

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO MEDIANTE
EL MÉTODO PCI EN AVENIDA LA MARINA, SECTOR LAS
DELICIAS, DISTRITO DE MOCHE, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA
LIBERTAD - 2021”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Bach. CARLOS EDUARDO CENTENO BARBA

Bach. JOSEPH ENMANUEL MÉNDEZ MÉNDEZ

Bach. VICTOR MANUEL RAMIREZ TORRES

ASESOR:

TRUJILLO – PERÚ

2021

HOJA DE FIRMAS

**EVALUACIÓN DE SUPERFICIE DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MÉTODO PCI
EN AVENIDA LA MARINA, SECTOR LAS DELICIAS, DISTRITO DE MOCHE,
PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD - 2021**

Autores:

Bach. Carlos Eduardo Centeno Barba

Bach. Joseph Enmanuel Méndez Méndez

Bach. Victor Manuel Ramirez Torres

Ing. Enrique Durand Bazán
PRESIDENTE

Ing. Guido Marín Cubas
SECRETARIO

Ing. Javier Galarreta Malaver
VOCAL

DEDICATORIA

A mi madre:

Lucy Barba, por su incondicional apoyo, dedicación y tiempo que infundieron en mí las ganas de superarme, y alcanzar mis metas y objetivos.

A mis hermanos:

Maryorie, Daniela, Jemima y Josué, por su afecto, y consejos, y de no permitirme flaquear en los malos momentos.

Bach. Carlos Eduardo Centeno Barba

DEDICATORIA

Con mucho cariño para mis queridos padres quienes han estado conmigo en todo momento apoyándome incondicionalmente en todo lo necesario para cumplir con mis objetivos proyectados a nivel académico a si mismo por enseñarme a cultivar buenos valores en mi vida.

A mi esposa, mis hijos y hermanos por su paciencia, su motivación y apoyo para mi realización como profesional

A Dios Todopoderoso y su infinito poder, por haberme dado la sabiduría para poder discernir y diferenciar lo malo de lo bueno, así mismo para darme la capacidad para haber tenido una formación educativa de acorde a lo que me había planteado en todo lo largo de mi vida.

Bach. Joseph Enmanuel Méndez Méndez

DEDICATORIA

A mi querida familia, por todo el apoyo a mi persona en cada paso, por poner las palabras y pensamientos propicios para no rendirme y ser constante. Por ayudarme a lograr mis metas y objetivos personales, del mismo modo por ser mi fuente de valores y principios que tanto me han ayudado en mi día a día.

Cada paso que he concretado, ha sido gracias a su apoyo. Mi querida familia, a ustedes es a quienes va esta dedicatoria, siempre los aguardaré en mi alma.

Bach. Victor Manuel Ramirez Torres

AGRADECIMIENTO

Hemos acabado una etapa más en nuestras vidas de forma satisfactoria, por lo cual estamos muy agradecidos con Dios, por habernos permitido cumplir con este reto, ya que siempre nos guardó y ayudó a perseverar en los momentos duros y arduos, manteniéndonos firmes en nuestra ansiada meta.

Agradecemos también por habernos brindado la oportunidad de lograr esta meta, a nuestra universidad, nuestra alma mater, la Universidad Privada de Trujillo, ya que nos abrió la puerta a un mundo de oportunidades, formándonos profesionalmente a un nivel competitivo; cuya labor no podría haberse dado sino fuera por la ayuda de nuestros docentes, a quienes les estamos agradecidos por sus enseñanzas, consejos y conocimientos, por compartir con nosotros, su experiencia como profesionales, preparándonos así para lo que ha de venir en nuestras vidas profesionales.

Finalmente, y no menos importante, agradecer a nuestros compañeros de clase y amigos, nuestros futuros colegas, por las experiencias compartidas en este trayecto de nuestras vidas a lo largo de este quinquenio académico.

ÍNDICE DE CONTENIDO

HOJA DE FIRMAS	<i>i</i>
DEDICATORIA	<i>ii</i>
AGRADECIMIENTO	<i>v</i>
ÍNDICE DE CONTENIDO	<i>vi</i>
INDICE DE TABLAS	<i>x</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>xii</i>
ÍNDICE DE GRÁFICOS	<i>xiii</i>
RESUMEN	<i>xiv</i>
ABSTRACT	<i>xv</i>
I. INTRODUCCIÓN	<i>16</i>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	<i>16</i>
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	<i>17</i>
1.3. JUSTIFICACIÓN	<i>17</i>

1.4.	OBJETIVOS	18
1.4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	18
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.5.	ANTECEDENTES.....	19
1.6.	BASES TEÓRICAS	22
1.6.1.	PAVIMENTO.....	22
1.6.1.1.	CLASIFICACION DE PAVIMENTOS	23
1.6.1.2.	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	24
1.6.1.3.	CRITERIOS QUE DEBE CUMPLIR LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE	26
1.6.1.4.	CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS	26
1.6.1.5.	FALLAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	29
1.6.1.5.1.	TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTOS	30
1.6.1.5.1.1.	FALLA SUPERFICIAL	31
1.6.1.5.1.2.	FALLA ESTRUCTURAL.....	31
1.6.1.6.	MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DEL PAVIMENTO	32
1.6.1.6.1.	MANTENIMIENTO PERIÓDICO	33
1.6.1.6.2.	MANTENIMIENTO RUTINARIO	34
1.6.1.7.	EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	34
1.6.1.7.1.	EVALUACION ESTRUCTURAL.....	35
1.6.1.7.2.	EVALUACION SUPERFICIAL	35

1.6.2.	MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL PCI.....	35
1.6.2.1.	TIPOS DE DAÑOS EN SUPERFICIE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	36
1.6.2.2.	ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI).....	39
1.6.2.3.	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICION DEL PAVIEMNTO 40	
1.6.2.4.	UNIDAD DE MUESTREO	40
1.6.2.5.	CALCULO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE UNIDADES DE MUESTRAS 41	
1.6.2.6.	CÁLCULO DE VALORES DEDUCIDOS.....	42
1.6.2.7.	CALCULAR MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS	43
1.6.2.8.	CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DEL PAVIMENTO	45
1.6.2.9.	CÁLCULO DEL PCI DE LA UNIDAD RESTANTE DE 100 EL MÁXIMO CDV OBTENIDO 45	
1.7.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	46
1.8.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	47
1.9.	PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL.....	47
II.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	48
2.1.	MATERIALES	48
2.1.1.	MATERIALES	48
2.2.	MATERIAL DE ESTUDIO.....	48
2.2.1.	POBLACIÓN.....	48

2.2.2.	MUESTRA.....	49
2.3.	TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.....	52
2.3.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS	52
2.3.2.	PROCESAMIENTO DE DATOS	53
III.	RESULTADOS	56
IV.	DISCUSIÓN.....	86
V.	CONCLUSIONES.....	90
VI.	RECOMENDACIONES.....	92
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Rangos de clasificación del PCI.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 2: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 3: Formato para obtener el valor máximo deducido.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 4: Materiales de gabinete y campo a usar</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 5: Operación de variables.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 6: Unidad de muestreo 01</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 7: Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM01.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 8: Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM01.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 9: Unidad de muestreo 04</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 10: Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM04.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 11: Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM04.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 12: Unidad de muestreo 07</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 13: Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM07.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 14: Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM07.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 15: Unidad de muestreo 10</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 16: Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM10.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 17: Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM10.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 18: Unidad de muestreo 13</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 19: Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM13.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 20: Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM13.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 21: Unidad de muestreo 19</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 22: Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM19.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 23: Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM19.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 24: Unidad de muestreo 22</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 25: Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM22.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 26: Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM22.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 27: Unidad de muestreo 25</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 28: Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM25.....</i>	<i>75</i>

