está severamente fracturada (figura 23).





**Figura 23. Fisura longitudinal y transversal nivel de severidad alto.**

Fuente: *Corredor y Corros (2019)*.

### **Medición (m)**

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

### **Medidas correctivas o mantenimiento**

El mantenimiento del pavimento por este tipo de falla, tiene por finalidad conservar y/o adecuar la integridad de la estructura del pavimento y evitar el ingreso de agua. Esta falla al no intervenir oportunamente, puede llegar e evolucionar incrementándose la longitud de las fisuras, desde decímetros a varios metros; ramificación y multiplicación (fisuras múltiples) hasta llegar al agrietamiento tipo piel de cocodrilo.

La evolución es más rápida en la medida que se posibilite el ingreso de agua a las capas inferiores debido a climas lluviosos, bases susceptibles a la pérdida de capacidad soporte por efecto de agua (DEAP, 2016). En la tabla 7 se presentan alternativas para el mantenimiento o corrección.

**Tabla 7 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI**

**Mantenimientos para falla de fisuras longitudinales y transversales**

Severidad	Densidad	Alternativa	Clasificación	Vida esperada (años)
Bajo	General	- Aplicar sellado de superficie con emulsión bituminosa o rejuvenecedora.	R. Periodo	2
	Local	Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena	Rutinario	1-2
Medio	General	-Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena - Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. - Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal).	R. Periodo	2 2-3 3-5
	Local	-Sellado de fisuras con mortero asfáltico; asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. - Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o caliente.	Rutinario	0.5/1.5 0.5/1
Alto	General	- Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. - Sellado de la superficie con Slurry seal. - Recapado con mezcla asfáltica en caliente (espesor variable s/tránsito).	Rehabilitación	2 3-4 8-10

Fuente: adaptación de DEAP (2016).

**6) Cruce de vía férrea:** El cruce de vía férrea son abultamientos que se encuentran entre los rieles (Vásquez, 2002).

**Niveles de severidad**

**L:** El cruce de vía férrea se obtiene el tránsito de baja severidad.

**M:** El cruce de vía férrea se obtiene el tránsito de severidad media.

**H:** El cruce de vía férrea se obtiene el tránsito de severidad alta.

**Medición (m<sup>2</sup>)**

El cruce de vía férrea se mide en m<sup>2</sup> el área afectada. Si en caso que no afecta el tránsito, no debe ser registrado (Vásquez, 2002).

**7) Fisuras parabólicas o por deslizamiento (SLIPPAGE):** Las grietas parabólicas o por deslizamiento, son fisuras en forma de media luna, generalmente se presentan en forma transversal a la dirección del tránsito.

Estas fisuras se producen por acción del frenado de las ruedas o cambio de dirección, la superficie del pavimento se desliza o deforma. Esta falla ocurre generalmente en capas superpuestas, cuando existe una adherencia pobre (liga pobre) entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura del pavimento (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

**L:** Cuando el ancho promedio de la fisura es menor a 10mm.

**M:** Cuando se cumple una de las siguientes condiciones:

- El ancho promedio de la fisura es 10mm y 38mm.
- El área que rodea la fisura está descascarada en forma moderada, o rodeada de fisuras secundarias.

**H:** Cuando se cumple una de las siguientes condiciones:

- El ancho promedio de la fisura es mayor que 38mm
- El área que rodea la fisura está fracturada en pequeñas piezas removidas.

### **Medición (m<sup>2</sup>)**

El área asociada con una fisura parabólica o por deslizamiento dada, es medida en metros cuadrados de área superficial, y calificada de acuerdo al mayor nivel de severidad presente en el área (Vásquez, 2002).

### **Mantenimiento**

El mantenimiento del pavimento por este modo de falla tiene por fin conservar y/o adecuar la integridad del revestimiento o capa asfáltica. La evolución de esta falla progresa rápidamente originando baches superficiales.

Generalmente, aparecen localmente acompañadas de corrimientos y ondulaciones (características de mezcla asfáltica inestables) (DEAP, 2016). Se presentan las alternativas para el mantenimiento por este tipo de fallas, en la tabla 8.

**Tabla 8 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI**  
**Mantenimientos para falla de fisuras parabólicas**

Severidad	Densidad	Alternativa	Clasificación	Vida esperada (años)
No se definen niveles	Local	- Ninguna (previa mejora del drenaje). - Aplicar sellado de superficie afectada con emulsión bituminosa. - Sellado de fisuras con emulsión bituminosa/ asfalto líquido.	Rutinario	1 3
	General	- Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en caliente. - Escarificación carpeta asfáltica existente y reposición con mezcla asfáltica en caliente.	Mejoramiento Rehabilitación	3.00 8-10

Fuente: adaptado de DEAP (2016).

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

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

Los hundimientos son desplazamientos pequeños, bruscos y hacia debajo en la superficie del pavimento.

La distorsión y desplazamiento que ocurre sobre grandes áreas de la superficie del pavimento, causando grandes y largas depresiones o ambas en el pavimento, debe ser registrada como hinchamiento (swelling) (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

**L:** Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad (figura 24).



*Figura 24. Hundimiento nivel de severidad bajo.*

*Fuente: Corredor y Corros (2019).*

**M:** Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad (figura 25).



*Figura 25. Hundimiento nivel de severidad medio.*

*Fuente: Corredor y Corros (2019).*

**H:** Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad (figura 26).



**Figura 26. Hundimiento nivel de severidad alto.**

Fuente: *Corredor y Corros (2019).*

### **Medición (m)**

Si un abultamiento ocurre en combinación con una fisura, la fisura también es registrada (Vásquez, 2002).

### **Mantenimiento**

El mantenimiento tiene por fin la conservación y/o adecuamiento la integridad de la estructura del pavimento; así como restablecer la comodidad de circulación sobre el pavimento y seguridad del tránsito (solo niveles de seguridad alta).

El avance del hundimiento depende sustancialmente de las causas; defectos constructivos pueden pertenecer estables mucho tiempo; cuando son atribuidos a la debilidad de la base avanzan rápidamente en severidad y extensión, dando lugar a baches (DEAP. 2016).

Para ello, se presentan alternativas (tabla 9).

**Tabla 9 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI**

**Mantenimientos para falla de hundimiento**

Severidad	Densidad	Alternativa	Clasificación	Vida esperada (años)
Medio	Local	- Bacheo superficial nivelante; mezcla en frío / en caliente. - Bacheo profundo; incluida reposición de base granula.	rutinario	0.5/1.5 4-6
	General	- Verificar y mejorar condiciones de drenaje, adoptar algunos de los tratamientos precedentes.	Mejoramiento	Variable
Alto	Local	- Bacheo superficial nivelante; mezclas en frío / en caliente. - Bacheo parcial + nivelante; mezclas en frío / en caliente. - Bacheo profundo; incluida reposición de base.	rutinario	0.5/1.52 1/3 4-6
	General	- Preparación previa mediante aplicación de algunos de los tratamientos precedentes y recapado con mezcla asfáltica en caliente. - Escarificación parcial del pavimento existente y reconstrucción con base granular y carpeta asfáltica caliente. - Mejoramiento drenaje superficial y/o profundo (en combinación con alguna de las técnicas precedentes).	Rehabilitación	8-10

**Fuente:** adaptación de DEAP (2016).

**9) Corrugación:** La corrugación, también conocida como “Lavadero”, es una serie de cimas y depresiones cercanamente espaciadas a intervalos bastante regulares (generalmente menores a 3m a lo largo del pavimento. Las cimas son perpendiculares al sentido del tránsito. Este tipo de falla, generalmente es causada por la acción del tráfico combinada con la inestabilidad de la superficie o base del pavimento (Vásquez, 2002).

**Niveles de severidad**

L: Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad (figura 27).

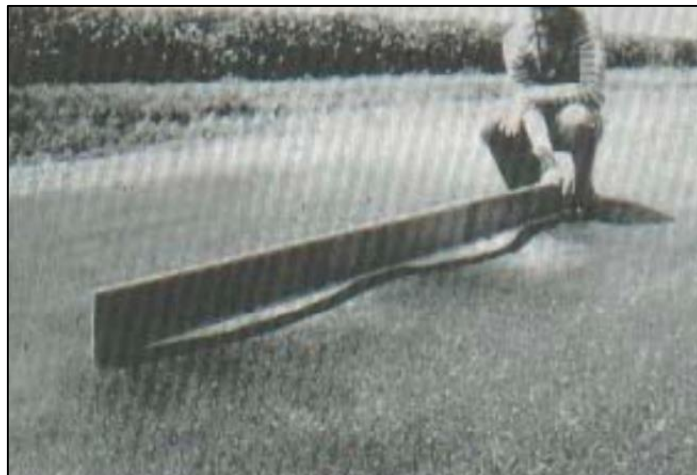


*Figura 27. Corrugación nivel de severidad bajo.*

Fuente: *Corredor y Corros (2019).*

**M:** Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

**H:** Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad (figura 28).



*Figura 28. Corrugación nivel de severidad alto.*

Fuente: *Corredor y Corros (2019).*

### **Medición (m<sup>2</sup>)**

La corrugación es medida en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial (Vásquez, 2002).

**10) Depresión:** Las depresiones son áreas de superficie del pavimento localizadas con niveles de elevación ligeramente menores a aquellos que se encuentran alrededor del pavimento.



Muchas veces, estas leves depresiones no son visibles sino después de la caída de la lluvia, cuando el agua empozada forma un área de “baño de pájaros”; en superficies de pavimentos secos, las depresiones pueden ser distinguidas buscando las manchas causadas por el agua empozada. Las depresiones son generadas por asentamientos de la subrasante o son el resultado de procedimientos constructivos defectuosos. Las depresiones pueden causar alguna rugosidad, y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua, pueden causar hidropilano (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

**L:** 13 a 25mm (1/2 a 1pulgada)

**M:** 25 a 50mm (1 a 2pulgadas)

**H:** Más de 50mm (2pulgadas) como se puede ver en la figura 29.



*Figura 29. Depresión nivel de severidad alto.*

Fuente: *Corredor y Corros (2019).*

### **Medición (m<sup>2</sup>)**

Las depresiones son medidas en metros cuadrados de área superficial (Vásquez, 2002).

**11) Ahuellamiento:** Un ahuellamiento es una depresión superficial en las huellas de las ruedas. El levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, muchas veces, los ahuellamientos son visibles solamente después de una lluvia, cuando las huellas están llenas de agua.

El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o subrasante, generalmente es causado por la consolidación o movimiento lateral de los materiales debido a las cargas de tráfico (Vásquez, 2002).

#### **Niveles de severidad**

**L:** 6 a 13mm

**M:** 13 a 25mm

**H:** 25mm

#### **Medición (m<sup>2</sup>):**

El ahuellamiento es medido en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial, y su severidad es determinada mediante la profundidad media del ahuellamiento. La profundidad media del ahuellamiento se obtiene colocando una regla en dirección perpendicular a la falla, midiendo su profundidad (Vásquez, 2002).

**12) Desplazamiento:** El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento causado por acción de la carga de tráfico. Cuando el tráfico empuja contra el pavimento, se produce una onda corta y brusca en la Superficie del pavimento. Este tipo de falla normalmente ocurre sólo en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión). También ocurren desplazamientos cuando los pavimentos asfálticos colindan con pavimentos PCC. El pavimento PCC al aumentar su longitud empuja al pavimento asfáltico produciendo el desplazamiento (Vásquez, 2002).

#### **Niveles de severidad**

**L:** Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad.

**M:** Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad.

**H:** Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad (figura 30).



*Figura 30. Grietas de desplazamiento nivel de severidad alto.*

*Fuente: Corredor y Corros (2019).*

### **Medición (m<sup>2</sup>)**

Los desplazamientos que ocurren en parches son considerados para calificar los mismos, no se consideran como una falla por separado (Vásquez, 2002).

### **Mantenimiento**

El mantenimiento tiene como objetivo conservar y/o adecuar la integridad del revestimiento asfáltico; así como restablecer la comodidad de circulación sobre el pavimento y seguridad al tránsito, afectadas en grado variable según la magnitud y localización de los daños. De no realizarse oportunamente mantenimiento por esta falla, eventualmente pueden originar baches superficiales.

Por lo general se manifiestan localmente (DEAP, 2016). Se presentan entonces, alternativas para su mantenimiento en la tabla 10.

**Tabla 10 Tipos de fallas de acuerdo al método PCI**

**Mantenimientos para falla de desplazamiento**

Severidad	Densidad	Alternativa	Clasificación	Vida esperada (años)
Medio	Local	- Bacheo parcial capa asfáltica; mezclas en frío/ en caliente.	Rutinario	1-Mar
	General	- Bacheo parcial, capa asfáltica; Mezclas en frío / en caliente. - Perfilado frío.	Rutinario	1/3
		- Perfilado en frío + tratamiento superficial asfáltico o carpeta asfáltica en caliente (alta estabilidad).	Especial Especial	3 3-7
Alto	Local	- Bacheo parcial, capa asfáltica; Mezclas en frío / en caliente. - Perfilado en frío y reposición con mezcla asfáltica en caliente (alta estabilidad)	Rutinario Especial	1/3 5-7
	General	- Perfilado o escarificación de la carpeta asfáltica existente. - Reposición con mezcla asfáltica en caliente (alta estabilidad).	Rehabilitación	8-10

**Fuente:** adaptación de DEAP (2016).

**13) Hinchamiento:** Hinchamiento se basa por un pandeo que se va hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y también con una longitud mayor de 0.3m. El hinchamiento puede ser también un agrietamiento superficial. Normalmente, el daño provocado es por el congelamiento en la subrasante y por los suelos potencial expansivos (Vásquez, 2002).

**Nivel de severidad**

**L:** El hinchamiento de baja severidad no se visualiza fácilmente, pero se puede hacer el estudio mediante el estar conduciendo en el límite de velocidad sobre el pavimento. Sí en caso que se observa un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

**M:** El hinchamiento provoca una calidad de tránsito de severidad media.

**H:** El hinchamiento provoca una calidad de tránsito de alta severidad.

**Medición (m<sup>2</sup>)**

El hinchamiento m<sup>2</sup> del área afectada (Vásquez, 2002).

**14) Huecos:** Los huecos son pequeñas depresiones en la superficie del pavimento en forma de ollas con un diámetro menores que 0.90 m. Generalmente los baches presentan bordes agudos y lados verticales cerca de la zona superior de la falla. Cuando los baches son causados por un fisuramiento tipo piel de cocodrilo de alta severidad, estos deben ser considerados como baches y no como peladura por intemperismo (Vásquez, 2002).

### Descripción

- Los niveles de severidad para baches menores a 762mm de diámetro están determinados por ambos, diámetro y profundidad del bache, de acuerdo a la tabla 11.
- Si el bache tiene un diámetro mayor a 762mm, el área debe ser determinada en metros cuadrados (pie<sup>2</sup>) y dividida entre 0.5m<sup>2</sup> (0.47 m<sup>2</sup>) para hallar el número equivalente de baches. Si la profundidad es menor o igual a 25mm los baches son considerados de mediana severidad. Si la profundidad es mayor a 25mm, los baches son considerados de alta severidad.

**Tabla 11 Niveles de severidad para huecos**

Máxima profundidad del Hueco	Diámetro Promedio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 547 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
>25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Fuente: Vásquez (2002)

### Medición (Unidad)

Los huecos no son medidos sino contados y registrados por separado de acuerdo a su nivel de severidad bajo, mediano o alto (Vásquez, 2002).

**15) Meteorización / desprendimiento de agregados:** La meteorización y los desprendimientos son el desgaste en la superficie del pavimento debido a la pérdida de ligante asfáltico o alquitrán y partículas del agregado removidas.

Estas fallas nos indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable o que estamos en presencia de una mezcla de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tráfico como; por ejemplo, vehículos de rastreo. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de agregado por acción de los derrames de aceite de vehículos también están considerados como desprendimientos (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

**L:** Cuando el agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas la superficie comienza a mostrar hoyos. En el caso de derrames, las manchas de aceite son visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda.

**M:** Cuando se ha desprendido el ligante o los agregados. La textura en la superficie es moderadamente rugosa y presenta pequeños hoyos. En el caso de derrames de aceite, la superficie es suave y puede ser penetrada con una moneda.

**H:** Cuando el desprendimiento del ligante y el agregado es considerable. La textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas son menores a 10mm en diámetro y menores a 13mm en profundidad; las áreas ahuecadas mayores que estas son consideradas como fallas tipo baches. Para el caso de los derrames de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto de liga y el agregado ha comenzado a perderse.

### **Medición (m<sup>2</sup>)**

Los desprendimientos son medidos en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial (Vásquez, 2002).

### **Mantenimiento**

El mantenimiento tiene por objetivo la conservación y/o el adecuamiento la integridad del revestimiento o capa asfáltica. De llevarse a cabo estas medidas, el proceso continúa con el tiempo, acelerándose a medida que aumenta la permeabilidad del revestimiento y oxidación del medio ligante.

Esta evolución suele ir acompañada de peladuras y baches superficiales hasta llegar a la completa desintegración del revestimiento (DEAP, 2016). Por ello, se presentan las siguientes alternativas de mantenimiento (tabla 12).

**Tabla 12 Niveles de severidad para huecos**  
**Alternativas de mantenimiento por fallas de desprendimientos**

Severidad	Densidad	Alternativa	Clasificación	Vida esperada (años)
Bajo	General	- Aplicar riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora en toda la superficie.	Rutinario	2
	Local	- Aplicar riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora en toda la superficie. - Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena.	Rutinario	2 2-3 3-5
Medio	General	- Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). - Aplicación riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora. - Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de área.	Rutinario R. Periódico R. Periódico	2 2-3 3-5
	Local	- Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). - Bacheo superficial; mezcla asfáltica de frío/en caliente. - Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena.	Rutinario	0.5/1.5 2-3 3-5
Alto	General	- Sellado de la superficie con material bituminoso y descubrimiento y agregado pétreo. - Sellado de la superficie con lechada asfáltica (1 o más aplicaciones). - Tratamiento superficial asfáltico doble o triple s/volumen de tránsito. - Recapado delgado con mezcla asfáltica en caliente (carretera con IMDA>2000).	R. Periódico	2-3 3-5 4-6 8-10

Fuente: Adaptado de DEAP (2016)

**16) Exudación:** La exudación se presenta como una película de material bituminoso sobre la superficie del pavimento, que crea una superficie brillante, cristalina y reflexiva que generalmente se vuelve pegajosa. La exudación es causada por: cantidades excesivas de cemento asfáltico o alquitranes en la mezcla, la aplicación excesiva de un sello bituminoso, o un bajo contenido de vacíos, o una combinación de estas causas. Esto ocurre cuando el asfalto llena los vacíos en la mezcla bajo condiciones climáticas de altas temperaturas y luego se expande sobre la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible en condiciones climáticas de bajas temperaturas, el asfalto o alquitrán se acumulará sobre la superficie (Vásquez, 2002).

#### **Niveles de severidad**

**L:** La exudación sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y es percibida sólo durante algunos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos.

**M:** La exudación ha ocurrido llegando al punto en que asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año.

**H:** La exudación ha ocurrido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto, se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año.

#### **Medición (m<sup>2</sup>)**

Si la exudación es registrada, entonces el agregado pulido no debe ser registrado (Vásquez, 2002).

**17) Pulimiento de agregados:** Esta falla es causada por repeticiones de carga de tráfico. El agregado pulido existe cuando una evaluación exhaustiva del pavimento revela que la porción de agregado que se extiende sobre el asfalto es muy pequeña, o no existe aspereza o partículas de agregado angular que proporcionen buena resistencia al deslizamiento. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas de los vehículos se ha reducido considerablemente. Cuando la porción de agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a la reducción de la velocidad de los vehículos (Vásquez, 2002).



El agregado pulido debe ser registrado cuando las evaluaciones revelen que el agregado que se extiende sobre el asfalto es insignificante, y el agregado de la superficie es suave al tacto. Este tipo de falla se identifica cuando los valores de ensayos de resistencia al deslizamiento son bajos o han descendido considerablemente respecto a evaluaciones previas (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

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

### **Medición (m<sup>2</sup>)**

Si se registra exudación, entonces el agregado pulido ya no debe ser registrado (Vásquez, 2002).

**18) Desnivel de carril/berma:** El desnivel carril-berma es la diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es provocada por la erosión de la berma, el asentamiento de la berma, o por la colocación de nuevas capas sin el debido ajuste del nivel de la berma (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

**L:** La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25mm y menor a 50mm.

**M:** La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 50mm y menor a 100mm.

**H:** La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 100mm.

### **Medición (m)**

El desnivel carril-berma es medido en metros lineales (Vásquez, 2002).

**19) Parcheo y acometidas de servicios públicos:** Un parche es un área del pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente.

Un parche es considerado un defecto sin importar su comportamiento (un área parchada o área adyacente generalmente no se comporta tan bien como lo hace una sección original de pavimento). Por lo general, alguna rugosidad está asociada con esta falla (Vásquez, 2002).

### **Niveles de severidad**

**L:** El parche se encuentra en buenas condiciones. La calidad de tránsito es calificada como de baja severidad o mejor.

**M:** El parche está deteriorado y forma moderada, o la calidad de tránsito es calificada como de mediana severidad, o ambos.

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

### **Medición (m<sup>2</sup>)**

Si el parche tiene áreas de con diferentes niveles de severidad, estas áreas deben ser medidas y registradas por separado. Cualquier tipo de falla encontrada en el parche no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parche será considerado para determinar su nivel de severidad. Ninguna otra falla, por ejemplo, es registrada en el parche. Aunque el material del parche tenga fisuras o desprendimientos, el área es calificada sólo como parche. Si un área grande del pavimento ha sido reemplazada, esta no debe ser considerada como un parche, sino como un pavimento nuevo, por ejemplo, el reemplazo de material en toda una intersección (Vásquez, 2002).

### **Alternativas de mantenimiento**

Los objetivos del mantenimiento son conservar y/o adecuar la integridad de revestimiento asfáltico (eventualmente de toda la estructura del pavimento); preservar las inversiones realizadas en mantenimiento y restablecer la comodidad de circulación sobre el pavimento. Para su mantenimiento se presentan las alternativas de la tabla 13 (DEAP, 2016).

**Tabla 13 Niveles de severidad para huecos**

**Alternativas de mantenimiento por fallas de parcheo**

Severidad	Densidad	Alternativa	Clasificación	Vida esperada (años)
Medio	Local	- Sellado de fisuras con material bituminoso		0.5/1.5
	General	- Sellado de fisuras con material bituminoso. - Sellado de la superficie con asfalto líquido y arena o lechada asfáltica.	rutinario R. Period.	0.5/1.5 2-4
Alto	Local	- Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente. - Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular.	rutinario	1-3 4-6
		- Ambas técnicas a aplicar como sustitución de las reparaciones existentes.		1-3
	General	- Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente. - Sustitución de las áreas reparadas mediante bacheo parcial o bacheo profundo s/ necesidades específicas de cada caso.	Mejoramiento Rehabilitación Rehabilitación	1-6 6-10 8-10
		- Escarificación del pavimento existente y reconstrucción parcial con base granular y carpeta o tratamiento asfáltico. - Mejoramiento condiciones de drenaje superficial y/o profundo (en combinación con alguna de las técnicas precedentes).		

Fuente: Adaptado de DEAP (2016)

## 2.4 Definiciones de términos básicos

**Capas:** Generalmente se componen de: carpeta de rodamiento (que puede ser asfáltica o de hormigón), base y sub- base apoyado todo este conjunto sobre la subrasante. En algunos casos puede faltar alguna de estas capas (UMSS, 2004).

**Conservación:** Se puede definir como el conjunto de actividades, que requieren realizarse de manera preventiva para evitar el deterioro prematuro de los elementos que conforman la vía (UMSS, 2004).

**Construcción:** Es el conjunto de fases, sucesivas o traslapadas en el tiempo, necesarias para materializar un proyecto (UMSS, 2004).

**Diseño:** Es el proceso de una combinación de tipos de materiales, y espesores de capas construidas con tales materiales, que garanticen tanto el comportamiento estructural de su conjunto, cuando es sometido a los efectos impuestos por las variables actuantes sobre esta estructura, como el cumplimiento de las funciones para las cuales ha sido diseñado (UMSS, 2004).

**Fallas:** Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas de tráfico, factores ambientales, deficiencias constructivas (Vásquez, 2002).

**Hueco:** No es compacto o macizo porque está vacío por dentro o porque tiene en su interior un espacio sin materia muy grande en relación con su volumen (Vásquez, 2002).

**Mantenimiento:** Es la preservación y cuidado de la vía, para el pavimento, su estructura, dispositivos de seguridad vial, iluminación y de cualquier otra facilidad vial, de tal forma que ésta conserve las características geométricas y estructurales especificadas en el diseño y construcción original (Giordani & Leone, 2015)

**Metodología PCI:** Es ampliamente utilizada para la auscultación de pavimentos flexibles y rígidos por su fácil implementación debido a que no requiere equipo especializado (Vásquez, 2002)

**Pavimento:** Estructura que se coloca encima de la plataforma de una carretera. Sirve para dar soporte, confort y seguridad al tránsito de vehículos y para proteger la plataforma.

Por lo general está conformada por capas de sub-base, base y capa de rodadura, pudiendo ser ésta de, concreto de cemento portland, tratamientos superficiales u otros (Montejo, 2006)

**Rehabilitación:** Es el proceso por medio del cual la estructura de pavimento, es restaurada a su condición original de soporte. Se obtiene de la recuperación con o sin estabilización, del pavimento existente en combinación con material de aporte si es necesario (Giordani & Leone, 2015)

**Severidad:** Los niveles de severidad son las métricas personalizadas que los revisores pueden utilizar para medir la importancia de cualquier problema relacionado con la traducción que se puedan encontrar en un documento (Vásquez, 2002)

### **III. MÉTODOS Y MATERIALES**

#### **3.1 Hipótesis de la investigación**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

El estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica es excelente, aplicando la metodología PCI,2019.

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

El nivel de severidad y extensión del pavimento flexible en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica es bajo, aplicando la metodología PCI,2019.

El índice de condición del pavimento flexible aplicando la metodología PCI en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019 se califica como excelente.

La aplicación de la metodología PCI permite identificar las estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019.

#### **3.2 Variables de estudio**

##### **3.2.1 Definición conceptual**

###### **Variable independiente: Metodología PCI**

Consiste en la ejecución de inspecciones visuales por medio de las cuales se determina la condición del pavimento en base al tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes. Es un método de fácil implementación y es la más completa para conocer el comportamiento y calificar de manera objetiva el pavimento sean estos flexibles o rígidos (Sierra & Rivas, 2016).

###### **Variable dependiente: Estado de conservación del pavimento flexible**

El estado de conservación del pavimento flexible se determina por medio del índice de condición de pavimento el cual cuantifica el estado en que se encuentra el mismo para su respectivo tratamiento y mantenimiento (Rivas & Vargas, 2017). El índice de condición de pavimento permite evaluar cuantitativamente el estado del pavimento por medio de una escala que varía desde “0” hasta “100”, donde “0” es para un pavimento fallado y “100” para un pavimento excelente (Vásquez, 2002).

### 3.2.2 Definición operacional

#### Variable independiente: Metodología PCI

La dimensión de la variable son los parámetros de evaluación medidos con los indicadores extensión, severidad y tipo.

#### Variable dependiente: Estado de conservación del pavimento flexible

La variable está definida operacionalmente por tres dimensiones: índice de condición del pavimento, estado de conservación y estrategias de conservación.

### 3.2.3 Operacionalización de variables

La operacionalización de variables se describe en la tabla 5, a continuación.

**Tabla 14 Operacionalización de variables**

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	MEDICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: metodología PCI	Parámetros de evaluación	Extensión	Ficha de observación	Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
		Severidad		Bajo (l) Medio (m) Alto (h)
		Tipo		tipo de pavimento
Variable dependiente: estado de conservación del asfalto flexible	índice de condición del pavimento	cálculo del valor deducido	ficha de observación	Curvas para cada tipo de falla
		cálculo del valor deducido corregido		Curvas para cada tipo de pavimento
		cálculo del PCI		Formula numérica
	estado de conservación de la vía	calificación de la vía		Excelente
				Muy bueno
				Bueno
Estrategias de conservación	Tipo de intervención	Regular	Malo	
		Muy malo	fallado	
		PCI 100-85: menor	PCI 70-55: menor (rutinario) o mayor (efectivo)	
				PCI 40: mayor (correctivo)
				PCI 25-10: mayor (correctivo) o reconstrucción

Fuente: Elaboración propia

### **3.3 Tipo y nivel de la investigación**

El tipo de investigación fue de tipo aplicada ya que de acuerdo a Behar (2008), es un tipo de investigación que busca la aplicación y utilización de conocimientos adquiridos con el fin de realizar una confrontación de la teoría con la realidad. Se buscó la aplicación de manera inmediata de dichos conocimientos a problemas concretos pues busca resultados inmediatos.

El nivel de la investigación fue descriptivo, pues de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014) por medio de este tipo de investigación se buscó especificar las propiedades y las características más importantes de cualquier fenómeno que sea analizado.

### **3.4 Diseño de la investigación**

El diseño planteado para esta investigación fue no experimental, ya que según Carrasco (2017) es aquella cuya variable independiente no se manipula, no posee un grupo control, ni mucho menos un grupo experimental. Lo que se buscó fue analizar y estudiar los hechos y fenómenos de la realidad observada después de su ocurrencia.

### **3.5 Población y muestra de estudio**

#### **3.5.1 Población**

Para Carrasco (2017), la población es el conjunto de todos aquellos elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito en donde se ejecuta el trabajo de investigación. Para efectos de esta investigación, la población se ha seleccionado punto de inicio paradero estadio y punto final las Torres como referencia paradero (Tumi) que comprende el tramo de 0+000 hasta 0+023 km de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica, representada por una longitud total de aproximadamente 4 km, con una anchura de aproximadamente 5 metros.

De esta manera, considerando que el pavimento de esta avenida es flexible, con un ancho menor a 7.30 m, entonces cada unidad de muestreo debe tener un área que se ubique en el intervalo de  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ .

Así, considerando que el ancho se encuentra en el intervalo señalado, se dividirá el tramo en 58 unidades de muestreo con una longitud cada una de 39.66 m (visto que la longitud del mismo es de 2,300 m), generando un área de cada unidad



muestral de 198.35 m<sup>2</sup>, dado que el ancho es aproximadamente 5 m, lo cual se ubica dentro del rango establecido en el punto anterior. De esta manera, la población estuvo compuesta por 58 unidades muestrales.

### **3.5.2 Muestra**

Para Palomino, Corahua, Ypanauqué y Orizano (2015), la muestra es un subconjunto o subgrupo que es fielmente representativo de la población, y se obtiene con la finalidad de inferir sobre las propiedades de la totalidad de la población. En este sentido, para el desarrollo de esta investigación se seleccionarán todas las unidades muestrales, las cuales tienen una distancia entre ellas de aproximadamente 39.66 m, por lo que la muestra coincide con la población, siendo ambos 58 puntos de recolección de información.

## **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.6.1 Técnicas de recolección de datos**

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó como técnica la observación. Para Palomino et al. (2015) la observación consiste en observar manera minuciosa y detallada un fenómeno, un hecho o un caso, con el fin de obtener información y registrarla para ser analizada posteriormente. En este sentido, para esta investigación se aplicó la técnica de observación a través de la ejecución de inspecciones visuales tomando en consideración el tipo, cantidad y severidad de las fallas existentes en el asfalto flexible.

### **3.6.2 Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos son los recursos utilizados por el investigador que permiten acercarse a los fenómenos para extraer información de la forma más objetiva posible (Palomino et al., 2015). Para esta investigación, se utilizó como instrumento de recolección de datos, las fichas de observación, las cuales de acuerdo a Palomino et al. (2015) permiten “registrar datos que aportan otras fuentes como son personas, grupos o lugares donde se presenta la problemática.” (p. 174). En este sentido en la ficha de observación (formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica) se registró el tipo, cantidad y severidad de las fallas existentes en el asfalto flexible.

### **3.6.2 Validez y confiabilidad**

Respecto a la validez de los instrumentos de recolección de información, se utilizó el método de juicio de expertos (ver anexo 3).

De acuerdo a Hernández et al (2014), todo instrumento que sea utilizado para recolectar de datos debe poseer dos requisitos principales: la validez y la confiabilidad. La validez señala el grado en que un instrumento puede medir realmente la variable para el cual fue diseñado.

La confiabilidad de un instrumento señala el grado en que su aplicación repetida a un mismo sujeto u objeto presenta los mismos resultados (Hernández et al., 2014). En esta investigación la confiabilidad del instrumento está certificada por Vásquez (2002).

### **3.7 Métodos de análisis de datos**

Para el análisis y procesamiento de datos se utilizó una hoja de cálculo tomando como referencias las exigencias y requerimientos de la metodología PCI, en la cual se tabularon los datos obtenidos en la inspección visual, a fin de determinar el índice de condición de pavimento y poder realizar el inventario de fallas. Los resultados obtenidos fueron presentados a través de tablas y gráficos.

### **3.8. Aspectos éticos**

La presente investigación cuyo objetivo fue el de evaluar el estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica aplicando la metodología del PCI, se desarrolló por los autores enmarcado dentro de los estándares existentes y permitidos en el campo de la Investigación Científica. Así mismo de acuerdo al Manual de Inventarios Viales del MTC, en cada etapa del levantamiento de información se siguieron una serie de actividades que están relacionadas unas con otras, concluida una etapa se inicia la siguiente, todo con el fin de que sirvan de insumo para el desarrollo de la siguiente etapa hasta obtener el producto final (MTC, 2016).

## **IV. RESULTADOS**

En este capítulo, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados en esta investigación. De esta manera, se ha tomado la población definida por la Av. Las Torres – Lurigancho, distribuyéndola en una cantidad de muestras inspeccionadas que resultaron de dividir la longitud total de la vía (2.3 kilómetros inspeccionados) en secciones o unidades de muestras de 39.66 metros de longitud y 5 metros de ancho aproximadamente, de acuerdo a las características del pavimento flexible evaluado, obteniéndose un total de 58 muestras inspeccionadas, que se sometieron a evaluación para, finalmente, obtener el PCI respectivo.

### **4.1. Describir de los niveles de severidad y extensión del pavimento flexible en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica aplicando la metodología PCI, 2019**

Para la determinación del nivel de severidad de calidad de tránsito, se realizó un recorrido por cada 39.66 metros de sección (unidad de muestreo) de pavimento en un automóvil de tamaño estándar, cumpliendo con los requisitos legales en función del límite de velocidad. Los datos se registraron mediante el formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica (Anexo 2), en el cual se identifican los niveles de severidad asociados a los modos de fallas o daño.

Cabe resaltar que pueden existir diferentes niveles de severidad para una misma muestra, ya que el estudio se realiza en secciones parciales de la misma. La investigación se efectuó para cada una de las muestras inspeccionadas de un total de 58 unidades de muestreo. En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos para la unidad de muestreo uno (1), del mismo modo se obtuvo para el total de las muestras y el resumen de estos resultados se presentan de forma separada (por motivos de practicidad y manipulación), en las tablas 15, 16 y 17. Las mismas contienen en las filas principales los títulos de las variables que se obtienen y en las columnas, los valores o categorías determinadas para cada uno de ellos, derivados del formato utilizado presentado y descrito anteriormente (Anexo 2).