<i>Tabla 29: Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM25.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 30: Unidad de muestreo 28</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 31: Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM28.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 32: Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM28.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 33: Resumen de datos de tablas</i>	<i>81</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Sección Transversal de un pavimento rígido</i>	23
<i>Figura 2: Sección Transversal de un pavimento Flexible</i>	24
<i>Figura 3: Ciclo de vida fatal de un pavimento</i>	27
<i>Figura 4: Ciclo de vida deseable de un pavimento flexible</i>	28
<i>Figura 5: Etapas de deterioro del pavimento flexible</i>	28
<i>Figura 6: Curvas para hallar el valor deducido corregido flexible</i>	42
<i>Figura 7: Ubicación de vía en estudio</i>	48
<i>Figura 8: Diseño de investigación</i>	49
<i>Figura 9: Intervalo de muestras a analizar</i>	50
<i>Figura 10: VD en falla de tipo 13 en UM01</i>	57
<i>Figura 11: VD en falla de tipo 15 en UM01</i>	57
<i>Figura 12: VDC en UM01</i>	58
<i>Figura 13: VD en falla de tipo 1 en UM04</i>	60
<i>Figura 14: VD en falla de tipo 12 en UM04</i>	61
<i>Figura 15: VDC en UM04</i>	61
<i>Figura 16: VD en falla de tipo 7 en UM07</i>	63
<i>Figura 17: VDC en UM07</i>	64
<i>Figura 18: VD en falla de tipo 4 en UM10</i>	66
<i>Figura 19: VD en falla de tipo 12 en UM10</i>	67
<i>Figura 20: VDC en UM10</i>	68
<i>Figura 21: VD en falla de tipo 3 en UM13</i>	70
<i>Figura 22: VD en falla de tipo 1 en UM13</i>	70
<i>Figura 23: VCD en UM13</i>	71
<i>Figura 24: VD en falla de tipo 1 en UM19</i>	73
<i>Figura 25: VDC en UM19</i>	74
<i>Figura 26: VD en falla de tipo 9 en UM22</i>	76
<i>Figura 27: VDC en UM22</i>	77
<i>Figura 28: VD en falla de tipo 9 en UM25</i>	79
<i>Figura 29: VD en falla de tipo 11 en UM25</i>	80
<i>Figura 30: VDC en UM25</i>	80

<i>Figura 31: VD en falla de tipo 9 en UM28</i>	82
<i>Figura 32: VD en falla de tipo 11 en UM28</i>	83
<i>Figura 33: VD en falla de tipo 1 en UM28</i>	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Tipo de falla encontrada en pavimento</i>	85
<i>Gráfico 2: Densidad de fallas</i>	86
<i>Gráfico 3: Estado de superficie de pavimento en unidades de muestreo</i>	86
<i>Gráfico 4: Estado de superficie de pavimento en unidades de muestreo</i>	87
<i>Gráfico 5: Cantidad de U.M. en estado de pavimento</i>	87

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene por objetivo evaluar el estado operacional de la superficie del pavimento en la avenida La Marina, determinar su PCI, dando consigo una propuesta alternativas de intervención que permitan mejorar la condición operacional o estado del pavimento de la vía, considerando que esta vía es puesta a la servidumbre del transporte público zonal, que en este último quinquenio, ha tenido un crecimiento considerable; tomando así día a día, una presencia constante en este tramo de vía.

Para definir adecuadamente las alternativas de intervención, se realizó previamente la evaluación del pavimento mediante la aplicación del método Pavement Condition Index (PCI) basado a la Norma ASTM D6433-07, siguiendo la siguiente secuencia de trabajo: Primeramente, se elabora el levantamiento de información en campo donde se registran las cantidades, los tipos y severidades de cada falla existente; En segundo lugar, se realiza el cálculo del valor del PCI para las Unidades de Muestra y posteriormente para toda la sección en estudio, calificamos el estado del pavimento en función a su índice obtenido.

Cerrando con las alternativas de intervención propuestas para cada falla encontrada en la evaluación; Anexando los resultados obtenidos del análisis e interpretación de los resultados.

Palabras Claves: Fallas de pavimento, PCI, pavimento flexible.

ABSTRACT

The objective of this thesis work is to evaluate the operational state of the pavement surface on La Marina avenue, determine its Pavement Condition Index (PCI), giving with it an alternative intervention proposal to improve the operational condition or state of the pavement. of the road, considering that this road is put to the easement of the zonal public transport, which in this last five years, has had a considerable growth; thus taking day by day, a constant presence on this section of track.

To adequately define the intervention alternatives, the

Pavement evaluation through the application of the Pavement Condition Index (PCI) method based on the ASTM D6433-07 Standard, following the following sequence of work: First, the information is collected in the field where the quantities, types and severities are recorded. of each existing fault; Second, the PCI value is calculated for the Sample Units and later for the entire section under study, we rate the condition of the pavement based on its obtained index.

Closing with the proposed intervention alternatives for each flaw found in the evaluation; Attaching the results obtained from the analysis and interpretation of the results.

Keywords: Pavement Failures, PCI, Flexible pavement

I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Los pavimentos flexibles y rígidos, existen en nuestro entorno hace más de un siglo, y puesto que han sido de alta utilidad y ayuda para el desarrollo económico y social de las diversas comunidades, distritos, ciudades y regiones de cada país del mundo, se han vuelto objeto de constante estudio, mejora, desde sus procesos constructivos, composición, tanto que se han dado hasta nuevas propuestas de pavimentos. No obstante, al haberse diseñado y construido para un cierto periodo de operatividad, se presupuesta siempre dentro de los gastos incurridos para el perfecto funcionamiento de los pavimentos rígidos y flexibles, un concepto de mantenimiento destinado a los mismo cada cierto periodo de tiempo, y a pesar, de que los cálculos y diseños nos muestran generalmente que dichos periodos de mantenimiento son apropiados y correctos, en la realidad, se puede ver reflejado desperfectos de los pavimentos flexibles y rígidos, ya sea por incidencia del clima de la zona, temperatura, o componentes asfálticos asignados inadecuadamente al pavimento flexible, o, lo mismo en mezclas de concreto para los pavimentos rígidos, o el sobre esfuerzo que llega a darse a la carpeta de rodadura con un tráfico vehicular con un peso para el que no fue diseñado; estos desperfectos que llegan a ser notables a la vista, producen de manera progresiva un daño a los mismos vehículos que transitan sobre las vías con dichos desperfectos, y en el peor de los casos, impiden el tránsito de los mismos. Por ello, se han desarrollado métodos de estudio de los pavimentos flexibles y rígidos, con los cuales se busca definir el estado de conservación y/o fallas o patologías existentes en el objeto de estudio.

Dentro de la vida útil del pavimento, las diferentes fallas que se producen en él, son dadas por diferentes factores; por lo general se deja de dar el mantenimiento continuo del pavimento en su debido tiempo, lo que desencadena un alza en el costo del mismo o en su defecto, se llega a requerir una rehabilitación de la carpeta completa, por la falta o destiempo en la aplicación de dicho mantenimiento.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la evaluación de la superficie del pavimento usando el método del PCI en avenida La Marina, Sector Las Delicias, Distrito de Moche, Provincia de Trujillo, ¿La Libertad para el año 2021?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las diferentes fallas generadas dentro de la vía, dan pie a un progresivo deterioro de la carpeta de rodadura, lo que, a su vez, ocasiona paulatinamente desperfectos en el parque automotor que lo transita. Aparte de evaluar las fallas del pavimento utilizando como forma de evaluación, el método del PCI, una de las finalidades de esta investigación es proponer alternativas de mantenimiento y/o rehabilitación, según amerite la vía, desde una problemática existente y veraz, que se notará y constatará con este trabajo de investigación, dando así goce y disfrute a los moradores de la zona, cerca de ésta vía, también ayudará al cómodo desarrollo de las actividades del transporte público de la zona, puesto que ese tramo de vía forma parte del recorrido de dicho transporte.

La elaboración de una rehabilitación o mantenimiento del pavimento, de una vía que lo requiere, ayuda a economizar futuros gastos por no haber proporcionado los mismos en el momento oportuno.

De nuestra consideración, esta investigación da un aporte al distrito de Moche, ya que la Municipalidad Distrital de Moche cuenta con un fondo de mantenimiento de vías, y con esta investigación, se podrá dar objetivamente, el tratamiento que amerite el pavimento de la vía en estudio.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la superficie del pavimento mediante el método PCI en avenida La Marina, Sector Las Delicias, distrito de Moche, provincia de Trujillo, la libertad – 2021.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Efectuar un inventario de los tipos de falla encontrados.
2. Precisar el nivel de severidad de las fallas inventariadas.
3. Determinar en cada muestra seleccionada el índice de condición del pavimento.
4. Proporcionar alternativas de mantenimiento preventivo y/o correctivo necesarias en la superficie del pavimento que se va a analizar.