**Tabla 15 Niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para la unidad de muestreo 1, de abscisa final (0+035)**

Daño	Severidad			Cantidades parciales (m <sup>2</sup> )	Total (m <sup>2</sup> )	Densidad (%)	Valor deductivo (vd)
	Low (l)	Medium (m)	High (h)				
1		M		2.54+2.54 = 5.05	5.05	2.21	28.00
8	L			6.50+6.20+6.55+6.25 = 25.50	25.50	11.18	5.00
8		M		5.20+6+6.50+3.50 = 21.2	21.20	9.30	16.00
11	L			5.20*0.45 = 2.34	2.34	1.03	2.00
17	L			3.25*0.90 = 2.93	2.93	1.29	6.00

Fuente: Elaboración propia

De la información contenida en la tabla 6, se aprecian los resultados de niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para la unidad de muestreo uno (1), en donde se identifica el tipo de daño asignado a un número de acuerdo al formato utilizado, el nivel de severidad encontrado para cada uno de estos representado por letras (L, M y H), cantidades parciales que corresponden a la dimensión que ocupa el daño, la cual se miden en m, m<sup>2</sup> y la unidad. En el caso del daño 1 (piel de cocodrilo), este se midió en m<sup>2</sup>, el número 8 (grietas de flexión de junta) en m, el número 11 (parcheo) en m<sup>2</sup> y el daño 17 (grieta parabólica) en m<sup>2</sup>. Una vez medidas las fallas parciales, estas se suman y el total se divide entre el área del tamaño de la muestra, que en este caso resultó 198.35 m<sup>2</sup> (para todas las unidades de muestreo como se explicó al inicio del capítulo), obteniéndose el valor de densidad respectivo para cada nivel de daño.

Ahora bien, empleando las gráficas de valores deducidos de cada daño (anexo 4), se realizó el punto de corte con la curva del nivel de severidad y el valor de densidad respectivo, para obtener el valor deducido de cada sección de muestra. Una vez explicado cómo se llegó a estos resultados, nótese que los daños más representativos para la muestra, son el 1 (piel de cocodrilo) y el 8 (grietas de reflexión de junta), presentando ambos, valores reducidos más altos, 28 y 16 respectivamente. De esta manera, se pueda entrar en contexto en los resultados generales para el total de las muestras (58) inspeccionadas, para las cuales se efectuó el mismo procedimiento y cuyos resultados se presentan en las tablas 15, 16 y 17 como ya se había mencionado. En estas, se muestra la cantidad total de daño (tipo de daño) para cada nivel de severidad (L, M, H).

**Tabla 16 Niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para las muestras inspeccionadas desde la 1 hasta la 22**

Tipo de daño	Nivel de Severidad	Muestras																				Total
		1	2	3	4	5	6	7	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Piel de cocodrilo	L				X	X	X						X	X	X				X		7	
	M	X	X				X					X	X	X			X	X	X	X	10	
	H											X		X							2	
Agrietamiento	L		X																		1	
	M																				0	
	H																				0	
Abultam. y hundimiento	L							X													1	
	M		X			X	X	X		X		X		X		X		X		X	9	
	H									X											1	
Corrugación	L			X																	1	
	M																				0	
	H																				0	
Grieta de borde	L																				0	
	M																				0	
	H																				0	
Grieta de reflexión de junta	L	X	X		X	X	X	X													6	
	M	X	X	X	X	X	X														6	
	H																				0	
Desnivel de carril / barne	L																				0	
	M																				0	
	H																				0	
Gretas long. y transversales	L			X																	1	
	M			X		X	X					X	X					X		X	7	
	H																				0	
Parcheo	L	X	X	X		X	X	X													6	
	M					X						X		X				X		X	4	
	H		X											X					X		3	
Pulimento de agregados	L				X	X								X							3	
	M																				0	
	H																				0	
Huecos	L																				0	
	M				X		X	X						X						X	5	
	H											X									1	
Grieta parabólica	L	X																			1	
	M		X																		1	
	H																				0	
Hincharamiento	L																				0	
	M											X									1	
	H									X											1	
Desprendimiento de agregados	L																				0	
	M																				0	
	H								X	X		X				X	X			X	6	

Fuente: elaboración propia

**Tabla 17 Niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para las muestras inspeccionadas desde la 23 hasta la 40**

Tipo de daño	Nivel de Severidad	Muestras																		Total
		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Piel de cocodrilo	L																			0
	M		X				X	X	X	X	X		X			X	X			9
	H	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X			13
Agrietamiento	L																			0
	M																			0
	H																			0
Abultam. y hundimiento	L																			0
	M	X							X	X	X									4
	H			X	X															2
Corrugación	L																			0
	M																			0
	H																			0
Grieta de borde	L																			0
	M																			0
	H			X																1
Grieta de reflexión de junta	L																			0
	M																			0
	H																			0
Desnivel de carril / barme	L																			0
	M																			0
	H											X	X	X	X	X	X	X	X	8
Gretas long. y transversales	L																			0
	M							X												1
	H	X	X																	2
Parcheo	L																			0
	M								X	X	X									3
	H	X										X				X		X		5
Pulimento de agregados	L																			0
	M															X	X			2
	H																			0
Huecos	L																			0
	M																			0
	H							X												1
Grieta parabólica	L																			0
	M																			0
	H							X												1
Hincharamiento	L																			0
	M																			0
	H																			0
Desprendimiento de agregados	L																			0
	M											X					X		X	3
	H			X	X	X	X					X	X	X	X	X		X		10

Fuente: elaboración propia

**Tabla 18 Niveles de severidad y extensión del pavimento flexible para las muestras inspeccionadas desde la 40 hasta la 58**

Tipo de daño	Nivel de Severidad	Muestras																Total		
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56		57	58
Piel de cocodrilo	L																			0
	M		X	X		X				X	X	X								6
	H	X	X						X											3
Agrietamiento	L																			0
	M																			0
	H																			0
Abultam. y hundimiento	L																			0
	M																			0
	H		X																	1
Corrugación	L																			0
	M																			0
	H																			0
Grieta de borde	L																			0
	M																			0
	H																			0
Grieta de reflexión de junta	L																			0
	M																			0
	H																			0
Desnivel de carril / barme	L																			0
	M				X															1
	H	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	17
Gretas long. y transversales	L																			0
	M				X	X	X	X												4
	H																			0
Parcheo	L																			0
	M		X																	1
	H					X	X	X	X	X	X									6
Pulimento de agregados	L																			0
	M																			0
	H	X	X	X	X	X	X													6
Huecos	L																			0
	M					X														1
	H																			0
Grieta parabólica	L																			0
	M				X															1
	H									X										1
Hincharamiento	L																			0
	M																			0
	H																			0
Desprendimiento de agregados	L																			0
	M																			0
	H	X							X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	11

Fuente: elaboración propia

En la tabla 16 se aprecia de manera general, para las muestras dadas, el daño más representativo para niveles de severidad bajo (L), corresponde al tipo piel de cocodrilo, cuyo total de daño es 7, para niveles de severidad medio (M), son más recurrentes los daños tipo abultamiento y hundimiento (total 9), grieta de reflexión de junta (total 6), grietas longitudinales y transversales (total 7), huecos (total 5), igualmente la piel de cocodrilo (total 10) y el parcheo (total 4). Así mismo, se tiene que para niveles de severidad altos (H), los daños más representativos corresponden al tipo desprendimiento de agregados en mayor parte (total 6) y parcheo (total 3).

Adicionalmente, en la tabla 17 se aprecia para las muestras dadas, ausencia de daño con niveles de severidad bajo, respecto a niveles de severidad medio y alto, los daños más recurrentes son la piel de cocodrilo (total 9 y 13), el parcheo (total 3 y 5), el desprendimiento de agregado (total 3 y 10) y abultamiento – hundimiento con menor recurrencia (total 4 y 2).

De la misma manera, se puede observar en la tabla 18, de las muestras dadas, que tampoco existe daño con niveles de severidad bajo (L), respecto a niveles de severidad medio los daños más significativos son piel de cocodrilo (total 6), Grietas longitudinales y transversales (total 4), y con mínima recurrencia el parcheo (total 1), desnivel del carril (total 1), huecos (total 1) y grieta parabólica (total 1).

Así mismo, se tiene con niveles severos altos, en mayor proporción, el desnivel del carril (total 17), desprendimiento de agregados (total 11), pulimiento de agregados (total 6), parcheo (total 6) y con menor recurrencia, piel de cocodrilo y grieta parabólica (total 3 y 1). Cabe resaltar que estas muestras corresponden la última parte de la vía estudiada. Estos resultados se pueden agrupar de manera global mediante la tabla 19, en la cual se representa la cantidad de daño general expresada en porcentaje para todo el pavimento flexible estudiado.

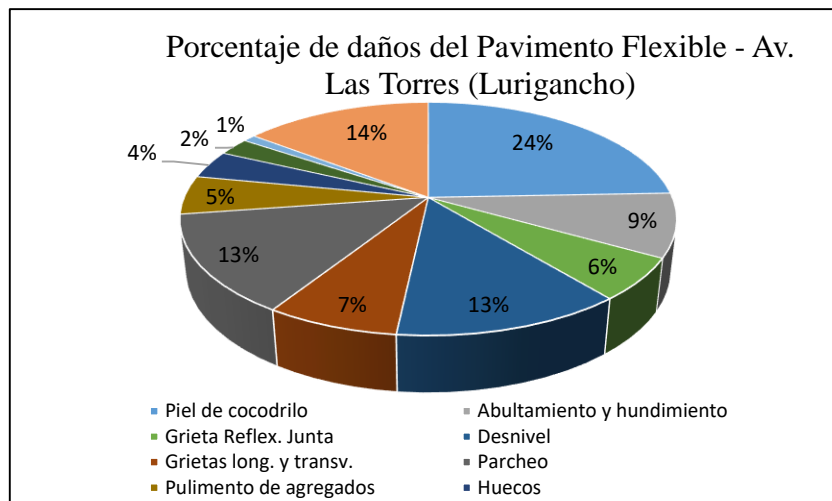


**Tabla 19 Porcentaje de daño global para todo el pavimento flexible evaluado (58 muestras)**

<b>Daño</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Piel de cocodrilo	50	24%
Agrietamiento	1	0.5%
Abultamiento y hundimiento	18	9%
Corrugación	1	0.5%
Grieta de borde	1	0.5%
Grieta Reflexión de Junta	12	6%
Desnivel	26	13%
Grietas longitudinales y transversales	15	7%
Parqueo	28	13%
Pulimento de agregados	11	5%
Huecos	8	4%
Grieta parabólica	5	2%
Hinchamiento	2	1%
Desprendimiento de agregados	30	14%
<b>Total:</b>	<b>208</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

A su vez, los resultados de la tabla 19 se pueden representar de la siguiente manera, mediante el gráfico 1.



**Figura 31. Porcentajes de daños global del pavimento flexible evaluado.**  
Fuente: elaboración propia.

En el gráfico 1 mostrado, se puede observar, al igual que en las tablas anteriores, la cantidad de daños del pavimento flexible evaluado de una manera práctica, apreciándose que el mayor porcentaje lo representa la falla “piel de cocodrilo” con un 24%, continuando “desprendimiento de agregados”, “desnivel” y “parqueo” con 14%, 13% y 13% respectivamente.

Posteriormente, se tiene en menor grado, “abultamiento y hundimiento”, “grietas longitudinales y transversales”, “grieta flexión de junta” y “pulimento de agregados”. Finalmente, los daños “agrietamiento”, “corrugación” y grieta de borde” son los que menor frecuencia presentan con 1 o 0.5% del total (por motivos de presentación, no se incluyeron en el respectivo gráfico).

#### **4.2. Calcular el índice de condición del pavimento flexible aplicando la metodología PCI en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019**

Para la obtención del índice de condición del pavimento flexible evaluado, se registraron los datos en el formato exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica (Anexo 3), una vez determinados los tipos de daños y niveles de severidad que se encontraron. Posteriormente, se utilizó el método de los valores deducidos, empleando las curvas características de cada daño para el tipo de pavimento evaluado (ver en anexos de esta investigación).

Los valores deducidos obtenidos mediante dichas curvas, sugirieron el uso del método del máximo valor deducido corregido, mediante el cual se determinaron los PCI de cada unidad de muestreo. Finalmente, y considerando que el área para cada unidad de muestreo es igual, o sea, simétrica se determinó el PCI del pavimento flexible evaluado, el cual corresponde al promedio de todos los PCI de las muestras inspeccionadas. En este sentido, se muestra los resultados obtenidos para la unidad de muestreo uno (1) mediante la tabla 10, obteniéndose de la misma manera para el total de muestras, cuyos resultados se presentan en la tabla 20.

**Tabla 20**

***Resultado del máximo valor deducido corregido obtenido para unidad de muestreo uno***

Muestra	Valores deducidos				Q	Cdv	Máx. Cdv
UM - 1	28.00	28.00	28.00	28.00	4	31	37
	5.00	2.00	2.00	2.00	3	34	
	16.00	16.00	16.00	2.00	2	37	
	2.00	2.00	2.00	2.00	1	36	
	6.00	6.00	2.00	2.00			
	<b>57.0</b>	<b>54.0</b>	<b>50.0</b>	<b>36.0</b>			

Fuente: elaboración propia

En la tabla 20, se pueden observar cuatro iteraciones (4) del valor “q” realizadas hasta el valor uno del mismo, para las cuales se determinó el máximo valor deducido corregido de cada uno de ellos, siendo 37 el mayor valor máximo de la serie.

**Tabla 21 Resultado del índice de condición del pavimento flexible (PCI) evaluado**

Um	Abscisa		Cdv	Pci	Condición	Um	Abscisa		Cdv	Pci	Condición
	Inicial	Final					Inicial	Final			
1	0+000	0+035	37	63	BUENO	30	1KM+015	1KM+050	68	32	MALO
2	0+035	0+070	59	41	REGULAR	31	1KM+050	1KM+085	68	32	MALO
3	0+070	0+105	28	72	MUY BUENO	32	1KM+085	1KM+120	68	32	MALO
4	0+105	0+140	40	60	BUENO	33	1KM+120	1KM+155	69	31	MALO
5	0+140	0+175	19	81	MUY BUENO	34	1KM+155	1KM+190	96	4	FALLADO
6	0+175	0+210	41	59	BUENO	35	1KM+190	1KM+225	69	31	MALO
7	0+210	0+245	44	56	BUENO	36	1KM+225	1KM+260	69	31	MALO
8	0+245	0+280	0	100	EXCELENTE	37	1KM+260	1KM+295	85	15	MUY MALO
9	0+280	0+315	0	100	EXCELENTE	38	1KM+295	1KM+330	72	28	MALO
10	0+315	0+340	0	100	EXCELENTE	39	1KM+330	1KM+365	59	41	REGULAR
11	0+350	0+385	33	67	BUENO	40	1KM+365	1KM+400	51	49	REGULAR
12	0+385	0+420	79	21	MUY MALO	41	1KM+400	1KM+435	66	34	MALO
13	0+420	0+455	90	10	FALLADO	42	1KM+435	1KM+470	99	1	FALLADO
14	0+455	0+490	91	9	FALLADO	43	1KM+470	1KM+505	40	60	BUENO
15	0+490	0+525	80	20	MUY MALO	44	1KM+505	1KM+540	18	82	MUY BUENO
16	0+525	0+560	94	6	FALLADO	45	1KM+540	1KM+575	56	44	REGULAR
17	0+560	0+595	71	29	MALO	46	1KM+575	1KM+610	35	65	BUENO
18	0+595	0+630	79	21	MUY MALO	47	1KM+610	1KM+645	66	34	MALO
19	0+630	0+665	54	46	REGULAR	48	1KM+645	1KM+680	69	31	MALO
20	0+665	0+700	34	66	BUENO	49	1KM+680	1KM+715	76	24	MUY MALO
21	0+700	0+735	35	65	BUENO	50	1KM+715	1KM+750	97	3	FALLADO
22	0+735	0+770	74	26	MALO	51	1KM+750	1KM+785	71	29	MALO
23	0+770	0+805	54	46	REGULAR	52	1KM+785	1KM+820	81	19	MUY MALO
24	0+805	0+840	71	29	MALO	53	1KM+820	1KM+855	81	19	MUY MALO
25	0+840	0+875	93	7	FALLADO	54	1KM+855	1KM+890	81	19	MUY MALO
26	0+875	0+910	81	19	MUY MALO	55	1KM+890	1KM+925	81	19	MUY MALO
27	0+910	0+945	84	16	MUY MALO	56	1KM+925	1KM+960	81	19	MUY MALO
28	0+945	0+980	74	26	MALO	57	1KM+960	1KM+995	81	19	MUY MALO
29	0+980	1KM+015	75	25	MALO	58	1KM+995	2KM+030	81	19	MUY MALO
<b>PCI PAVIMENTO:</b>			<b>37</b>	<b>CONDICIÓN:</b>		<b>MALO</b>					

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21, se tiene que el índice de condición del pavimento flexible evaluado para el total de 58 muestras inspeccionadas, es 37, este valor se encuentra en el rango de clasificación “malo”, condición que caracteriza de forma global este pavimento, considerando los diversos tipos de daños para diferentes niveles de severidad presentes, como se determinó en el objetivo anterior.

Ahora bien, el PCI promedio obtenido para esta evaluación, se pueden interpretar de forma más práctica, a través del grafico 2.

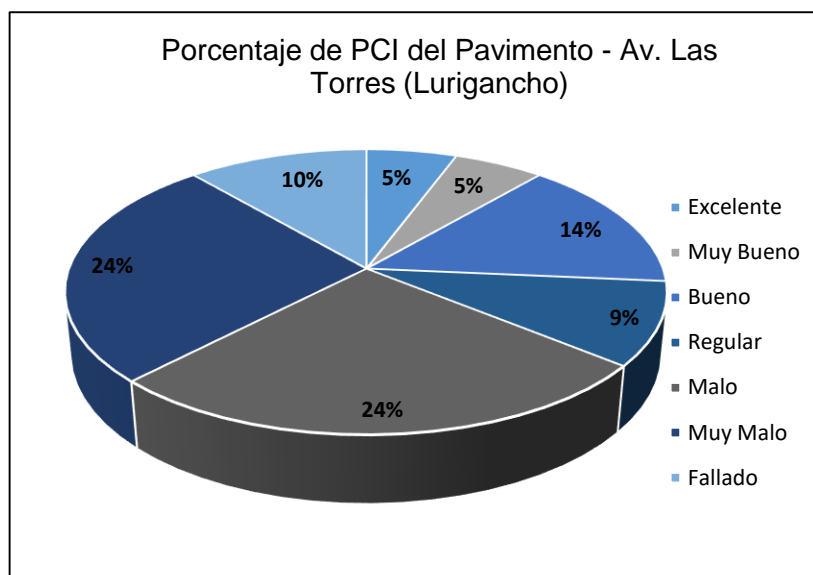


Figura 32. Representación de PCI del pavimento flexible evaluado

Fuente: elaboración propia.

En el gráfico 2, se puede apreciar que el mayor índice de condición del pavimento flexible estudiado, para todas las muestras inspeccionadas, corresponde a la clasificación de “malo” y “muy malo” con un porcentaje del 24% cada uno, encontrándose el PCI promedio obtenido, dentro de estos. Seguidamente, se tiene que el PCI más alto, con porcentaje de 14%, corresponde al estado de “bueno”.

Este comportamiento del PCI a lo largo del pavimento de la avenida Las Torres es consecuente con los diferentes tipos de daños y niveles de severidad respectivos que se encontraron para el mismo, lo cual se expuso anteriormente.

#### 4.3. Proponer estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019.

Las estrategias o acciones a tomar para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible evaluado, se describirán y establecerán en función del rango de PCI, las cuales se presentan en la tabla 22.

**Tabla 22 Estrategias o acciones para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Av. Las Torres – Lurigancho**

Rango de pci	Clasificación de la acción	Descripción
100 - 85	<b>Excelente</b> Mantenimiento preventivo o mínimo	Pavimento en estado muy bueno que no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas, ocasionalmente puede requerir acciones mínimas de mantenimiento preventivo.
85 - 70	<b>Muy bueno</b> Mantenimiento correctivo mínimo	Pavimento en estado bueno, con fallas nacientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas o en corto plazo.
70 - 55	<b>Bueno</b> Mantenimiento correctivo mayor o intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con daños evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes, y probablemente, una rehabilitación a mediano o corto plazo, entre las que se pueden realizar: -Condición dudosa, mantenimiento correctivo mayor. -Sellado desuperficie - Re- encarpetado delgado.
40 - 25	<b>Malo</b> Rehabilitación – Refuerzo estructural	Pavimento en estado deficiente, con daños en proceso de generación, que necesitan una rehabilitación a corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.
Menor que 25	<b>Muy Malo</b> Rehabilitación - Reconstrucción	Pavimento en estado muy deficiente, con daños severos generalizados, que requieren una rehabilitación mayor, muy probable con alto índice de construcción, en el corto plazo.

Fuente: elaboración propia.



Mediante la tabla 22 se pueden identificar las acciones que se deben considerar en función del PCI para el tipo de daño visible que presente el pavimento. En el presente caso de estudio, el pavimento flexible se encuentra de forma general, en estado malo, correspondiendo a la acción de “rehabilitación”, para la cual se deben considerar los siguientes criterios de nivel:



- Espesor de carpeta asfáltica: menor a 5 cm.
- Hundimiento: de 40% a 60%
- Ahuellamiento: de 15% a 30%
- Abultamiento: menor 2%
- Señalización: No cuenta
- Alcantarillas y cunetas: medianamente colmatadas a colmatadas
- Puentes – muros de contención: Mal estado.

Una buena aplicación a considerar podría ser el refuerzo estructural. Cabe resaltar que las fallas presentes en la vía estudiada, resultan del alto tránsito de cargas, la transpirabilidad de manera intempestiva, la falta de mantenimiento y la falta de cultura de los transportistas.

En este sentido, en función al índice de condición del pavimento flexible evaluado en esta investigación, cuyo valor resulto ser 37, indicando un estado de conservación “malo”, la acción a considerar es la rehabilitación a corto plazo para evitar la generalización de los daños encontrados. La misma que es detallada en la tabla 23.

**Tabla 23 Estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Av. Las Torres – Lurigancho**

PCI Global	Tipo de estrategia global	Falla más relevante	Nivel de severidad predominante	Referencia	Tipo de estrategia	Descripción de la alternativa	Frecuencia (año)
37	Rehabilitación / Refuerzo estructural	Piel de cocodrilo	M		Rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de agregado pétreo.</li> <li>- Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con lechada asfáltica</li> </ul>	2  3-4
		Desprendimiento de agregados  Parcheo	H		Rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perfilado o escarificación de la carpeta asfáltica existente.</li> <li>- Reposición con mezcla asfáltica en caliente (alta Estabilidad).</li> </ul>	8-10

37	Rehabilitación / Refuerzo estructural	Parqueo	H		Rehabilitación	-Escarificación del pavimento existente y reconstrucción parcial con base granular y carpeta o tratamiento asfáltico. -Mejoramiento condiciones de drenaje superficial y/o profundo (en combinación con alguna de las técnicas precedentes	6-10  8-10
		Abultamiento Hundimiento	M		Rehabilitación	- Verificar y mejorar condiciones de drenaje, adoptar algunos de los tratamientos precedentes	Variable

Fuente: elaboración propia.



## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Análisis de los resultados en contraste con la hipótesis

En la presente investigación se planteó como hipótesis general que el estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica es excelente, aplicando la metodología PCI. De los resultados obtenidos se puede decir que esta hipótesis se rechazó ya que el PCI obtenido, cuyo valor es 37, se ubica en el rango 40 – 25, el cual corresponde al estado de “malo”. Es lógico el resultado obtenido, ya que el mismo depende de los daños encontrados en la vía y sus niveles de severidad, siendo estos muy significativos, los cuales se detallan a continuación.

En cuanto a la primera hipótesis específica que plantea que el nivel de severidad y extensión del pavimento flexible en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica es bajo, aplicando la metodología PCI, se obtuvo como resultados que estos niveles de severidad varían a lo largo del pavimento flexible, encontrándose niveles de severidad bajo, medio y alto para diferentes tipos de daños superficiales. Entre los daños significativos hallados con niveles de severidad alto, se tienen “piel de cocodrilo”, “Desnivel de carril”, “desprendimiento de agregados” y “parcheo”, mientras que los niveles de severidad medio se hallaron significativamente en los daños por “piel de cocodrilo”, “abultamiento y hundimiento” y “grietas longitudinales y transversales”, por último, los niveles bajo significativos se ubicaron en las fallas de “Piel de cocodrilo”, “grieta de flexión de junta”, y “parcheo”.

Lo que representa de forma general, para el pavimento flexible evaluado, un 24% de daños por piel de cocodrilo, 14% para desprendimiento de agregados, 13% para desnivel y parcheo, el 9% y 7% para abultamiento y hundimiento y grietas longitudinales y transversales. Cabe resaltar que estos niveles de severidad, representados por la presencia de diferentes tipos de daños, pueden deberse al alto tránsito de cargas al cual es sometida la avenida, la transpirabilidad de manera intempestiva, la falta de cultura de los transportistas y más importante, la ausencia de mantenimientos o tratamiento del pavimento en esta zona.

Respecto a la hipótesis específica que plantea que el índice de condición del pavimento flexible aplicando la metodología PCI en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019 se califica como excelente, los resultados se alinean con la hipótesis general ya descrita. Adicionalmente, se distribuyó el comportamiento del pavimento flexible de acuerdo al estado de conservación para cada unidad de muestreo, obteniéndose que, de todo el recorrido de la avenida evaluada, el 24% corresponde a una condición de “malo” y “muy malo”, el 14% y 10% a estados de “bueno” y fallado” respectivamente, para el 9% del recorrido una condición de regular y por último, para la condición de excelente y muy bueno se tiene tan sólo el 5% del pavimento. Resaltando una vez más, que el valor del PCI del pavimento flexible evaluado, resultó dentro del rango de clasificación “malo”. Dicho comportamiento depende de las fallas y niveles de severidad que presenta el pavimento flexible y que se explicó anteriormente.

Finalmente, se contrasta la última hipótesis específica, la cual plantea que la aplicación de la metodología PCI permite identificar las estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019. La misma se pudo corroborar con los resultados obtenidos y de acuerdo a la teoría, ya que las estrategias que permiten optimizar los niveles de severidad del pavimento, se plantean en función del rango de PCI, los mismo que se obtuvieron en esta investigación para el pavimento flexible de la avenida Las Torres – Lurigancho. De esto, se identificó que para el estado de conservación actual del pavimento evaluado “malo”, la estrategia que corresponde es la rehabilitación, dentro de lo más común se tiene el reforzamiento estructural.

## **5.2. Análisis de los resultados en contraste con otras investigaciones (antecedentes)**

Los resultados de esta investigación se contrastan con los de obtenidos por Muñoz (2018), quién estableció un diagnóstico del pavimento flexible del tramo 3 de la carretera interoceánica del norte de Perú – Brasil, utilizando la metodología PCI. Al igual que en esta investigación, determinó el estado de conservación del pavimento en general, resultando en el rango de “bueno – regular”, para lo cual

también identificó los tipos de daños presentes con sus respectivos niveles de severidad, obteniendo 10 tipos de fallas, siendo las más significativas, grietas longitudinales y transversales, parcheo, desnivel, piel de cocodrilo y grieta de borde; las cuales representan el 98% de niveles bajos de severidad. La diferencia entre sus resultados y los de esta investigación, es que, el comportamiento del pavimento que evaluó fue bueno, atribuyéndose casi en su totalidad, a los niveles de severidad bajo de los daños presentes ya mencionados.

Por otro lado, esta investigación contribuye con los resultados del trabajo de Tacza y Rodríguez (2018), quienes propusieron alternativas de intervención que permitan mejorar la condición operacional del pavimento flexible del carril segregado del corredor Javier Prado, para lo cual aplicó la metodología PCI, específicamente, el método del valor máximo corregido (CDV), de la misma manera que la presente investigación. Asimismo, identificaron los tipos de daños y sus niveles de severidad, encontrando 8 tipos de daños representados por 20% piel de cocodrilo, 18% grietas longitudinales y transversales, 14% ahuellamiento, depresión, desprendimiento de agregados y agrietamiento de bloque, similares a los presentados en el presente trabajo. El estado de conservación del pavimento que evaluaron, resultó “bueno” con valor de PCI 57, presentado el comportamiento en porcentaje, igualmente.

La diferencia entre dicha investigación y la presente, radica en que la variable dependiente de estos autores, corresponde a las alternativas de intervención derivadas del PCI obtenido, mientras que la presente, es el estado de conservación del pavimento flexible; en ese sentido este par de autores profundiza en dicha alternativa. Adicionalmente, cabe resaltar que el valor de PCI que obtuvieron pertenece a una vía que es de uso exclusivo de autobuses del sistema de transporte urbano, para el cual no se ha realizado mantenimiento.

En esta investigación, también se comparan los resultados obtenidos por Canturias y Watanabe (2017) en su investigación; en donde aplicaron la metodología PCI para determinar el estado de conservación de la avenida Camino Real en el distrito de Trujillo, cuyo PCI se halló mediante las iteraciones del valor máximo corregido.

Ellos obtuvieron un estado de conservación “excelente” con valor de PCI de 87.52. Igualmente, identificaron las fallas con mayor incidencia, siendo estas, 24% depresión, 24,79% pulimento de agregados con niveles de severidad medio y bajo respectivamente.

Una de las diferencias respecto a la presente investigación es el tiempo de servicio de la vía que evaluaron, siendo este muy corto. Por otro lado, su variable dependiente se orienta en la evaluación superficial del pavimento, por ello los autores profundizan en la técnica más adecuada de intervención.

Asimismo, los resultados de esta investigación se alinean con los determinados por Rivas y Vargas (2017), quienes aplicaron la metodología PCI para minimizar costos y tiempo en la rehabilitación de la avenida Domingo Orué, en el distrito de Surquillo; de la misma manera que en el presente trabajo, identificaron los daños presentes, encontrando 9 tipos con niveles de severidad bajo, medio y alto. Luego, determinaron el PCI para el pavimento, resultando un valor de 37, correspondiente a una condición de “malo”. Su trabajo fue correlacional, a diferencia de esta investigación, estos autores se orientaron en la evaluación de la estrategia de rehabilitación en función de los costos del proyecto, buscando la optimización de los mismos. Adicionalmente, estos evaluaron secciones de pavimento rígido.

Esta investigación también aporta a los resultados de Vergara (2015) obtenidos en su evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI. Este determinó el PCI en función de las fallas estructurales, las cuales fueron más significativas con niveles de severidad altos, correspondiente a un 79% de hundimientos. Lo cual resultó en un valor de PCI general de 35, ubicándose en la clasificación de “malo”.

El comportamiento del PCI lo represento en porcentajes, siendo 36% “malo”, 32% “regular”, 25% “muy malo” y 7% “bueno”, similar a los resultados de esta investigación.

A diferencia de esta, Vergara se enfocó en determinar las fallas a nivel estructural y funcional para proponer una acción adecuada de bajo costo, dependiendo esta, de los niveles altos de severidad para fallas estructurales de tipo hundimientos.

Igualmente, los resultados de este trabajo se contrastan con los hallados por Becerra y Sánchez (2018), ya que evaluaron una red de pavimentos aplicando varias metodologías, entre ellas PCI, presentando el comportamiento como esta última, el cual corresponde a 42% “excelente”, 2% “muy bueno”, 1% “buenos”, 16% “regular” y 39% “fallado o pobre”. La finalidad de su investigación, la distingue de la presente, ya que se enfocó en comparar las metodologías utilizadas para definir la más adecuada para la implementación de un sistema automatizado que clasificará, optimizará y priorizará en función del inventario de condición de pavimento. Además, estos autores evaluaron varios tipos de pavimentos.

Los resultados aquí obtenidos, similarmente, se comparan con los obtenidos por Puga (2018), respecto a la evaluación funcional del pavimento rígido que realizó mediante el método PCI. En la misma, estudió los daños presentes y sus niveles de severidad, haciendo énfasis en ellos para determinar alternativas de rehabilitación y mantenimiento. Los daños que identificó, los expresó en porcentajes siendo el más alto por “parcheo” con un 60% del total. Ahora bien, este autor calculó el PCI de un pavimento rígido utilizando un software para el análisis de datos, además pudo haber hecho exclusiones de algunos daños con alto nivel de severidad, que influyeran en el valor final del PCI.

En cuanto a los hallazgos realizados por Cruz y Restrepo (2017), esta investigación también aporta valor, ya que dichos autores determinaron el estado de pavimentos flexibles aplicando la metodología PCI, encontrando varios tipos de daños similares a los identificados aquí, siendo los más comunes de ellos, la “piel de cocodrilo”, “grietas longitudinales y transversales” y “huecos”. En tanto que, para la determinación del estado del pavimento, implementó un software, al contrario del obtenido en esta investigación.

Aun así, obtuvo una condición en el rango de “malo” y “muy malo”, concluyendo que aproximadamente, la mitad del pavimento debe ser reconstruida. Análogamente, esta investigación aporta valor a la desarrollada por Sierra y Rivas (2016), quienes evaluaron y compararon la aplicación de dos metodologías en un pavimento flexible, entre ellas la del PCI.

Del mismo modo que los resultados aquí obtenidos, estos autores determinaron los niveles de severidad para los distintos daños mediante el método PCI y adicionalmente, con el método VIZIR. En relación al primero, consideraron todos los tipos daños y obtuvieron un PCI promedio de 89, indicando este, un estado de pavimento “Excelente”.

A diferencia de la presente investigación, dichos autores se centraron en la comparación de las dos metodologías, de acuerdo a sus ventajas y desventajas, para lo cual profundizaron en el tópico de las mismas.

Por último y no menos importante, los resultados presentados en esta investigación, se alinean a los adquiridos por los autores Huilcapi y Pucha (2015), ya que utilizaron metodologías como la PCI, en el análisis comparativo de una evaluación funcional (a nivel superficial) de varias vías urbanas. Las principales diferencias encontradas se hallan respecto a los diferentes pavimentos que evaluaron en varias vías o calles, obteniendo un PCI para cada una de ellas. Además, se orientaron en la comparación de las dos metodologías que aplicaron en lo referente a sus ventajas y desventajas.

## VI. CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación permitieron concluir lo siguiente:

1. La metodología PCI presenta rangos de evaluación cualitativa, donde un PCI “excelente” corresponde a una escala de 100-85, una condición de “muy bueno” se ubica en un rango 85-70; el nivel bueno entre 70-55, la condición de “regular” entre 55 y 40, la condición de “malo” entre el rango 40-25, obteniéndose un estado de conservación del pavimento flexible de la avenida Las Torres – Lurigancho, “malo” con un valor de PCI promedio de 37. El cual se determinó a lo largo de la muestra seleccionada, promediando estadísticamente el PCI particular de cada progresiva de acuerdo al método del máximo valor deducido aplicado, cuya selección estuvo sujeta a la condición “si ninguno, o tan sólo uno de los valores deducidos es mayor que 2, se usa el valor deducido total en lugar del mayor valor deducido corregido CDV, lo cual no se cumplió, definiéndose entonces, el valor del PCI con el método mencionado.
2. Se determinaron niveles de severidad bajo (L), medio (M) y alto (H) para diversos tipos de fallas a lo largo del pavimento flexible evaluado. Los niveles más significativos se presentan en la extensión del pavimento flexible, en una representación de 24% daño “piel de cocodrilo” dentro del cual se presentaron 7 muestras con nivel L, 25 con nivel medio y 18 con nivel alto; en este modo de falla, la metodología indica que en un nivel medio continua el desarrollo de la fisura de forma fina en un patrón que podrían estar ligeramente descascaradas y en el nivel alto, este patrón muestra un progreso bien definido y partes descascaradas en los bordes, donde algunas pueden moverse bajo tráfico. por otro lado, el 14% de la extensión del pavimento evidenció “desprendimiento de agregados”, representado en más de la mitad, un nivel alto; en este punto, la textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada con dimensiones menores a 10 mm de diámetro, y menos de 13 mm de profundidad; las mayores a esta ya son consideradas como baches. Esto es, un desgaste del ligante asfáltico que genera la pérdida de agregado. Por su parte, el 13% de la extensión del pavimento flexible presentó “desnivel de carril” y “parqueo”; representando más de la mitad un nivel de severidad alto; para esta falla la teoría expone que la diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 100 mm y que en este punto el parche necesita ser reemplazo lo más

pronto posible, respectivamente. En tanto que el 9% de la extensión presentó “abultamiento y hundimiento” en gran parte, severidad media; para este nivel de falla, la metodología indica que se tiene una calidad media de tránsito y, finalmente el 7% estuvo representado por “grietas longitudinales y transversales” mayormente en nivel de severidad medio, lo cual indica que se tiene fisura con relleno de cualquier ancho rodeado de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria.