1.5. ANTECEDENTES

Pinedo (2017), para obtener el título profesional de Ingeniero Civil presenta su tesis titulada *“Evaluación superficial de la avenida la cultura en el distrito de wanchaq-cusco a través del método del PCI”*, teniendo como objetivo realizar la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía mencionada aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente.

Se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, valor que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

Se determinó que el 100 por ciento de la vía no ha sido evaluado; por lo tanto, con la aplicación de la metodología PCI, identificando los parámetros de evaluación, determinando el índice de condición y obteniendo la condición del pavimento, finalmente se puede realizar la evaluación superficial del pavimento para obtener el estado de conservación de la vía en estudio. Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método Pavement Condition Index, se conoce que el estado de conservación de la Av. La Cultura es “Bueno” con un PCI de 63 para la sección 1 y para la sección 2 de 46. Este trabajo de investigación nos ayudará a precisar el nivel de daños encontrados en el pavimento en estudio.

Rabanal (2014, P. 9-10), según su trabajo de investigación de tesis, para optar el título de Ingeniero Civil: *“Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca – 2014”*, consiste en el empleo del índice PCI (Present Condition Index), Para llegar a dicho índice, se llevó a cabo una inspección visual detallada en toda la superficie

del pavimento y sus elementos del drenaje y se recopiló la limitada información existente procedente del proyecto vial ejecutado, el historial de la carretera y el tráfico que la solicita. Esta investigación nos ayudará a delimitar nuestra vía en base a los criterios adoptados por el investigador; ya que guarda relación con aspectos de nuestro proyecto.

Quintana (2018, P. 14-15, 36), en su trabajo de investigación de tesis: *“Aplicación del método Índice de Condición del Pavimento para evaluar la superficie de rodadura de la carretera Reque – Puerto Eten”*, afirma que su proyecto consiste en emplear la metodología del PCI (Present Condition Index), para hacer una evaluación superficial de la carretera asfáltica Reque - Puerto Eten, metodología que viene siendo muy empleada en diferentes países de América Latina ; tiene dentro de sus objetivos específicos, evaluar la superficie de rodadura, para así dictaminar el estado de la misma y formular alternativas de mantenimiento para la vía existente. Esta tesis nos brinda un enfoque de análisis que como investigadores, que nos ayuda a sintetizar nuestro trabajo de forma más técnica y práctica, por lo cual lo hemos considerado en nuestros antecedentes.

Robles (2015), en su tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil denominada: *“Cálculo del índice de condición del Pavimento (PCI) Barranco – Surco - Lima”*, el objetivo principal que plantea este trabajo de investigación es determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N° 8 a partir de la determinación y evaluación de las patologías del pavimento basado en la Norma ASTM D6433-07.

Determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Prolongación de

la Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N° 11 a partir de la determinación y evaluación de las patologías del pavimento basado en la Norma ASTM D6433-07. La presente tesis, se apoyará en las definiciones y temas que se expresan en este trabajo de investigación, que consideramos vitales para dar un enfoque de análisis, tales como el ciclo de vida de los pavimentos, entre otros.

Morales (2019), en su tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil denominada “*Comparación de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de fallas del pavimento flexible de la Avenida Aviación de la ciudad de Juliaca*”, tuvo como objetivo determinar el estado de condición del pavimento flexible de la avenida Aviación de la ciudad de Juliaca para poder desarrollar la alternativa de solución que fuera necesaria.

MIV (2013) menciona que, los años en calzadas pueden clasificarse en dos grandes categorías: daños estructurales y daños superficiales. Se llevó a cabo un estudio netamente superficial es decir en las fallas funcionales. La evaluación de las fallas de la avenida aviación se realizó mediante dos metodologías de inspección visual; PCI (Índice de Condición del Pavimento) y VIZIR (Visión e Inspección de Zonas e Itinerarios en Riesgo). Se evaluó una longitud total de 1400m, divididas en 45 unidades de muestreo; así mismo, se calificó mediante las fichas catalogadas por cada método complementándose con el ensayo de lavado de asfalto.

Mediante la aplicación de ambas metodologías se obtuvo resultados similares, con lo cual se obtuvo resultados similares, con lo cual se pudo identificar el tratamiento requerido por la vía; por lo tanto, según el método PCI el pavimento se encuentra en una condición MUY BUENA con un 76% y mediante el método VIZIR el pavimento se encuentra en un estado BUENO con un 91%. Así mismo, la falla más predominando fue el Pulimiento de Agregados. Ponemos en mención este trabajo de investigación porque expone un método más de estudio del pavimento, llegando a la conclusión de que, entre los dos métodos,

existe un rango mínimo de diferencia de resultados sobre el estado de la superficie de rodadura.

1.6. BASES TEÓRICAS

1.6.1. PAVIMENTO

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) indica lo siguiente: El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general, está conformada por las siguientes capas: base, sub base y capa de rodadura. (p. 21).

Según American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993) existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del Usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado periodo de tiempo.

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella es decir debe proporcionar un servicio de calidad óptimo.

Un pavimento es una estructura que aporta una superficie adecuada para operar un vehículo a una velocidad determinada en forma cómoda y segura en cualquier circunstancia.

1.6.1.1. CLASIFICACION DE PAVIMENTOS

PAVIMENTO FLEXIBLE

DEFINICIÓN: Según la *UMSS – Facultad de Ciencias y Tecnología*, son aquellos que tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular. La distribución de tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de rueda del tráfico, se da de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cizallantes. En este proceso ocurren tensiones de deformación y tracción en la fibra inferior del revestimiento asfáltico, que provocará su fisuración por fatiga por la repetición de las cargas de tráfico. Al mismo tiempo la repetición de las tensiones y deformaciones verticales de compresión que actúan en todas las capas del pavimento producirán la formación de hundimientos en la trilla de rueda, cuando el tráfico tiende a ser canalizado, y la ondulación longitudinal de la superficie cuando la heterogeneidad del pavimento fuera significativa.

PAVIMENTO RÍGIDO

DEFINICIÓN: Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de base, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.

La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto.

SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

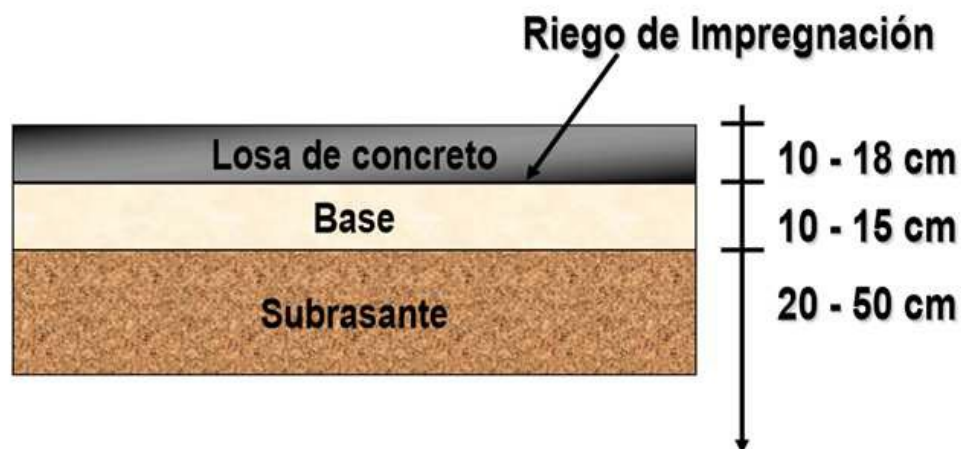


Figura 1: Sección transversal de un pavimento Rígido Fuente: Departamento de Ingeniería Civil de la UTN

PAVIMENTOS SEMIRRÍGIDOS

En términos amplios, un pavimento semirrígido o compuesto es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos “flexibles” y pavimentos “rígidos”, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. Es usual que un pavimento compuesto comprenda una capa de base de concreto o tratada con cemento Portland junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico.

La estabilidad de suelos por medio de ligantes hidráulicos (cemento Portland) permite que se obtengan materiales con capacidad de soporte suficiente para construir capas para base en pavimentos sujetos a cargas pesadas como ser camiones o aeronaves. (UMSS – Facultad de Ciencias y Tecnología-2004)

1.6.1.2. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Según el Departamento de Ingeniería Civil de la UTN, en su cátedra de pavimentos, expone que: La capa de rodadura de un pavimento flexible puede

construirse con un hormigón bituminoso, mezclas de arena y betún, o mediante tratamientos superficiales con riegos bituminosos.

Está sometida a los esfuerzos máximos y condiciones más severas impuestas por el clima y el tráfico.

La capa de base se compone generalmente de áridos, que han sido tratados o no con cemento portland, cal, asfalto u otros agentes estabilizantes. Esta capa tiene como principal función, la de soportar las cargas aplicadas y distribuir estas cargas a la subbase o al terreno.

La capa de subbase se compone de materiales menor calidad y costo que los empleados en la capa de base. Se componen de materiales estabilizados o no, o de terreno estabilizado. Las subbases transmiten cargas al terreno y en algunos casos pueden actuar de colaborador del drenaje de las aguas del subsuelo y para prevenir la acción destructiva de las heladas.



Figura 2: Sección transversal de un pavimento flexible Fuente: Departamento de Ingeniería Civil de la UTN

1.6.1.3. CRITERIOS QUE DEBE CUMPLIR LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

- Debe presentar regularidades superficiales, tanto longitudinales y transversales, que accedan una comodidad a los usuarios. (Montejo, 2002)
- Tener condiciones apropiadas respecto al drenaje para prevenir la disminución de la resistencia de los suelos. (Montejo, 2002)
- Tener una textura superficial acondicionada a las velocidades del tránsito. (Montejo,2002)
- Ser resistentes a los cambios climáticos. (Montejo, 2002)
- Soportar las cargas sometidas por el tránsito. (Montejo, 2002)
- Debe ser económico y cumplir su vida útil en el que es diseñada. (Montejo, 2002)

1.6.1.4. CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS

Según, *Menéndez, 2003* y *Chicchón, 2009*, manifiestan en sus trabajos de investigación, que el ciclo de vida de los pavimentos, se puede dividir en 4 fases, que a continuación presentamos:

1ra fase: **Construcción.** _ El camino se encuentra, en este momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios.

2da fase: **Deterioro Imperceptible.** _ El camino se encuentra, en este momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios.

Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque también en menor grado, en el resto de su estructura. Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por él, además también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de la construcción inicial.

3ra fase: **Deterioro Acelerado.** _ Después de varios años, los elementos del pavimento están cada vez más deteriorados, la resistencia al tránsito se ve reducida. La estructura básica del pavimento está dañada, esto lo podemos constatar por las fallas visibles en la superficie de rodadura. Esta etapa es corta, ya que la destrucción es bastante acelerada. El estado del camino varía desde regular hasta malo o muy malo.

4ta fase: **Deterioro Total.** _ Esta última etapa puede durar varios años y constituye el desgaste completo del

pavimento. La transitabilidad se ve seriamente reducida y los vehículos empiezan a experimentar daños en sus neumáticos, ejes, etc. Los costos de operación de los vehículos aumentan y la vía se hace intransitable para autos.

Diagrama de Flujo de Vida de un Pavimento, *Fatal vs. Deseable*

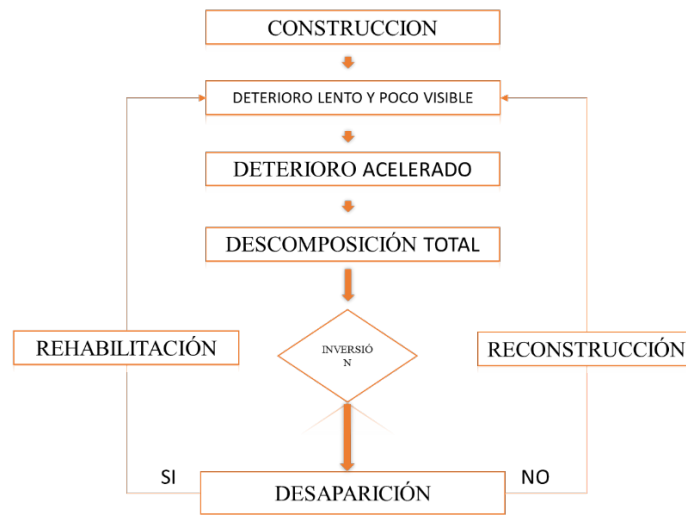


Figura 3: Ciclo de vida fatal de un pavimento

Fuente: Cicchón, 2009

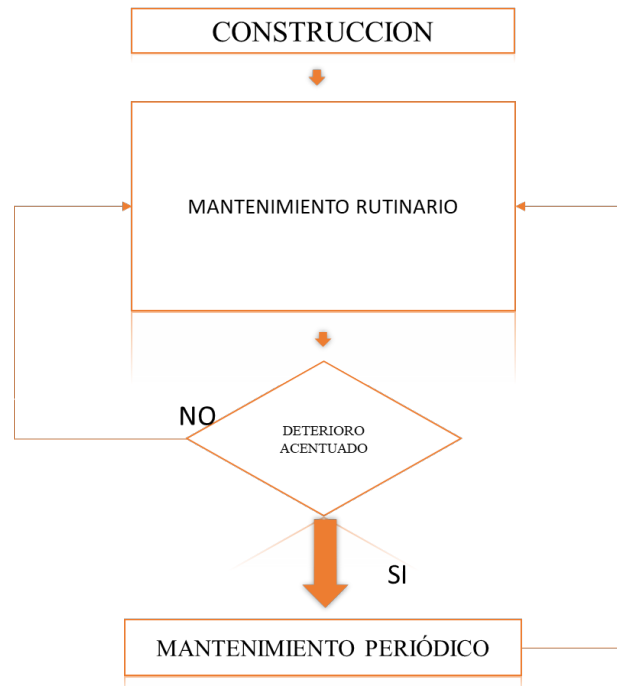


Figura 4: Ciclo de vida deseable de un pavimento

Fuente: Cicchón, 2009

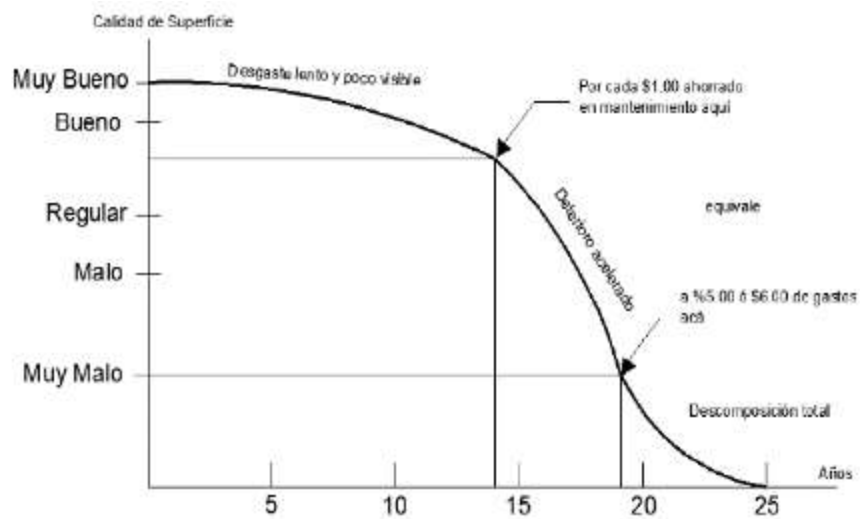


Figura 5: Etapas del deterioro del pavimento flexible

Fuente: Gonzales, 2015

1.6.1.5. FALLAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Rubio (2012) nos dice, durante la vida de servicio de un pavimento, causas de diverso origen afectan la condición de la superficie de rodamiento, lo cual

compromete su función de ofrecer a los usuarios la posibilidad de un rodaje seguro, cómodo y económico. Entre las causas de falla de un pavimento se pueden mencionar:

- Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo. En este caso la falla es la prevista o esperada.
- Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño de pavimento original.
- Deficiencias en el proceso constructivo, bien en procesos como tal como en la calidad de los materiales empleados.
- Diseño deficiente (errores en la estimación del tránsito o en la valoración de las propiedades de los materiales empleados).
- Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).
- Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo.
- Insuficiencia o ausencia de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos.