3. Los índices de pavimento obtenidos para el total de las muestras inspeccionadas (58), se corresponden a un 24% en estado “malo” (PCI en rango (40 - 25) y muy malo (25 – 10), a 14% en estado “bueno” (70 – 55), 10% en estado “fallado” (10 - 0), 9% en estado regular (55 – 40) y 5% en condiciones “excelente” (100 – 85) y “muy bueno” (85 – 70). Esto obtenido mediante la estadística descriptiva, determinando la incidencia de cada condición a lo largo de la extensión del pavimento en las 50 muestras (progresivas) seleccionadas.
4. Se identificó que de acuerdo al PCI del pavimento (37) con condición de malo, y según los tipos de fallas más representativas a lo largo de la extensión del mismo, las estrategias a considerar redundan en la clasificación de “rehabilitación” de forma global; específicamente para el caso de piel de cocodrilo con severidad media se sugiere la rehabilitación mediante bacheo y sellado de superficie con material bituminoso, lechado asfáltico y recubrimiento de agregado pétreo con una frecuencia de entre 2 y 4 años máximo.

En el caso de la falla desplazamiento de agregados en nivel de severidad alto, se sugiere la rehabilitación mediante perfilado o escarificación de la carpeta asfáltica existente o reposición con mezcla asfáltica en caliente, en un período de 8 a 10 años. Para el caso de parcheo en nivel de severa alto, se sugiere la rehabilitación mediante escarificación del pavimento existente y reconstrucción parcial con base granular y carpeta o tratamiento asfáltico o en otra medida, el mejoramiento condiciones de drenaje superficial y/o profundo (en combinación con alguna de las técnicas precedentes). Por último, para el nivel de severidad alto de la condición abultamiento y hundimiento, se sugiere el mejoramiento de las condiciones de drenaje y la adopción de algunos de los tratamientos precedentes.



## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda utilizar el índice de condición del pavimento como método ya que es muy sencillo y permite determinar el estado físico en el que se encuentra un pavimento, las fallas o daños que presente y estimar estrategias o acciones para el mantenimiento o rehabilitación del mismo.

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

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

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda estudiar más a detalle el tipo de rehabilitación que corresponde, mencionada en esta investigación, y la implementación a corto plazo de la misma en el pavimento de la Av. Las Torres – Lurigancho, a fin de evitar la generalización de los daños presentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becerra, A., & Sánchez, P. (2018). Evaluación de la condición del pavimento del sector el Valle y su marco sostenible. (*tesis de pregrado*), Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Caracas: Santillana.
- Bolaños, J. (2015). Identificación, diagnóstico y remediación de las patologías del Pavimento Flexible del Jr. Amalia Puga y la Av. De los héroes - Cajamarca. (*tesis de pregrado*), Universidad Nacional de Cajamarca. Lima, Perú.
- Cantuarias, L., & Watanabe, J. (2017). Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Camino Real de la urbanización la Rinconada del Distrito de Trujillo. (*tesis de pregrado*), Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- Carrasco, D. (2017). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Céspedes, J. (2002). *Los pavimentos en las vías terrestres, calles, carreteras y aeropistas*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Corredor, G., & Corros, M. (2010). Maestría en Vías Terrestres Módulo III Diseño de Pavimento. *Evaluación de Pavimentos*. Managua, Nicaragua.
- Cruz, J., & Restepro, G. (2017). Evaluación del estado de pavimentos flexibles en la zona urbana de La Calera. (*tesis de pregrado*), Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (2016). Documento Técnico. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación*. República Dominicana : Dirección General de Reglamentos y Sistemas.
- Fernández, V. (2019). *Evaluación de las Fallas Estructurales del Pavimento Flexible de la Avenida Francisco Vidal, Huacho*. Huacho, Perú.
- Gamboa, K. (2009). Cálculo del Índice de Condicion Aplicado en el Pavimento Flexible en la Av. Las Palmeras de Piura. (*tesis de pregrado*), Universidad de Piura. Piura, Perú.
- Giordani, C., & Leone, D. (2015). *Pavimento. Cátedra Ingeniería Civil I / Departamento de Ingeniería Civil*. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1\\_anio/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf)

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Hualcapi, V., & Pucha, K. (2015). Análisis comparativo de los métodos de evaluación funcional de pavimentos flexibles en las vías García Moreno y Panamericana Sur del Cantón Colta – Provincia de Chimborazo. (tesis de pregrado), *Universidad Nacional de Chimborazo*. Riobamba, Ecuador.
- Menéndez, J. (2003). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual técnico*. Lima: Organización Internacional del Trabajo.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación*. Obtenido de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf)
- Montejo, A. (2006). *Ingeniería de pavimentos, fundamentos, estudios básicos y diseño*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- MTC. (2013). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: MTC.
- MTC. (2016). *Manual de inventarios viales*. Lima: MTC.
- Muñoz, L. (2018). Evaluación superficial del pavimento flexible del tramo 3 de la carretera Interoceánica Norte Perú - Brasil aplicando el método PCI. (tesis de pregrado), *Universidad Privada del Norte*. Lima, Perú.
- Palomino, J., Peña, J., Zevallos, G., & Orizano, L. (2015). *Metodología de la investigación*. Lima: San Marcos.
- Puga, C. (2018). (tesis de pregrado), *Universidad de Cuenca*. *Evaluación funcional de pavimento rígido tramo Avenida Loja (Cuenca)*. Cuenca, Ecuador.
- Rabanal, J. (2014). Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del Pavimento. Cajamarca. (tesis de pregrado), *Universidad Privada del Norte*. Cajamarca, Perú.
- Rivas, A., & Vargas, C. (2017). Aplicación de la metodología PCI para minimizar costos y tiempo en la rehabilitación del pavimento de la avenida Domingo Orué Surquillo – Lima. (tesis de pregrado), *Universidad de San Martín de Porres*. Lima, Perú.

- Rivera, J. (2015). *La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país*. Obtenido de <http://udep.edu.pe/hoy/2015/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>
- Road Experts. (2016). *La construcción vial en América Latina: retos y oportunidades*. Obtenido de <https://www.roadexpertsla.com/es/noticias/detalhes/la-construccion-vial-en-america-latina-retos-y-oportunidades>
- Robles, R. (2015). *Calculo del Indice de Condicion del Pavimento (PCI) Barranco - Surco - Lima. (tesis de pregrado), Universidad Ricardo Palma*. Lima, Perú.
- Rodríguez, E. (2009). *Cálculo del índice de condicion del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. Piura. (tesis de pregrado), Universidad de Piura*. Piura, Perú.
- Rondón, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos. Materiales, construcción y diseño*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Sánchez, F. (2009). *Curso Básico de Pavimentos*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sierra, C., & Rivas, A. (2016). *Aplicacion y comparación de las diferentes metodologías de diagnostico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al Llano (DG 78 BIS SUR – Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa. (tesis de pregrado), Universidad Católica de Colombia*. Bogotá, Colombia.
- Tacza, E., & Rodríguez, B. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado. (tesis de pregrado), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*. Lima, Perú.
- UMSS. (2004). *Manual completo de pavimentos*. La Paz: Universidad Mayor de San Simón.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concretos en carreteras*. Obtenido de INGEPAV: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

#### “ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA LAS TORRES EN EL DISTRITO LURIGANCHO - CHOSICA APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL PCI - 2019”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
¿Cuál será el estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica aplicando la metodología PCI,2019?	Evaluar el estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica aplicando la metodología PCI,2019.	El estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica es excelente, aplicando la metodología PCI,2019.	<b>Variable Independiente:</b> Metodología PCI  <b>Dimensiones:</b> Parámetros de evaluación <b>Indicadores:</b> Extensión Severidad Tipo	<b>Tipo de estudio:</b> Investigación aplicada y descriptiva  <b>Diseño:</b> No experimental  <b>Población:</b> Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica  <b>Muestra:</b> 2.3 km de la Avenida las Torres  <b>Instrumentos:</b> Fichas de observación (formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica)
¿Cómo estarán los niveles de severidad y extensión del pavimento flexible en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica aplicando la metodología PCI, 2019?	Describir los niveles de severidad y extensión del pavimento flexible en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica aplicando la metodología PCI, 2019.	El nivel de severidad y extensión del pavimento flexible en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho – Chosica es bajo, aplicando la metodología PCI,2019.	<b>Variable Dependiente:</b> Estado de conservación del asfalto flexible  <b>Dimensiones:</b> Índice de condición del pavimento <b>Indicadores:</b> Calculo del valor deducido Calculo del valor deducido corregido Calculo del PCI	<b>Valoración estadística:</b> Hojas de cálculo de Microsoft Excel
¿Cuál será el índice de condición del pavimento flexible aplicando la metodología PCI en la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica,2019?	Calcular el índice de condición del pavimento flexible aplicando la metodología PCI en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019.	El índice de condición del pavimento flexible aplicando la metodología PCI en la Avenida Las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019 se califica como excelente.	<b>Dimensiones:</b> Estado de conservación de la vía <b>Indicadores:</b> Calificación de la vía	
¿Cuáles son las estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica,2019?	Proponer estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019.	La aplicación de la metodología PCI permite identificar las estrategias para optimizar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida las Torres en el Distrito Lurigancho - Chosica, 2019.		

Fuente: Elaboración propia (2020)

**Anexo 2 Instrumento**

**Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica**

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
PCI-01. 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 (m <sup>2</sup> )				
<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	Parcheo.			
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 (2002)

**Anexo 3: Validación del instrumento**



**UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP**

**EXPEDIENTE PARA VALIDAR INSTRUMENTOS DE  
MEDICIÓN A TRAVÉS DEL JUICIO DE EXPERTOS**

## **DEFINICIONES CONCEPTUALES DE LAS VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.**

### **VARIABLE 1**

#### **Metodología PCI**

Consiste en la ejecución de inspecciones visuales por medio de las cuales se determina la condición del pavimento en base al tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes. Es un método de fácil implementación y es la más completa para conocer el comportamiento y calificar de manera objetiva el pavimento sean estos flexibles o rígidos (Sierra & Rivas, 2016).

#### **DIMENSIONES**

##### **1. PCI**

El método para la evaluación del comportamiento del pavimento PCI (Índice de Condición del Pavimento) es un método que cumple la norma ASTM-D6433-07 y ASTM-D6433-11. Su finalidad es la de obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, este valor cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento (Rivas & Vargas, 2017).

##### **Indicadores:**

###### **a) Tipo de falla**

El Método PCI considera 19 clases de fallas más comunes en el deterioro progresivo del pavimento flexible, las cuales se agrupan en 4 categorías.



*Tipos de fallas de acuerdo al método PCI*

<b>CATEGORIA</b>	<b>TIPO DE FALLA</b>
Fisuras y Grietas	Piel de Cocodrilo
	Agrietamiento en bloque
	Grieta de Borde
	Grieta de Reflexión de Junta
	Grietas Longitudinales y transversales
	Cruce de vía férrea
	Grietas parabólicas
Deformaciones superficiales	Abultamientos y Hundimientos
	Corrugación
	Depresión
	Ahuellamiento
	Desplazamiento
Desprendimientos	Hinchamiento
	Huecos
	Desprendimiento de Agregados
Otras fallas	Exudación
	Pulimento de Agregados
	Desnivel Carril / Berma
	Parcheo y acometidas

---

Fuente: Elaboración propia a partir de Vásquez (2002)

El Método PCI considera 19 clases de fallas más comunes en el deterioro progresivo del pavimento flexible, las cuales se agrupan en 4 categorías.

## **b) Severidad**

Para la determinación del nivel de severidad de calidad de tránsito, se hace un recorrido de la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal (Vásquez, 2002).

Los niveles de severidad son:

Bajo (L: Low): Se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad.

Medio (M: Medium): Las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad.

Alto (H: High): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en áreas de la comodidad y la seguridad.

## **c) Índice de condición del pavimento**

Este método permite determinar la condición del pavimento por medio de observaciones visuales que permiten clasificar, identificar y cuantificar el tipo de daños que se encuentren en las unidades de muestras seleccionadas. El método utiliza un factor de ponderación denominado Valor Deducido, debido a la presencia de la cantidad de combinaciones de fallas, nivel de severidad y cantidad (densidad) (Rivas & Vargas, 2017).

## **VARIABLE 2**

### **Conservación del asfalto flexible**

El estado de conservación del pavimento flexible se determina por medio del índice de condición de pavimento el cual cuantifica el estado en que se encuentra el mismo para su respectivo tratamiento y mantenimiento (Rivas & Vargas, 2017).

El índice de condición de pavimento permite evaluar cuantitativamente el estado del pavimento por medio de una escala que varía desde “0” hasta “100”, donde “0” es para un pavimento fallado y “100” para un pavimento excelente (Vásquez, 2002).

## **DIMENSIONES:**

### **1. Asfalto flexible**

Es un tipo de pavimento cuya estructura está constituida por capas granulares (base y subbase) y una capa de rodadura que está constituida por materiales bituminosos (aglomerantes, agregados y aditivos). Así mismo, se consideran como capa de rodadura asfáltica: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente (MTC, 2013).

#### **Indicadores:**

##### **a) Unidad de muestreo**

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura: Para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ . En la tabla 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada (Vásquez, 2002)

*Longitudes de unidades de muestras asfálticas*

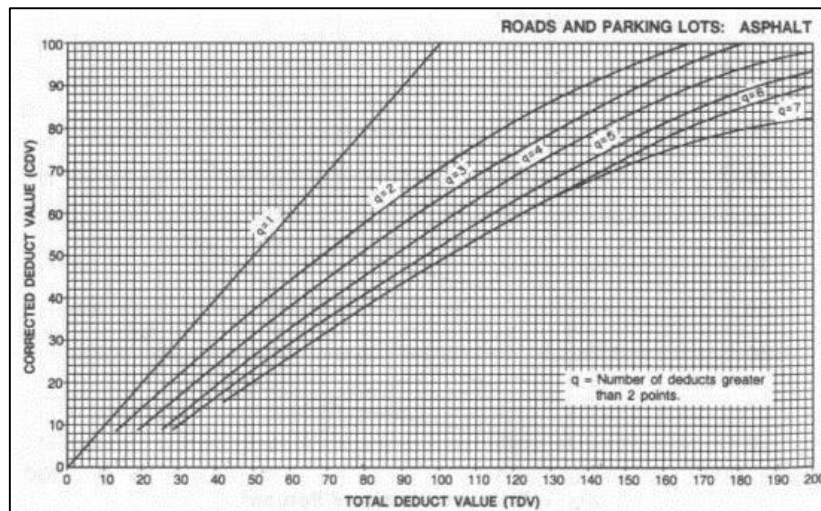
<b>ANCHO DE CALZADA (M)</b>	<b>LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (M)</b>
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 ( máximo)	31.5

Fuente: Vásquez (2002)

## b) Cálculo del valor deducido corregido

De acuerdo a Vásquez (2002), el máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- Determine el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.
- Determine el valor deducido total sumando todos los valores deducidos individuales.
- Determine el CDV con  $q$  y el valor deducido total en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- Reduzca a 2.0 el menor de los valores deducidos individuales que sea mayor que 2.0 y repita los pasos de a hasta c. para que  $q$  sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.



*Curvas de corrección del valor deducido (CDV) para pavimentos flexibles*

*Fuente: Vásquez (2002)*

## c) Cálculo del PCI

Para obtener el PCI de la unidad de muestra se deberá restar 100 al máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

$$\text{PCI} = 100 - \text{máx. CDV}$$

Número máximo admisibles de valores deducidos

Fuente: Vásquez (2002)

**Donde:**

PCI: Índice de Condición del pavimento Máx.

CDV: Máximo valor corregido deducido.

El PCI promedio, resulta ser el promedio de todos los PCI de cada unidad de muestra.

**d) Cálculo del PCI de la sección del pavimento**

Según Vásquez (2002), 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. Ahora bien, si 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:

$$PCIs = \frac{((N - A) * PCIR) + (A * PCIA)}{N}$$

Determinación del PCI de la sección

Fuente: Vásquez (2002)

**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.

**e) Clasificación de la vía**

La metodología PCI califica el índice de condición de pavimento de manera integral a base de una escala que varía desde “0” hasta “100”, donde “0” es para un pavimento fallado y “100” para un pavimento excelente, el cual nos permite evaluar cualitativamente la condición del pavimento (ver tabla 1) (Vásquez, 2002).

*Escala de calificación del método PCI*

<b>RANGO PCI</b>	<b>CALIFICACIÓN DEL ASFALTO</b>
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 (2002)

**f) Estrategia de conservación**

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

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

Por lo tanto, los tipos de mantenimiento en función al valor cuantitativo y cualitativo que establece el método PCI.