1.6.1.5.1. TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTOS

Las fallas en el pavimento se pueden clasificar según su origen de la siguiente manera:

1.6.1.5.1.1.FALLA SUPERFICIAL

Leguía y Pacheco (2016) menciona que, la falla funcional o superficial se deja ver cuando el pavimento no brinda un paso seguro sobre él, los vehículos no viajan de forma cómoda y la falla estructural está asociada con la pérdida de cohesión de algunas o todas las capas del pavimento de tal forma que este no pueden soportar las cargas a la que está sometido.

Fonseca (2002) define a la falla superficial como una deficiencia del pavimento que provoca, de un inmediato a corto plazo o posteriormente, una reducción de la capacidad de carga del mismo, la falla estructural se mantiene en una etapa avanzada en una destrucción generalizada del pavimento.

1.6.1.5.1.2.FALLA ESTRUCTURAL

Leguía y Pacheco (2016) menciona lo siguiente: la falla estructural implica una degradación de la estructura del pavimento. Se presenta cuando los materiales que conforman la estructura, al ser sometida a repeticiones de carga por acción del tránsito sufren un agrietamiento estructural relacionado con la deformación o la tensión horizontal por tracción en la base de cada capa, esto se denomina falla por fatiga.

Fonseca (2002) indica que corresponde a un defecto que se refleja en la superficie de rodamiento del pavimento y afectan al cómodo movimiento de los vehículos, sin imposibilitar su uso. Son

fallas graves e involucran al conjunto estructural, se originan cuando se produce la falla en una o varias capas del pavimento, lo que ocasiona el rompimiento del mismo. Estos deterioros afectan significativamente la capacidad de soportar las sollicitaciones para las cuales fue diseñado el pavimento.

1.6.1.6. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DEL PAVIMENTO

Hay cuatro actividades de mantenimiento, se clasifican en términos de su frecuencia:

- a.** Mantenimiento urgente, necesario para hacer frente a emergencias y problemas que requieren acción inmediata, cuando bloquean una vía. Por ejemplo: remoción de obstáculos, colocación de señales de peligro y trabajos diversos (Ministerio de Vivienda y Construcción, 2010).
- b.** Mantenimiento periódico, requerido a intervalos de algunos años. Por ejemplo: sellado de toda la superficie, recapeos, reposición de losas aisladas, reparación de bermas y señalización horizontal (pintado) y vertical (señales de tránsito), reemplazo de pavimento asfáltico en áreas pequeñas, resellado de juntas.
- c.** Mantenimiento rutinario, requerido de manera continua en todas las vías, independientemente de sus características o volumen del tráfico. Por ejemplo: barrido, corte de gras, mantenimiento de alcantarillas, limpieza de drenes y cunetas, y mantenimiento de la señalización.
- d.** Mantenimiento recurrente, requerido a intervalos pre establecidos durante el año, con una frecuencia que depende del volumen del tráfico. Por ejemplo:

reparación de baches y bordes, sellado de grietas. (Ministerio de Vivienda y Construcción, 2010)

Rehabilitar es hacer que una obra civil vuelva a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su vida útil. Hay varias formas de rehabilitación de pavimentos o corrección de deficiencias en un determinado tramo del mismo, que incluye el uso del revestimiento, sellado de grietas, uso de capa de sellos y reparación de baches. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2014),

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2014), el mantenimiento es todas aquellas de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura urbana, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

1.6.1.6.1. MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Son todas las obras de conservación vial que se realizan en períodos programados, generalmente de más de un año de intervalo, para elevar la vía a un nivel de servicio bueno o muy bueno, esto con el fin de conservar los niveles de servicio.

Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a:

- Reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello.
- Reparación o reconstrucción puntual de capas inferiores del pavimento.
- Reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización.

- Reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera y tanto de la superestructura como de la subestructura.
- Reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes tanto de la superestructura como de la subestructura.

1.6.1.6.2. MANTENIMIENTO RUTINARIO

Conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio, es decir, se repiten una o varias veces al año. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas con el fin de recuperar ciertos elementos con daños menores y están referidas principalmente a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes. También el sellado de fisuras y grietas en calzada, parchado superficial y/o profundo de calzada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

1.6.1.7. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Este proceso tiene como objetivo la estimación del valor estructural, también debe facilitar la información necesaria sobre las causas que puedan originar las fallas en los pavimentos, aportando los elementos necesarios para diagnosticar las fallas observadas y así definir el mantenimiento según las fallas encontradas. (Cruz, 2019).

Dicho sea de paso, que, dentro de los tipos de evaluaciones tenemos:

- Inspección visual

- Ensayos no destructivos
- Ensayos destructivos

1.6.1.7.1. EVALUACION ESTRUCTURAL

Métodos que Existen:

- *Deflectómetro de Impacto:* Mediante este método se miden deflexiones a nivel de superficie a ciertas distancias, para estas mediciones se necesita una carga de 18000 lb, las cuales pueden ser de las llantas dobles traseras de un camión, esta se va midiendo conforme va avanzando el camión de esta manera se forma la curva de deflexiones. (Cruz, 2019)
- *Viga Benkelman:* Se basa en la Norma ASTM D 4695, el cual se adaptó para poder realizar el ensayo no destructivo, el cual nos permite evaluar in situ el soporte de la subrasante de un pavimento a su vez su capacidad estructural. (Cruz, 2019)

1.6.1.7.2. EVALUACION SUPERFICIAL

Los más conocidos son:

- La propuesta por la Universidad de Wisconsin (PASER)
- Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL)
- Índice de Condición de Pavimentos (PCI)

1.6.2. MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL PCI

El *Índice de Condición del Pavimento* (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. (Vasquez, 2002, p.2)

1.6.2.1. TIPOS DE DAÑOS EN SUPERFICIE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

En el estudio de la condición del pavimento según el método del PCI, encontramos 19 tipos de daños que se ocasionan en el pavimento asfáltico, los cuales se encuentran ya estandarizados por dicho método de estudio, y los cuales enunciaremos a continuación:

- a) **PIEL DE COCODRILO.** _ Se caracteriza por formarse fisuras interconectadas en la superficie del pavimento, originándose a causa de la fatiga del material, producto de las deformaciones que genera el peso del tránsito vehicular.

- b) **Exudación.** _ Esta falla está caracterizada por presentar en la superficie del pavimento una película de materia bituminosa, que generalmente puede hasta ser ligosa.

- c) **Agrietamiento en bloque.** _ Formado por divisiones o grietas generadas por un proceso físico de contracción del pavimento y la variación de la temperatura en cada día, su área de aproximada en la que se desarrolla estas fallas, suele darse entre los 0.09 m² y los 9 m².

- d) **Abultamientos y hundimientos.** _ Generado por procesos de expansión congelación, falta total o parcial de drenaje en el pavimento, entre otros factores, se trata de filas de ondulaciones, transversales,
- e) **Corrugación.** _ Se trata de fallas generadas por una base inestable, el accionar del tránsito, estas fallas se caracterizan por tratarse de ondulaciones de similares medidas en el perfil longitudinal del pavimento.
- f) **Depresión.** _ Como su nombre lo dice, se trata de fallas que generan en la carpeta de rodadura, ligeras depresiones en puntuales áreas.
- g) **Grieta de borde.** _ Son fallas producidas por el clima de la estructura del pavimento cercanos a los extremos de la sección de la vía, dichas grietas paralelas a la vía se sitúan entre los 0.30 y 0.60 metros.
- h) **Grietas de reflexión.** _ Son fallas que lejos de estar asociadas al tránsito, se asocian al desplazamiento de la losa de concreto a causa de la humedad que se genera bajo la superficie de la carpeta de rodadura.
- i) **Desnivel carril/berma.** _ Esta falla consta de la variación de niveles entre la vía y su respectiva berma, y se produce por el erosionamiento de la berma, asentamiento de la misma, o haber colocado una carpeta asfáltica adicional a la existente.