*Zonas de mantenimiento según valor PCI*

<b>ZONA DE</b>	
<b>MANTENIMIENTO Y</b>	<b>PCI</b>
<b>REHABILITACIÓN</b>	
MENOR	100 – 85
MENOR (RUTINARIO)	70 - 55
MAYOR (EFECTIVO)	
MAYOR (CORRECTIVO)	40
MAYOR (CORRECTIVO)	25 - 10
RECONSTRUCCIÓN	

Fuente: Jugo (2005)

Para establecer la diferencia entre los tipos de mantenimiento, Jugo (2005) indica: “Con la finalidad de hacer una diferenciación entre acciones de mantenimiento menor y mayor (...) se definen como acciones de mantenimiento menor aquellas que se aplican en áreas inferiores a 300 m<sup>2</sup>” (p.17)

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

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

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

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

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS**  
**VARIABLE INDEPENDIENTE: METODOLOGÍA PCI**

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEM	ESCALA DE MEDICIÓN	ESCALA	OPINIÓN DEL EXPERTO		
						SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES / SUGERENCIAS
VARIABLE INDEPENDIENTE METODOLOGÍA PCI	PCI	EXTENSION	2.3 KM AV. LAS TORRES	METROS CUADRADOS ( m2)	ORDINAL	X		
		SEVERIDAD	TABLA N° 4	BAJO(L) MEDIO(M) ALTO(H)	ORDINAL	X		
		TIPO	TABLA N° 3	TIPOS DE FALLAS	ORDINAL	X		
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	100-85 85-70 70-55 55-40 40-25 25-10 10-0	EXCELENTE MUY BUENO BUENO REGULAR MALO MUY MALO FALLADO	ORDINAL	X		



**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS**  
**VARIABLE DEPENDIENTE: CONSERVACIÓN DEL ASFALTO FLEXIBLE**

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEM	ESCALA DE MEDICIÓN		ESCALA	OPINIÓN DEL EXPERTO			
							SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES / SUGERENCIAS	
VARIABLE DEPENDIENTE CONSERVACIÓN DEL ASFALTO FLEXIBLE	ASFALTO FLEXIBLE	UNIDAD DE MUESTREO	$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N-1) + \sigma^2}$	NÚMERO MÍNIMO DE UNIDADES DE MUESTREO		ORDINAL	X			
		CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	mi=1.00 + 9/98 (100-HDVi)	NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS		ORDINAL	X			
		CALCULO DEL PCI	PCI = 100 - máx. CVD	ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO MÁX		ORDINAL	X			
		CALCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DEL PAVIMENTO		PCI DE LA SECCIÓN DEL PAVIMENTO		ORDINAL	X			
		CALIFICACIÓN DE LA VÍA	CARRETERA DE TERCERA CLASE	EXCELENTE MUY BUENO BUENO REGULAR MALO MUY MALO FALLADO		ORDINAL	X			
		ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN	2 KM DE LA AVENIDA LAS TORPES	ZONA DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN		PCI	ORDINAL	X		
				MENOR		100 - 85				
MENOR (RUTINARIO)				70 - 55						
MA YOR (EFECTIVO)										
MA YOR (CORRECTIVO)				40						
RECONSTRUCCIÓN		25 - 10								

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):**

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable  
[ ]

**Apellidos y nombres del juez validador Dr/Mg:**

**MG. EDMUNDO JOSE BARRANTES RIOS**

**DNI: 25651955**

**Especialidad del validador: METODOLOGO**

Lima, 5 de febrero del 2020

<sup>1</sup> **Pertinencia:** El item corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup> **Relevancia:** El item es apropiado para representar al componente o Dimensión específica del constructo.

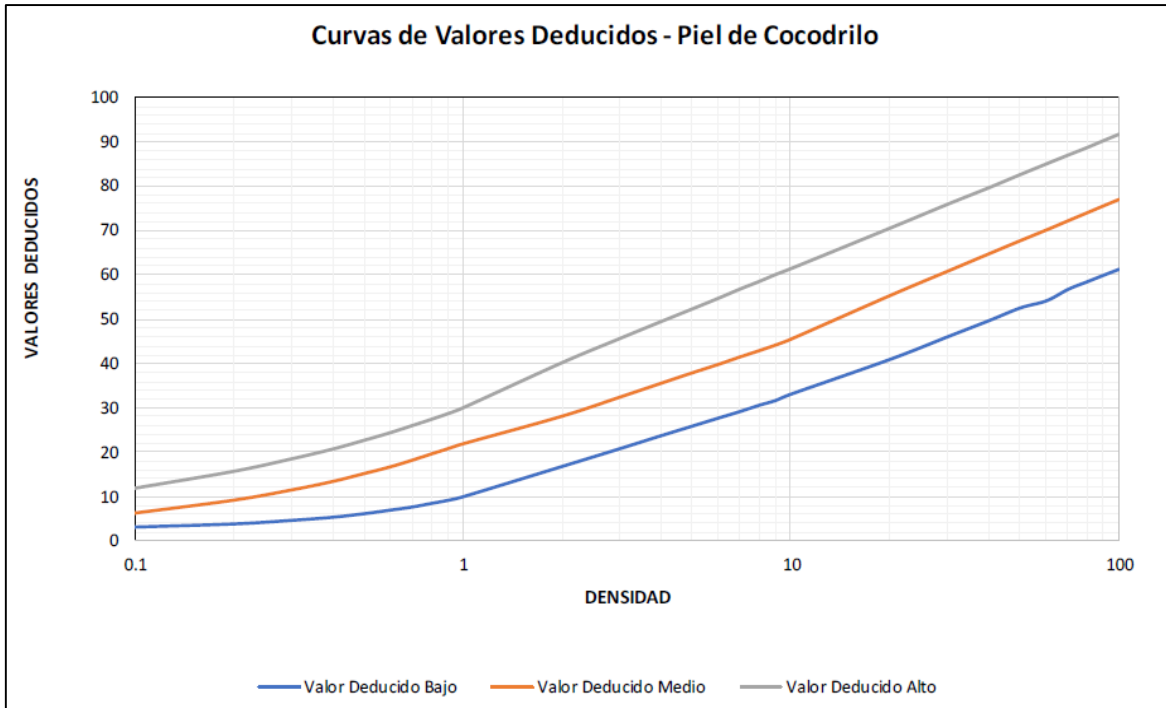
<sup>3</sup> **Claridad:** Se extiende sin dificultad alguna el anunciado del item, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ites planteados son Suficientes para medir la dimensión.



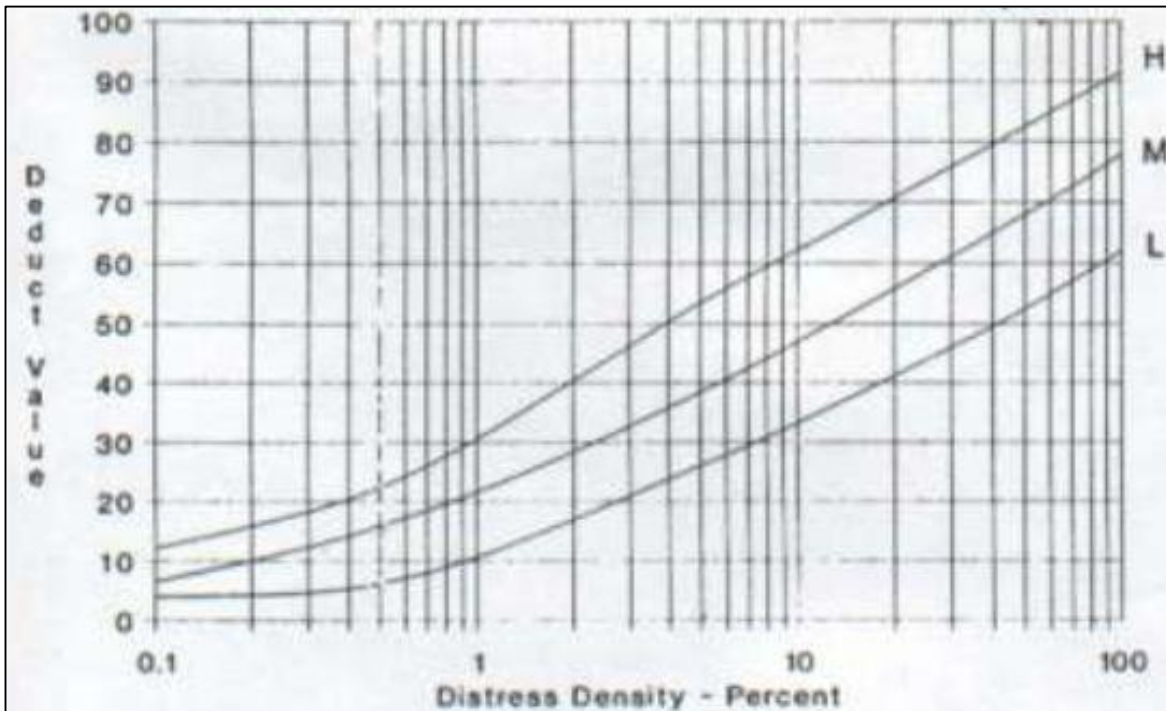
.....  
Firma del Validador

**Anexo 4: Curvas de valores deducidos para cada falla estudiada**  
**PIEL DE COCODRILO**



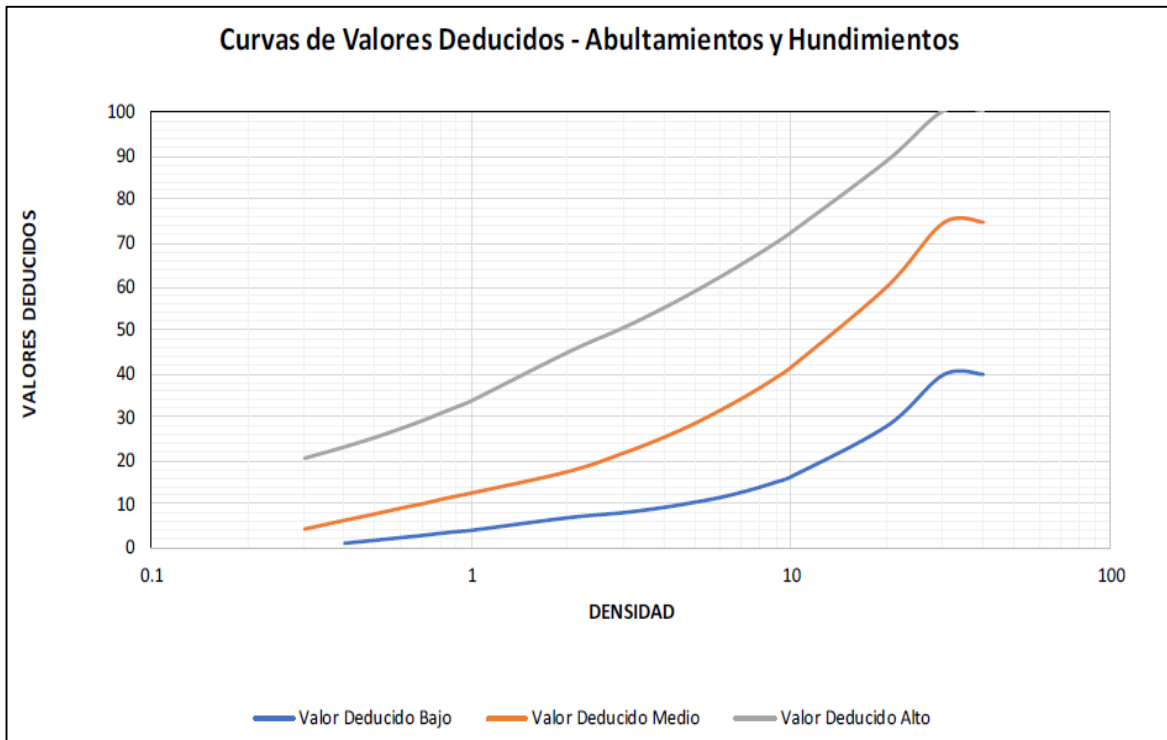
Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

**AGRIETAMIENTO**



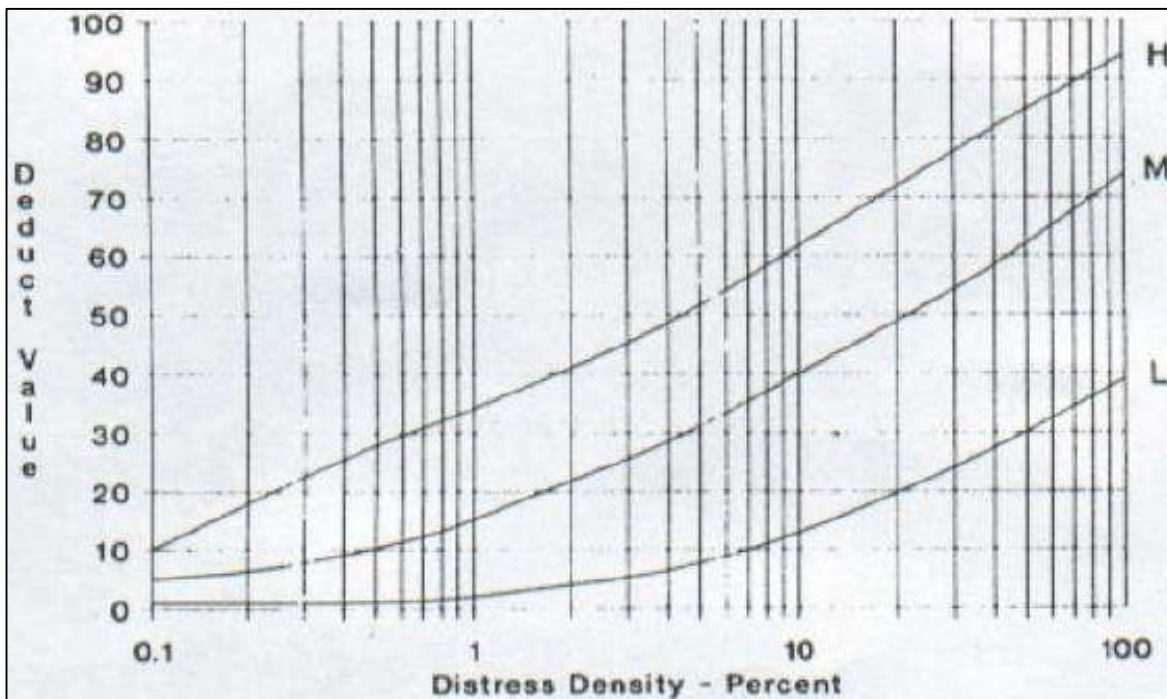
Fuente: Lope (2018)

## ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO



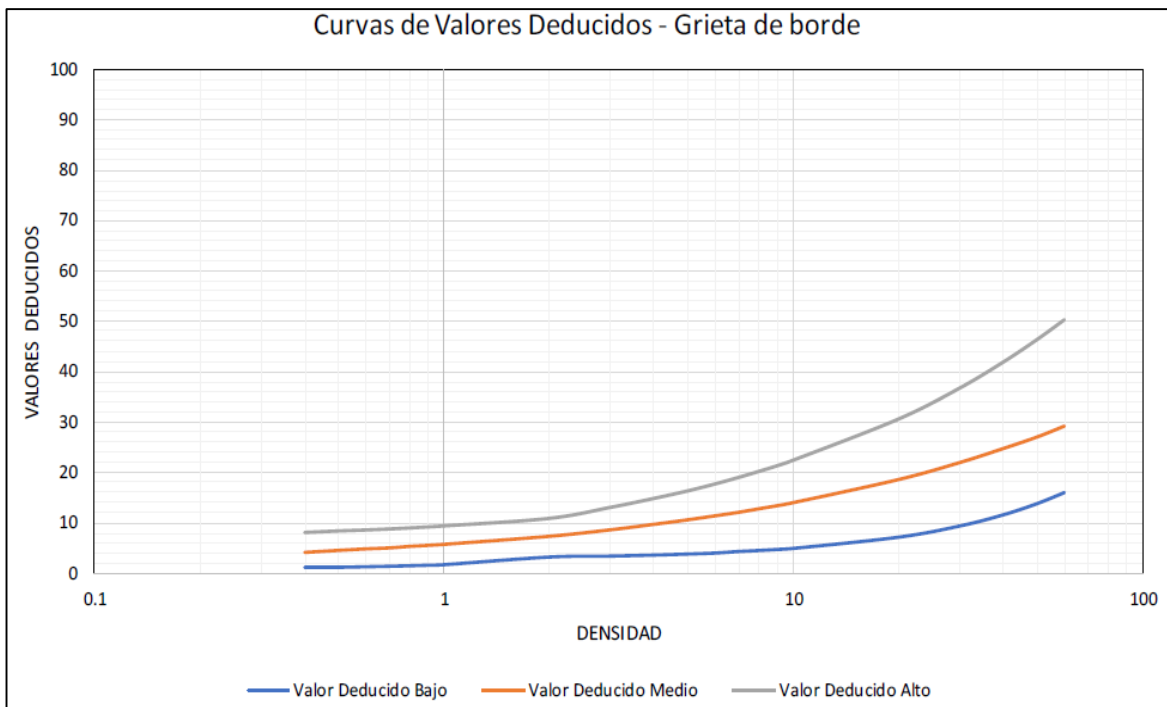
Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