- j) Grieta longitudinal y transversal.** _ Fallas producidas por el deterioro del pavimento por su antigüedad, la deficiente construcción de juntas de materia asfáltica, entre otros, se trata de grietas paralelas a la vía; éstas fallas están producidas por las cargas del tránsito vial.
- k) Parcheo.** _ Es un reemplazo de un área de intervención sobre la carpeta asfáltica a modo de reparar el pavimento.
- l) Pulimento de agregados.** _ La presente falla se produce, efecto de las repetitivas cargas del tránsito vehicular; pese a no definir niveles de severidad, la falla debe encontrarse significativamente notoria para denominarla por falla.
- m) Huecos.** _ Son fallas producidas inicialmente por acción del tránsito, que, a su vez, su desarrollo es propiciado cuando se encuentran mezclas muy deficientes en la superficie del pavimento; estas fallas generalmente tienen radios menores a 0.45 m, y se caracterizan por ser depresiones pequeñas en el pavimento.
- n) Cruce de vía férrea.** _ Son fallas que no suelen darse muy a menudo, y sus características son bultos y depresiones cercanos a los rieles.
- o) Ahuellamiento.** _ Son fallas asociadas al tránsito, puesto que el mismo genera depresiones en la carpeta de rodadura, formando las huellas de los neumáticos en el pavimento, en esta falla se produce desplazamientos laterales del material por efecto del tránsito vehicular.

- p) **Desplazamiento.** _ Se trata de movimientos del material de forma longitudinal generados por el efecto de las cargas del tránsito, estos ocurren generalmente en mezclas inestables de asfalto líquido.

- q) **Grietas parabólicas.** _ Son fallas que se describen por generar un agrietado asemejado a una media luna; se producen generalmente cuando el frenar de los vehículos, entra en contacto con mezclas asfálticas de poca resistencia.

- r) **Hinchamiento.** _ Esta falla, generalmente es producida a causa del congelamiento de parte de la estructura del pavimento (subrasante) o por la presencia de suelos expansivos, su forma es una curvatura convexa, que se suele extenderse a más de los 3 m de longitud.

- s) **Meteorización / desprendimiento de agregados.** _ Se caracteriza por no contar con la superficie del pavimento, por haber perdido el material viscoso asfáltico, y suele afectar que, sobre la carpeta de rodadura transite vehículos de orugas, y el aceite derramado en el pavimento, puesto que ello, desestabiliza la mezcla asfáltica.

1.6.2.2. ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)

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

Tabla 1*Rangos de clasificación del PCI*

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

Fuente: Tomada de PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras:

1.6.2.3. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICION DEL PAVIEMNTO

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

1.6.2.4. 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:

- a) 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 ± 93.0

m². En la tabla 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 2

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS

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

Fuente: Tomada de PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras.

Para calcular las unidades de muestreo, lo hacemos mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{L}{L_{UM}} \quad (1)$$

Donde:

N: Cantidad de unidades de muestreo total.

L: Longitud total de la vía en estudio expresada en metros lineales.

L_{UM} : Longitud de unidad de muestreo, conforme a Tabla 2.

- b) Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Portland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **20 ± 8 losas**.

1.6.2.5. CALCULO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE UNIDADES DE MUESTRAS

Con la siguiente ecuación se obtiene un número mínimo de muestras, la cual se acerca a un PCI ± 5 otorgándonos un grado de confiabilidad del 95%. (Cruz, 2019)

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante:

$$i = \frac{N}{n} \quad (3)$$

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

1.6.2.6. CÁLCULO DE VALORES DEDUCIDOS

Identificar los defectos según el PCI, otorgando los niveles de severidad, de esta manera calcular el valor deducido de forma separada.

A su vez se obtendrá la densidad, la cual se sustrae al ejecutar la cantidad total del daño entre el área total de la unidad de muestra.

Consecutivamente se sustraerá el valor deducido de cada falla, también el nivel de severidad de la misma, a través de las curvas “Valor deducido de daño”. (Cruz, 2019)

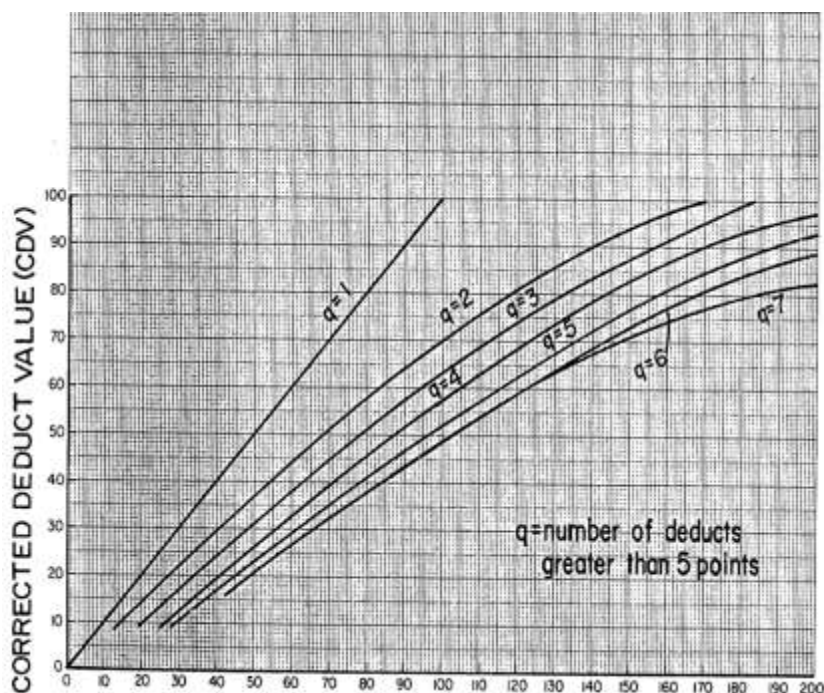


Figura 6: Curvas para hallar el valor deducido corregido flexible

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433 -03

1.6.2.7. CALCULAR MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS

Cuando en la unidad de muestreo no hay valor deducido > a 2 o solamente 1.

$$PCI = 100 - VDT \quad (4)$$

Donde:

PCI : Índice de condición del pavimento

Cuando en la toma de datos hay valores deducidos $> a 2$

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100.00 - HDV_i) \quad (5)$$

Donde:

m_i = Número máximo admisible de valores deducidos

HDV_i = Mayor valor deducido individual (i)

Tabla 3

FORMATO PARA OBTENER EL VALOR MÁXIMO DEDUCIDO

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Fuente: Tomada de PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras

- 1.- Ordenar de mayor a menos los valores deducidos.
- 2.- Establecer el valor deducido total.
- 3.- Establecer los valores deducidos mayores a 2.
- 4.- establecer el VDC de acuerdo al valor q y el valor deducido total VDT.
- 5.- Reducir a 2.0 al menor valor deducido individual que sea mayor a 2.0, este proceso se repite hasta que q sea 1.
- 6.-despues de realizar los pasos se obtendrá el máximo valor deducido con la siguiente ecuación:

$$PCI = 100 - VDC \text{ máx} \quad (6)$$

1.6.2.8. CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DEL PAVIMENTO

Según (Cruz, 2019), se identifican los siguientes casos:

1.- si están consideradas todas las unidades de muestreo para determinar el PCI, el PCI total se obtiene el promedio de los PCI estimados, con la siguiente ecuación. (Cruz, 2019)

$$PCI = \frac{\sum_i^n PCI_i}{n} \quad (7)$$

2.- si se aplicó el método aleatorio para obtener las muestras, y no se han tomado en cuenta muestras adicionales, el PCI se obtendrá del promedio de todos los PCI estimados.