## CORRUGACIÓN



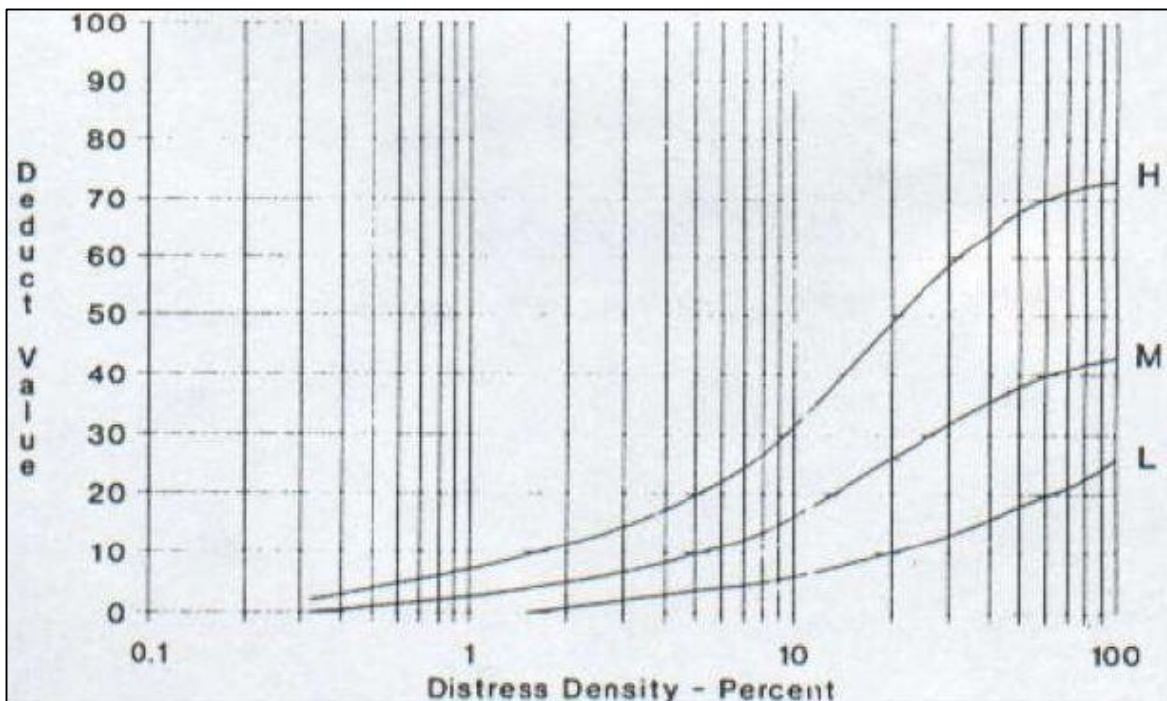
Fuente: Lope (2018)

## GRIETA DE BORDE



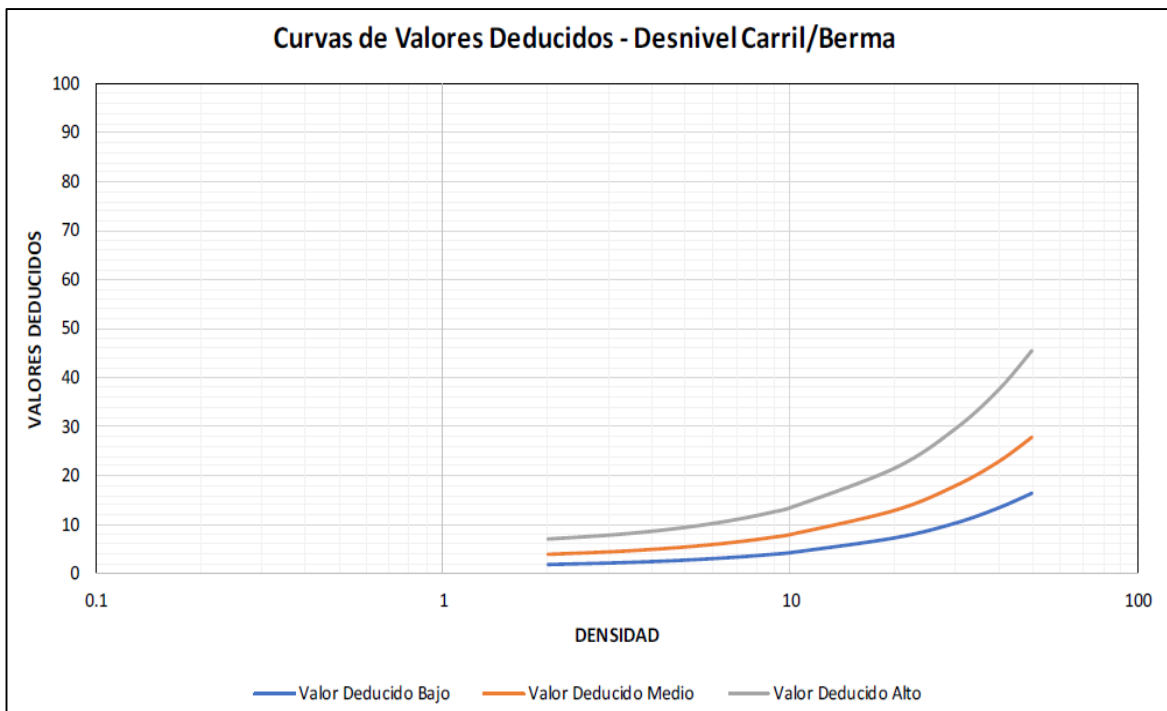
Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

## GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA



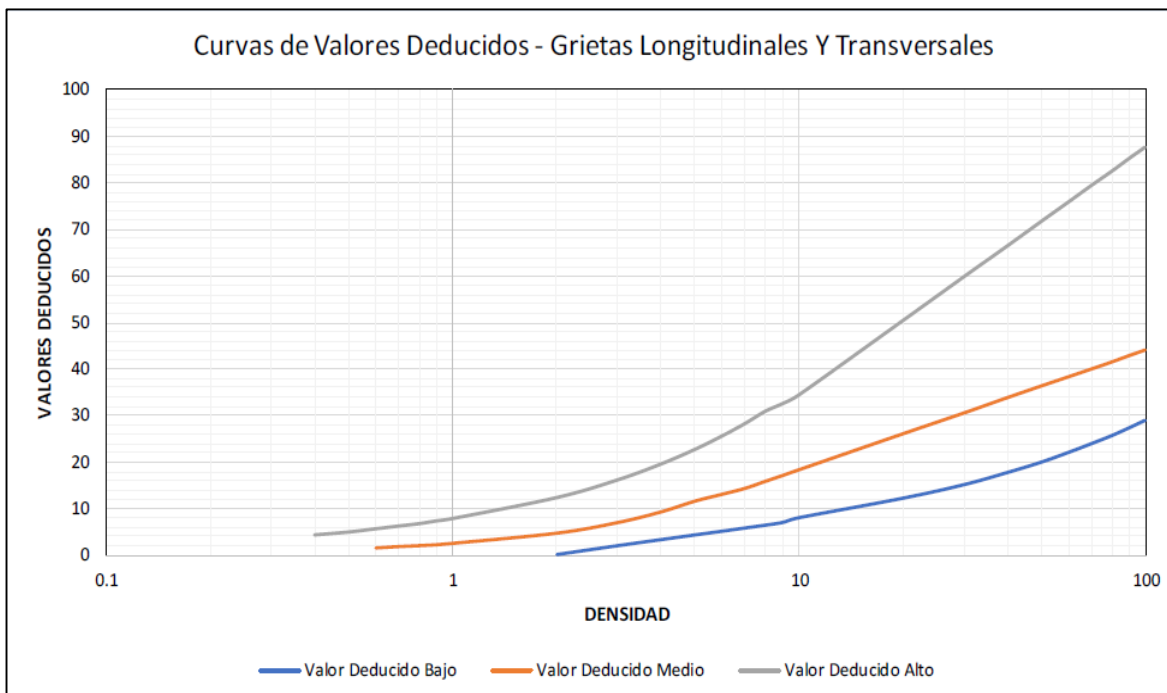
Fuente: Lope (2018)

## DESNIVEL DE CARRIL/BERMA



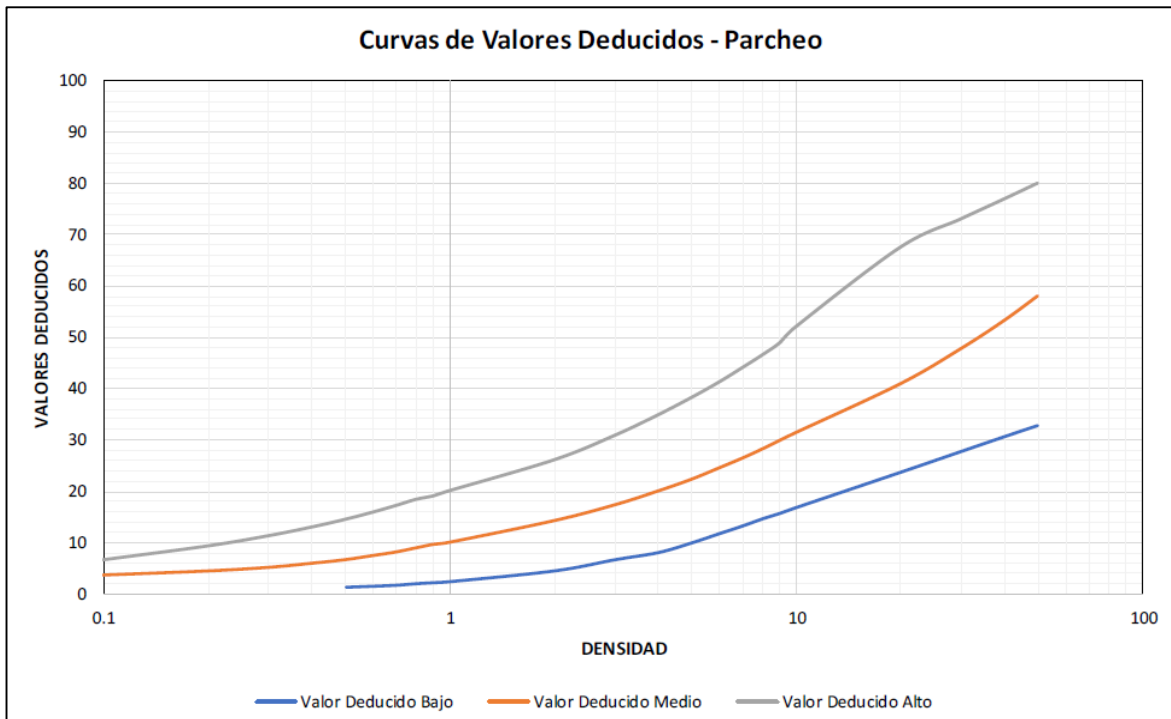
Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

## GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES



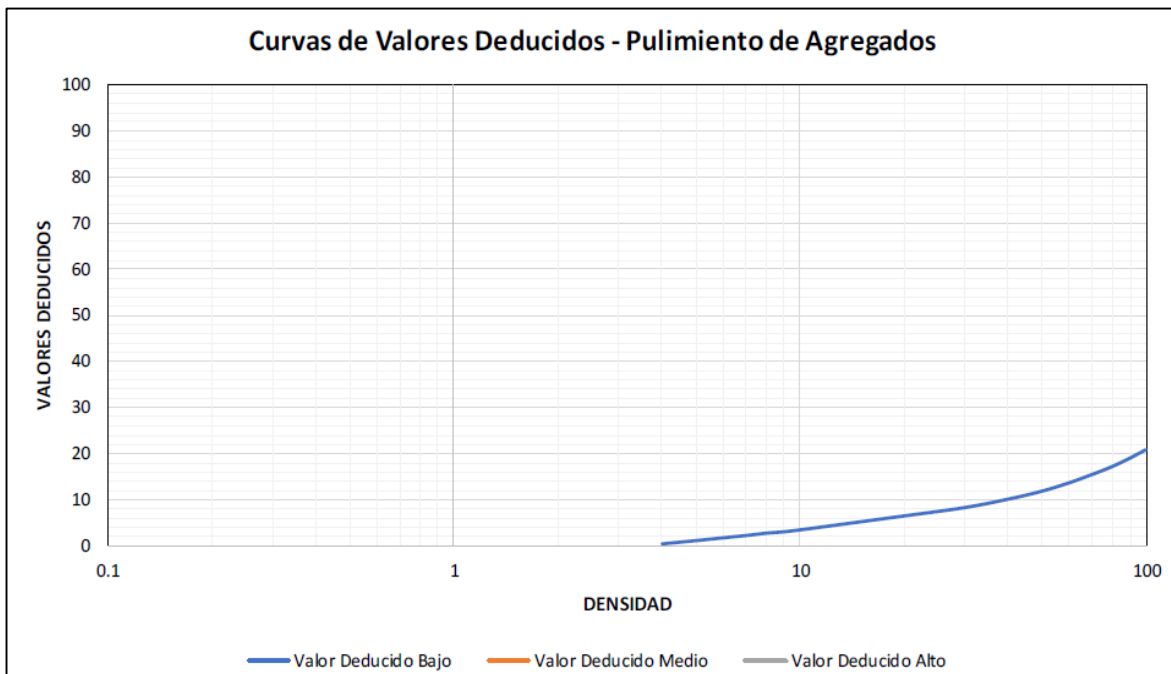
Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

## PARCHEO



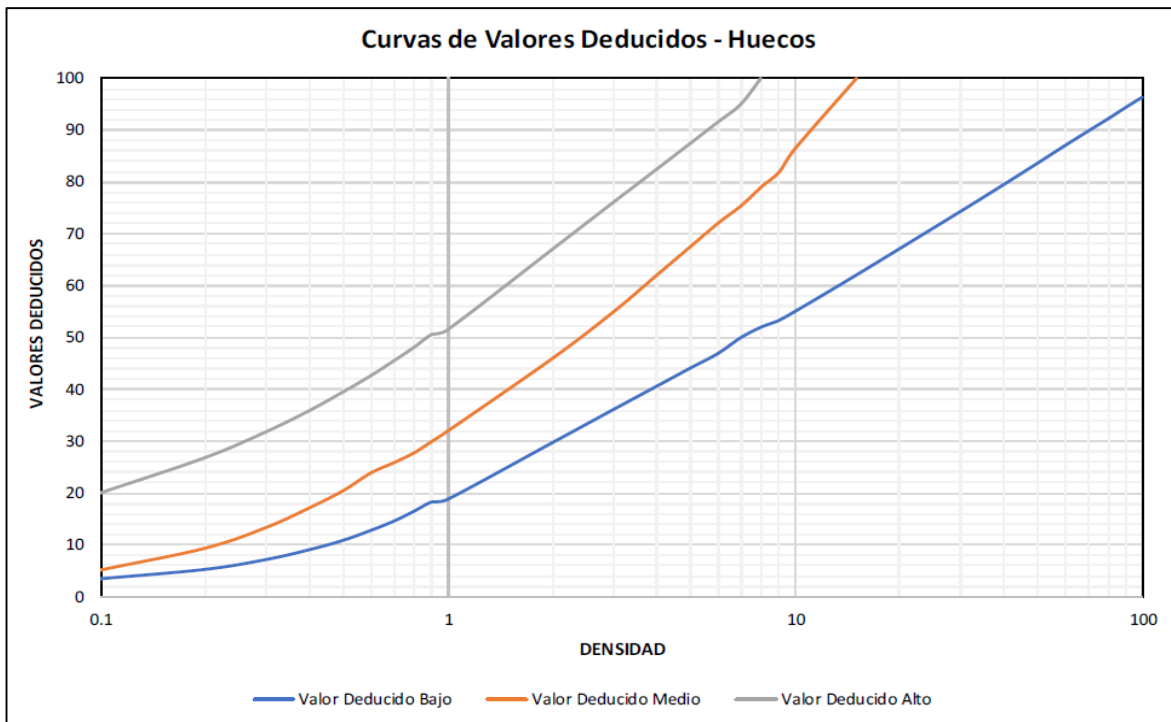
Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

## PULIMENTO DE AGREGADOS



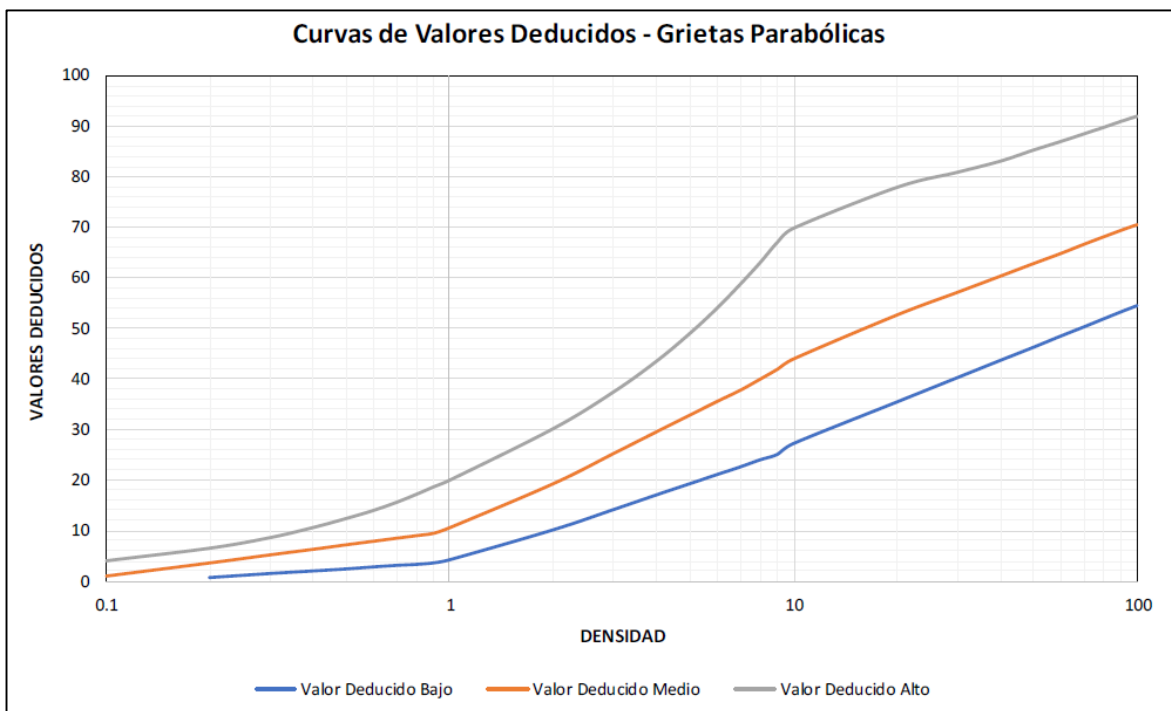
Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