3.- si en la investigación se tomaron muestreos adicionales, el valor del PCI se obtendrá con la siguiente ecuación:

$$PCI_s = \frac{[(N-A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \quad (8)$$

1.6.2.9. CÁLCULO DEL PCI DE LA UNIDAD RESTANTE DE 100 EL MÁXIMO CDV OBTENIDO

El CDV nos permite hallar el PCI a través de la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - VDC \text{ máx} \quad (9)$$

1.7. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma G.040 – Definiciones, precisa como:

Evaluación Superficial: Condición en la que se encuentra el pavimento durante su análisis sin alterar su condición física. (García, 2019)

Evaluación de pavimento: La evaluación de pavimentos consta de un análisis, en el que se señala la condición en el que se encuentra los pavimentos, para poder valorar la disposición apropiada de protección y mantenimiento con las que se desea extender la vida útil del pavimento y cumpla su función de servicio, es fundamental desarrollar la evaluación, esta debe cumplir el propósito de la investigación. (Leguía & Pacheco, 2016)

Pavimento: Es una estructura compuesta por varias capas: la capa de la base, sub base y capa de rodadura, es una estructura de varias capas levantada sobre la subrasante del camino para soportar y repartir las cargas producidas por los vehículos y mejorar el bienestar, confort para el tránsito y aumentar la seguridad. (MTC, 2013)

Pavimento flexible: El pavimento flexible es una estructura compuesta por una carpeta con materiales bituminosos (agregados, aglomerantes y aditivos), apoyados generalmente en las capas de subbase y la base. Se estima como capa de rodadura asfáltica sobre las capas granulares: mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente, micro pavimentos, mortero asfáltico. (MTC, 2013)

PCI: El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

Mantenimiento Preventivo: Es el mantenimiento, que, por su naturaleza de anticipar su efecto a fallas de rigor, suele estimar un gasto minúsculo, que da como resultado una compensación a lo largo del tiempo de vida de la vía intervenida.

t Correctivo: Es el mantenimiento, que, por lo general conlleva un gasto muy considerable para la reparación de la vía, puesto que devuelve la vía a un estado apto después de un estado de deterioro alto.

1.8. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La evaluación de la superficie del pavimento en Av. La Marina será de estado *Bueno*, el cual se determinó por medio del método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y se establece la condición en que se encuentra el pavimento de av. La Marina, Sector Las Delicias, distrito de Moche, la cual tiene una longitud de 1.02 kilómetros, de esta forma daremos una propuesta de mantenimiento óptima.

1.9. PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL

La presente tesis, sigue los lineamientos establecidos por la Universidad Privada de Trujillo (UPRIT), conforme a su énfasis de investigación, adentramos en la línea de investigación: *Gestión, Innovación y Tecnología en Infraestructura y Sistemas Constructivos*.

Uno de los temas comprendidos en esta línea de investigación es el *Ensayo No Destructivo*. El trabajo de esta tesis, se centra en el ensayo no destructivo de un tramo de vía mediante el PCI para determinar y proponer alternativas de mantenimiento adecuado a la vía en estudio.

La alternativa de mantenimiento puede ser rutinario o periódico, según los datos analizados den un correspondiente valor en el PCI, que le haga ameritar dicho mantenimiento.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

Para la investigación haremos uso de los siguientes materiales:

2.1.1. MATERIALES

Tabla 4

MATERIALES DE GABINETE Y CAMPO A USAR

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
01	Wincha de 8 ml.	unidad	1
02	Wincha de 5 ml.	unidad	1
03	Cuaderno	unidad	1
04	Cono de seguridad	unidad	4
05	Hilo de pavilo	metro	40
06	LAPTOP	unidad	2

Fuente: Elaboración propia

2.2. MATERIAL DE ESTUDIO

2.2.1. POBLACIÓN

Distrito Moche - Trujillo

Este distrito se creó el 2 de enero de 1857, durante el gobierno del presidente de aquel entonces Ramón Castilla y Marquesado, según datos de INEI, con una superficie aproximada de 25.25 Km cuadrados y una población de 42 798 habitantes. Sus coordenadas son: 79° 00'32'' O, 8°10'17'' S.

Delimitación territorial:

- **Por el norte:** Con los Distritos de Víctor Larco Herrera y Trujillo
- **Por el Este:** Con el Distrito de Laredo
- **Por el Sur:** Con el Distrito de Salaverry
- **Por el Oeste:** Con el Océano Pacífico

Clima:

En Moche durante el año la temperatura varía entre 17°C a 26 °C y raras veces baja a 15°C o sube más de 29°C.

Topografía:

La topografía media en Moche oscila alrededor de los 4 m.s.n.m.

Av. La Marina

La población seleccionada para esta investigación es un tramo de la av. La Marina que está comprendida en una longitud de 1.02 km y se encuentra delimitada por el cruce con la Av. Independencia y el final de la misma av. La Marina en el Sector Las Delicias, Distrito Moche, Trujillo.



Figura 7: Ubicación de vía en estudio

Fuente: Google Earth

2.2.2. MUESTRA

Puesto que este trabajo de investigación se basa en la observación, dando como datos a procesar, aspectos cualitativos de nuestra variable en análisis, los autores

han consignado un tipo de muestra no probabilística, por cuanto se ha seleccionado los elementos de la población a analizar, conforme al criterio de los autores. Para poder sustraer los datos del pavimento de la Avenida La Marina, Sector Las Delicias, Distrito Moche, con una distancia total de 1.020 km se hizo así mismo por conveniencia de los autores, de tal modo efectuar un muestreo, contemplando un criterio conveniente para la investigación.

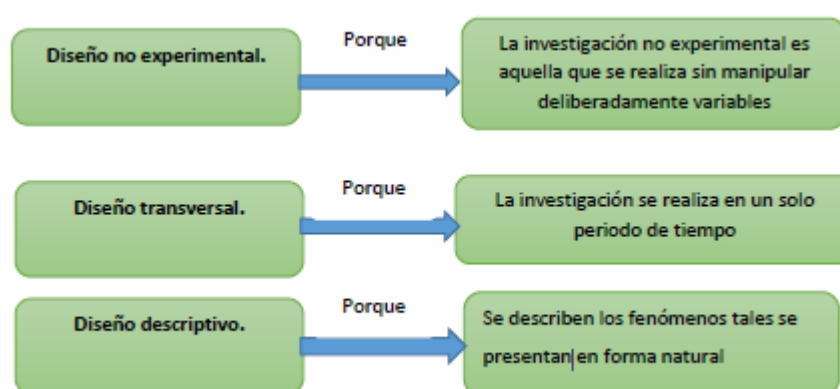


Figura 8: Diseño de investigación

Fuente: Elaboración propia

La vía a evaluar con categoría de avenida, denominada La Marina, consta de una dimensión lineal de 6.5 m en el ancho de la calzada, por lo tanto, conforme a la tabla 2 presentada en esta investigación, la longitud de la unidad de muestreo tiene que ser de 35.4 m, por lo tanto, nuestra unidad de muestreo, consta de un área de $A=230.1 \text{ m}^2$.

La vía en evaluación se desarrolla en una sola calzada de doble sentido de tránsito vehicular; y dentro de la limitación efectuada, se encontró una longitud de 1020 m.

Al conocer nuestra longitud total, procedemos a calcular la cantidad de unidades de muestra conforme a la ecuación (**1**)

$$N = 1020/35.4 = 29.24 \quad N = 29 \text{ UM}$$

Obtenemos así 29 Unidades de muestras.

A continuación, procedemos a calcular la cantidad mínima de unidades de muestreo a evaluar, la cantidad con la que trabajaremos, conforme a la ecuación (2), con una desviación estándar equivalente a 10, una confiabilidad estadística de 95% y un margen de error de 5%.

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

$$n = \frac{29^2 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} x(29 - 1) + 10^2} = 10.34$$

Obteniendo como resultado $n = 10.34 \approx 11$, entonces de las 29 UM solo se evaluarán 11 de manera aleatoria, cuyo intervalo se dará mediante la resolución de la ecuación (2) presentada en este trabajo de investigación:

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

$$i = \frac{29}{10} = 2.9$$

Redondeando $i = 2.9 \approx 3$; por lo tanto, el intervalo tendrá que ser a cada 3 unidades.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	25	...	28	29
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----	----	-----	----	----

Figura 9: Intervalo de muestras a analizar

Fuente: Elaboración propia

Para los autores resultó conveniente comenzar el estudio desde la primera unidad de muestreo, puesto que así permitirá analizar unidades que se encuentran en más uso a lo largo del tramo en evaluación; en la figura 7 podemos visualizar el inicio seleccionado para evaluar, así como el intervalo calculado,

2.3. TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS

2.3.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Por el diseño de investigación de tipo no experimental, se usará como técnica de recolección de datos la técnica de *observación*, puesto que ello representa un formato adecuado para la obtención de los datos a tratar en esta investigación.