## HUECOS



Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

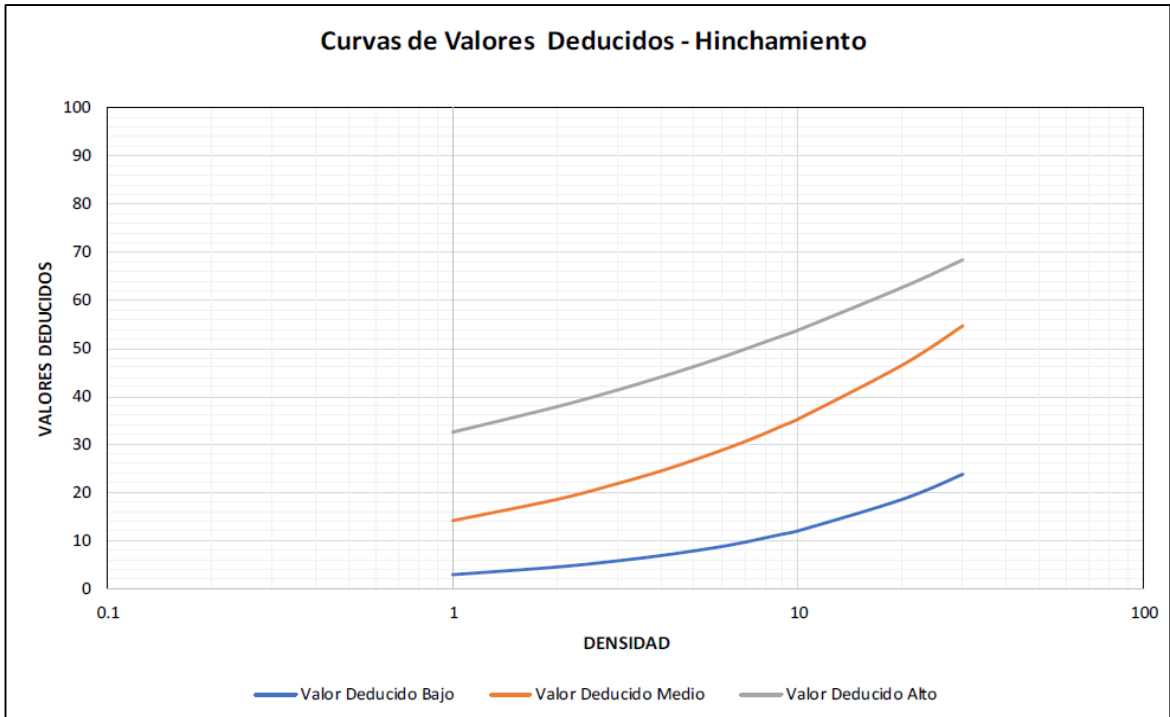
## GRIETA PARABÓLICA



Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

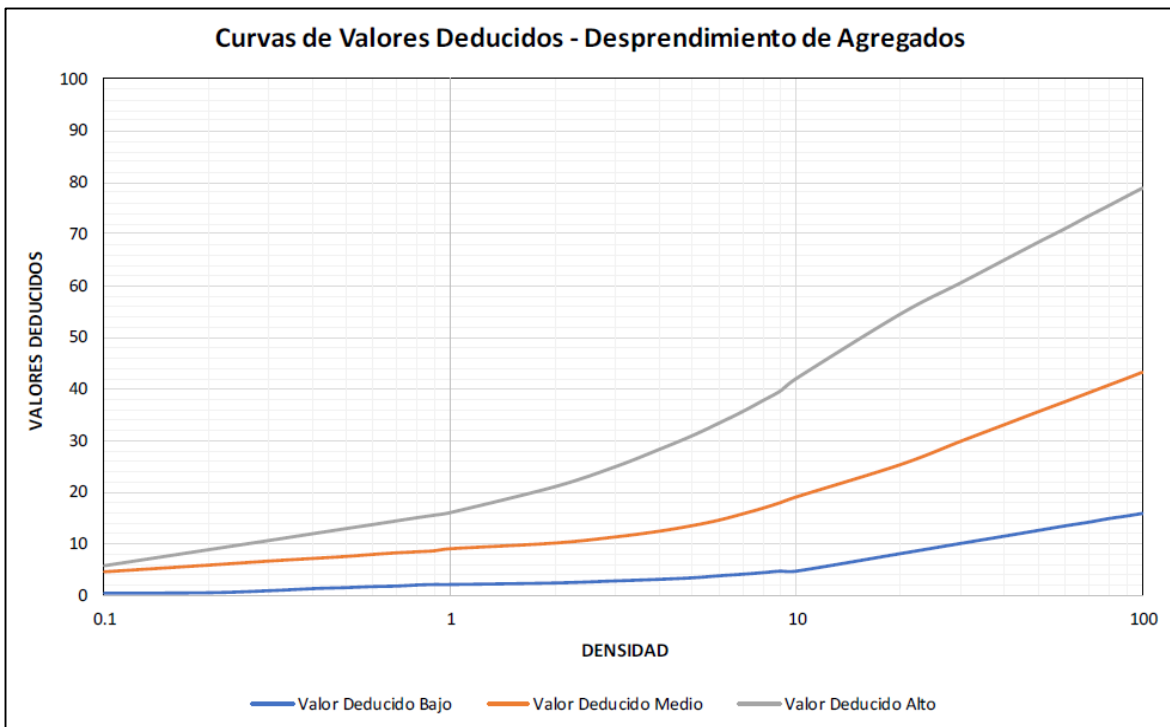


## HINCHAMIENTO



Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

## DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS



Fuente: Canturias y Watanabe (2017)

**Anexo 5: Fotos de las fallas más representativas del levantamiento en campo**



**Fallas tipo Piel de cocodrilo en el pavimento flexible estudiado**



**Fallas Grietas en bloque, longitudinales y hueco**



**Falla tipo “desprendimiento de agregados” del pavimento estudiado**



**Falla tipo “Abultamiento y hundimiento” del pavimento estudiado**



**Falla tipo “Grietas transversales y longitudinales” del pavimento estudiado**

## **Anexo 6: Propuesta de Intervención**

**“Estado de Conservación del Pavimento Flexible de la Avenida Las Torres en el distrito Lurigancho - Chosica Aplicando la Metodología PCI - 2019.”**

## INDICE GENERAL

- I. Resumen Del Proyecto
- II. Matriz de intervención
- III. Presupuesto de obra
- IV. cronograma de obra
- V. Panel Fotográfico



## **I. Resumen del Proyecto**

“ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA LAS TORRES EN EL DISTRITO LURIGANCHO - CHOSICA APLICANDO LA METODOLOGÍA PCI - 2019.”

### **1.1. Resumen**

En el capítulo del Marco Teórico se presenta en la figura N°6 que muestra la curva de deterioro del pavimento en función al tiempo de servicio y los valores del PCI, dentro de la curva se establecían 3 puntos importantes (A, B, C y D) siendo C el punto ubicado en el rango de PCI con valores entre 40-25 y definido como la “zona óptima Malo - Rehabilitación y Refuerzo Estructural” debido a que a partir de este punto se inicia el incremento acelerado del deterioro y quiebre.



La aplicación del método PCI del tramo 0+000 al tramo de 0+023 km que tiene la Avenida las Torres, sirvió para obtener el valor cuantitativo de la condición operacional que equivale a 37, este valor permite identificar que la vía en estudio se encuentra dentro del Punto c en la curva de deterioro y es necesario plantear con urgencia políticas efectivas de intervención para evitar que el deterioro se incremente y, por el contrario, mejorar la condición del estado actual hasta un nivel adecuado.


Según el Gráfico N°7, debido al valor del PCI calculado para la vía en estudio se debe realizar mantenimientos del tipo mayor correctivo, considerando que el mantenimiento menor incluye acciones que se aplican a pequeñas áreas localizadas del pavimento que no excedan los 300 m<sup>2</sup> (Jugo, 2005) y el mantenimiento mayor incluye trabajos que se aplican a toda el área de un tramo o al menos una sección importante de la vía. Teniendo en cuenta que las diferentes fallas identificadas en la vía se presentan cantidades mayores a los 300 m<sup>2</sup>, como se detalla en las siguientes tablas las alternativas de intervención que se realicen con mantenimientos del tipo mayor correctivo que contempla trabajos de intervención en las áreas localizadas de las fallas con técnicas de mantenimiento como tratamientos superficiales, capas asfálticas, remoción por fresado y reciclado.


## **1.2. Matriz de Intervención**


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


## **II. Tablas de Matriz consolidada de alternativas de intervención**



N°	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO	SEVERIDAD	ALTERNATIVAS	TIPO DE ESTRATEGIA	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
1	Grietas piel de Cocodrilo	<p>Se refiere a una serie de fisuras interconectadas causadas por la acción de la fatiga de la superficie del pavimento asfáltico sometida a repeticiones de carga o tráfico. Estas fisuras se conectan formando varios fragmentos de borde semejante al alambrado de un gallinero.</p>	Bajo Medio Alto	<p>-Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de agregado pétreo.</p> <p>-Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con lechada asfáltica.</p>	Realizar una rehabilitación y Refuerzo estructural	 

N°	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO	SEVERIDAD	ALTERNATIVAS	TIPO DE ESTRATEGIA	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
19	Desprendimiento de Agregados	<p>Se refiere al desgaste en la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico debido a una mezcla de baja calidad. Además estas pueden ser causados por el tráfico.</p>	Bajo Medio Alto	<p>- Perfilado o escarificación de la carpeta asfáltica existente.</p> <p>- Reposición con mezcla asfáltica en caliente (alta estabilidad).</p>	Realizar una rehabilitación y Refuerzo estructural	

N°	FALLAS		PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO	SEVERIDAD	ALTERNATIVAS	TIPO DE ESTRATEGIA	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
9	Desnivel de Carril/Berma		<p>Es la diferencia entre la elevación entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es ocasionada por la erosión de la berma.</p>	<p>Bajo Medio Alto</p>	<p>Realizar mantenimiento de sardineles contiguos (sellado de juntas)</p>	<p>Realizar una rehabilitación y Refuerzo estructural</p>	

N°	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO	SEVERIDAD	ALTERNATIVAS	TIPO DE ESTRATEGIA	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
11	Parcheo	Es un área del pavimento que ha sido reemplazado por un material nuevo en la superficie del pavimento. Por lo general alguna rugosidad está asociada con esta falla.	Bajo Medio Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escarificación del pavimento existente y reconstrucción parcial con base granular y carpeta o tratamiento asfáltico.</li> <li>- Mejoramiento condiciones de drenaje superficial y/o profundo (en combinación con alguna de las técnicas precedentes).</li> </ul>	Realizar una rehabilitación y Refuerzo estructural	

N°	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO	SEVERIDAD	ALTERNATIVAS	TIPO DE ESTRATEGIA	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
4	Abultamiento y Hundimiento	<p>Son desplazamientos pequeños localizados hacia arriba.</p> <p>Las causas pueden ser por el levantamiento de las losas de concreto, acumulación de material en una grieta en combinación con las cargas de tráfico</p>	Bajo Medio Alto	- Verificar y mejorar condiciones de drenaje, adoptar algunos de los tratamientos precedentes.	Realizar una rehabilitación y Refuerzo estructural	 

N°	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO	SEVERIDAD	ALTERNATIVAS	TIPO DE ESTRATEGIA	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
10	Grietas Longitudinales y Transversales	Estas grietas son paralelas al eje central del pavimento en que se construyó. Las causas pueden ser por las juntas de carril o debido a que las temperaturas del pavimento varían.	Bajo Medio Alto	Sellado de las grietas	Realizar una rehabilitación y Refuerzo estructural	 

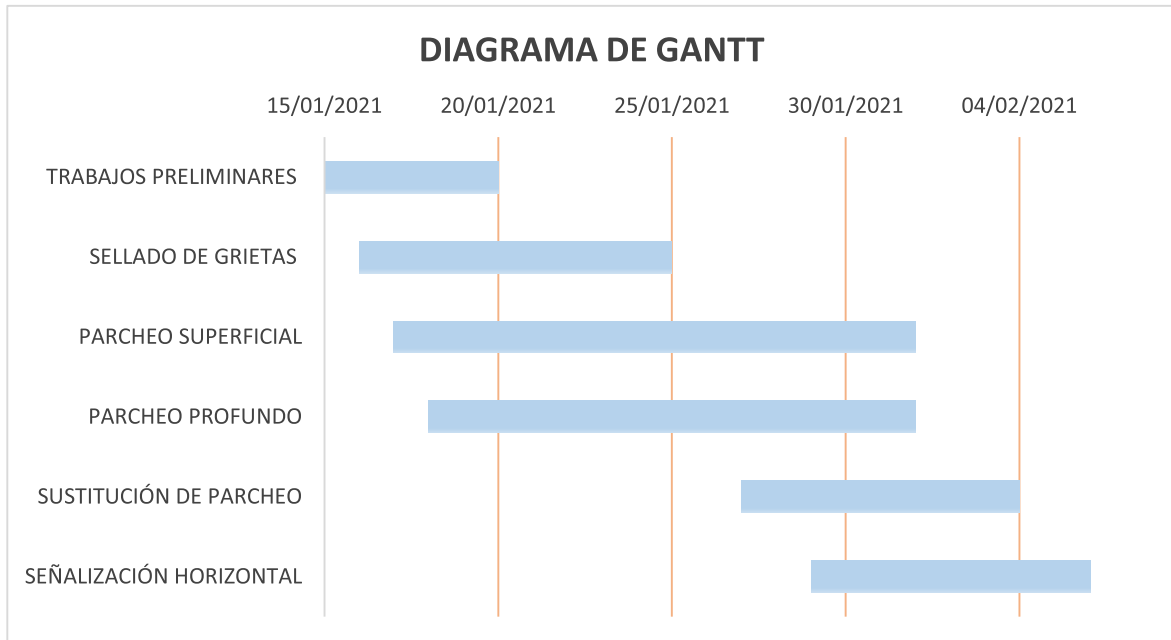


### III. Presupuesto de Mantenimiento y Rehabilitación de la Avenida Las Torres

PRESUPUESTO					
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
<b>1.00</b>	<b>MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE AV. LAS TORRES</b>				<b>118953.80</b>
<b>1.01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>4935.00</b>
1.01.01	LIMPIEZA GENERAL	M3	1550.00	2.70	4185.00
1.01.02	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	GLB	1.00	750.00	750.00
<b>1.02</b>	<b>SELLADO DE GRIETAS</b>				<b>10012.50</b>
1.02.01	LIMPIEZA DE GRIETAS	M	2250.00	1.20	2700.00
1.02.02	RIEGO DE LIGA EN GRIETAS	M	2250.00	1.45	3262.50
1.02.03	SELLADO DE GRIETAS CON CEMENTO ASFALTICO	M	2250.00	1.80	4050.00
<b>1.03</b>	<b>PARCHEO SUPERFICIAL</b>				<b>8289.50</b>
1.03.01	RETIRO DE CARPETA ASFÁLTICA 2"	M3	6.50	19.00	123.50
1.03.02	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION A NIVEL DE BASE C/COMPACTADORA 7HP	M2	205.00	7.50	1537.50
1.03.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	205.00	8.00	1640.00
1.03.04	RIEGO DE LIGA	M2	205.00	7.90	1619.50
1.03.05	PARCHEO CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	M3	6.45	500.00	3225.00
1.03.06	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINA	M3	6.00	24.00	144.00
<b>1.04</b>	<b>PARCHEO PROFUNDO</b>				<b>39219.90</b>
1.04.01	RETIRO DE CARPETA ASFÁLTICA 2"	M3	23.30	19.00	442.70
1.04.02	EXCAVACIÓN DE MATERIAL DE BASE E=0.20m	M3	90.00	32.00	2880.00
1.04.03	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION DE SUBBASE C/COMPACTADORA 7HP	M2	462.00	6.35	2933.70
1.04.04	SUMINISTRO, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR E=0.20M	M2	92.00	83.00	7636.00
1.04.05	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	205.00	7.50	1537.50
1.04.06	RIEGO DE LIGA	M2	205.00	8.00	1640.00
1.04.07	PARCHEO CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	M3	37.00	526.00	19462.00
1.04.08	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINA	M3	112.00	24.00	2688.00
<b>1.05</b>	<b>SUSTITUCIÓN DE PARCHEO</b>				<b>38956.90</b>
1.05.01	DEMOLICION DE PARCHEO EXISTENTE	M3	38.65	19.00	734.35
1.05.02	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION A NIVEL DE BASE C/COMPACTADORA 7HP	M2	825.00	6.35	5238.75
1.05.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	825.00	7.50	6187.50
1.05.04	RIEGO DE LIGA	M2	825.00	7.90	6517.50
1.05.05	PARCHEO CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	M3	38.70	500.00	19350.00
1.05.06	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINA	M3	38.70	24.00	928.80
<b>1.06</b>	<b>SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL</b>				<b>17540.00</b>
1.06.01	PINTURA DE TRÁFICO LINEALES (E=0.10 - 0.20 M)	M	1340.00	12.00	16080.00
1.06.02	SEÑALES EN PISO (FLECHAS DIRECCIONALES)	UND	25.00	58.40	1460.00
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>118953.80</b>
	GASTOS GENERALES 10%				11895.38
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>130849.18</b>
	IGV 18%				23552.8524
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>154402.03</b>

Finalmente, el mantenimiento y rehabilitación propuesto para la Avenida Las Torres requerirán de un presupuesto de S/. 154,402.03 para lograr que la vía cumpla con el nivel de transitabilidad que beneficiara a la población y a los usuarios, estos mantenimientos se deben realizar en horarios donde la circulación vehicular es menor.

#### IV. Cronograma de Mantenimiento y Rehabilitación de la Avenida Las Torres



## Anexo 7: Panel Fotográfico