Con la técnica designada se procura contar un detallado inventario, obteniendo así datos del estado de la avenida La Marina, Sector Las Delicias, Distrito Moche.

2.3.1.1 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para esta investigación, el instrumento se pondrá en manifiesto mediante la *Guía de observación*, para así evaluar la avenida La Marina, (Ver Anexo 1), la cual será llenada por el *observador* en cada unidad de muestreo seleccionada con la información que se espera obtener en campo.

2.3.1.2 VALIDEZ

En este trabajo de investigación, los autores acuden al criterio de los expertos en la materia, para dictaminar la validez de los instrumentos.

2.3.1.3 CONFIABILIDAD

Los resultados de la investigación serán confiables ya que serán obtenidos mediante meticolosos registros y análisis de los datos que se recopilen IN SITU.

2.3.1.4 OBJETIVIDAD

Las Unidades de Muestreo se analizarán conforme a lo estipulado al método, que a su vez se encuentra estandarizado en la norma ASTM D 6433.

2.3.2. PROCESAMIENTO DE DATOS

La presente investigación, al pertenecer al grupo de diseño de investigación no experimental, hará goce del método estadístico descriptivo, puesto que, así nos permitirá procesar los datos, y se podrá mostrar dichos datos mediante gráficos estadísticos.

Para el procesamiento de datos se utilizarán;

- Los ábacos del Método del PCI (Ver Anexo 2).
- El Software Microsoft Excel, mostrando así, gráficos estadísticos.

Por presentar información de aspecto cualitativo en el desarrollo de esta etapa de la investigación, se consigna:

- **Diagramas:** Tales como el gráfico de barras, barras rectangulares, con longitudes porcentuales, dichas barras se presentarán conforme los autores estipulen sea más recomendable, ya sea en orientación horizontal o

vertical, a fin de dar una presentación del procesamiento de los datos que de mejor entendimiento.

- **Sectores o diagrama de pastel.**
- **Cuadros comparativos de valores.**

2.3.2.1. OPERACIÓN DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Estos datos serán evaluados por el criterio del PCI, de forma que podamos diagnosticar con firmeza el nivel de severidad que pueda tener el pavimento de la avenida en estudio.

2.3.2.2. RESULTADOS

Los resultados obtenidos nos ayudaran a conocer cuan deteriorada y falta de mantenimiento tiene la vía en estudio, para después buscar las mejores alternativas de solución de mantenimiento sin exceder en los costos necesarios para dicha labor.

2.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

2.4.1. VARIABLES

Variable: Evaluación de superficie del pavimento mediante el método PCI

2.4.2. OPERACIÓN DE VARIABLES

Dada el tipo de investigación, a continuación, mostramos la operación de variables efectuada por los investigadores indicada en la Tabla 5.

Tabla 5:
Operación de Variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE	DEFINICION DE OPERACIONALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM
D E V E L P A V I M É N T O D O S E P E R F I C I E	Determinar las fallas existentes en la actual vía para posteriormente dotar de un adecuado mantenimiento, y así obtener una superficie de rodadura adecuada .	Implementación del Método del PCI para la evaluación de la superficie del pavimento flexible	1 Piel de Cocodrilo	1.) Nivel de severidad bajo (L)
			2 Exudación de asfalto	
			3 Agrietamiento en bloque	
			4 Abultamiento-hundimiento	
			5 Corrugación	
			6 Depresión	
			7 Grieta de borde	
			8 Grietas de reflexión de juntas	2.) Nivel de severidad medio (M)
			9 Desnivel Carril / Berma	
			10 Grietas longitudinales y transversales	
			11 Parcheo y acometidas de servicios públicos	
			12 Pulimento de agregados	3.) Nivel de severidad alto (H)
			13 Huecos	
			14 Cruce de vías ferreas	
			15 Ahuellamiento	
			16 Desplazamiento	
			17 Grieta parabólica	
			18 Hinchamiento	
			19 Meteorización / Desprendimiento de agregados	a.) 100 - 85 Excelente
Rango del Índice de Condición del Pavimento que califica el estado del pavimento conforme al método del PCI	b.) 85 - 70 Muy bien			
	c.) 70 - 55 Bueno			
	d.) 55 - 40 Regular			
	e.) 40 - 25 Malo			
	f.) 25 - 10 Muy malo			
	g.) 10 - 0 Fallado			


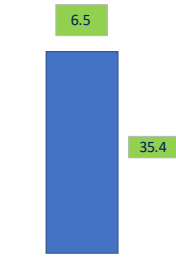
Fuente: Elaboración Propia.

III. RESULTADOS

Para el desarrollo de la presente tesis, se evaluó 10 unidades de muestreo del total de la vía en estudio, , no obstante cabe mencionar que para la unidad de muestreo 16, los evaluadores no encontraron fallas, por lo cual se desistió de generar datos para esa unidad de muestreo, por tanto, se da lugar a los siguientes datos obtenidos en campo, y los resultados de procesar dichos datos:

Tabla 6

Unidad de muestreo 01

FICHA DE OBSERVACION PARA FALLAS DE SUPERFICIE DE PAVIMENTO SEGUN PCI																									
UBICACIÓN Avenida la Marina, Sector Las Delicias de Moche, Moche-Trujillo			SECCION 0+000 a 0+035.4 km																						
FECHA: 10/06/2021			UNIDAD DE MUESTREO UM01																						
ELABORADO POR: Carlos Centeno Barba ; Joseph Méndez Méndez			AREA DE UNIDAD : 230.1																						
TIPOS DE FALLAS						ESQUEMA VIAL DE U.M.																			
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de vías férreas	m2																				
2. Exudación	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento	m2																				
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m	16. Desplazamiento	m2																				
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas Parabólicas	m2																				
5. Corrugación	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2																				
6. Depresión	m2	13. Huecos	Nº	19. Desprendimiento de agregados	m2																				
7. Grieta de borde	m2																								
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTRA		INTERVALO DE U.M.		NÚMERO MÁXIMO DE VALOR DEDUCIDO																			
HIGH	ALTA	A	$n = \frac{N^2 \sigma^2}{\frac{e^2}{4} t(N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	3	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$																			
MEDIUM	MEDIA	M																							
LOW	BAJA	B																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Clasificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>86 - 100</td> <td>Excelente</td> </tr> <tr> <td>71 - 85</td> <td>Muy bueno</td> </tr> <tr> <td>55 - 70</td> <td>Buena</td> </tr> <tr> <td>40 - 55</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>25 - 40</td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>10 - 25</td> <td>Muy malo</td> </tr> <tr> <td>0 - 10</td> <td>Fallado</td> </tr> </tbody> </table>		Rango	Clasificación	86 - 100	Excelente	71 - 85	Muy bueno	55 - 70	Buena	40 - 55	Regular	25 - 40	Malo	10 - 25	Muy malo	0 - 10	Fallado	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES							
Rango	Clasificación																								
86 - 100	Excelente																								
71 - 85	Muy bueno																								
55 - 70	Buena																								
40 - 55	Regular																								
25 - 40	Malo																								
10 - 25	Muy malo																								
0 - 10	Fallado																								
		B		B																					
		cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad																
		0.053	B	150	B																				
TOTAL		ALTA (A)		MEDIA (M)		BAJA (B)																			
		0.05		150																					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7*Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM01*

CÁLCULO DEL PCI					
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 6 Número máximo de VD (m) = 7
13	B	0.05	0.023%	2	
15	B	1.50	0.65%	6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8*Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM01*

ITEM	VALORES DEDUCIDOS							VDI	q	VDC
1	2	6					8	7	0	
2	2	6					8	6	0	
3	2	6					8	5	0	
4	2	6					8	4	0	
5	2	6					8	3	0	
6	2	6					8	2	0	
7	2	2					4	1	4	
								MÁXIMO VDC	4	
								PCI	100-VDC	
								INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)	96	
								CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	EXCELENTE	

Fuente: Elaboración propia

Figura 10: VD en falla de tipo 13 en UM01

Fuente: Tomado de Ingepav

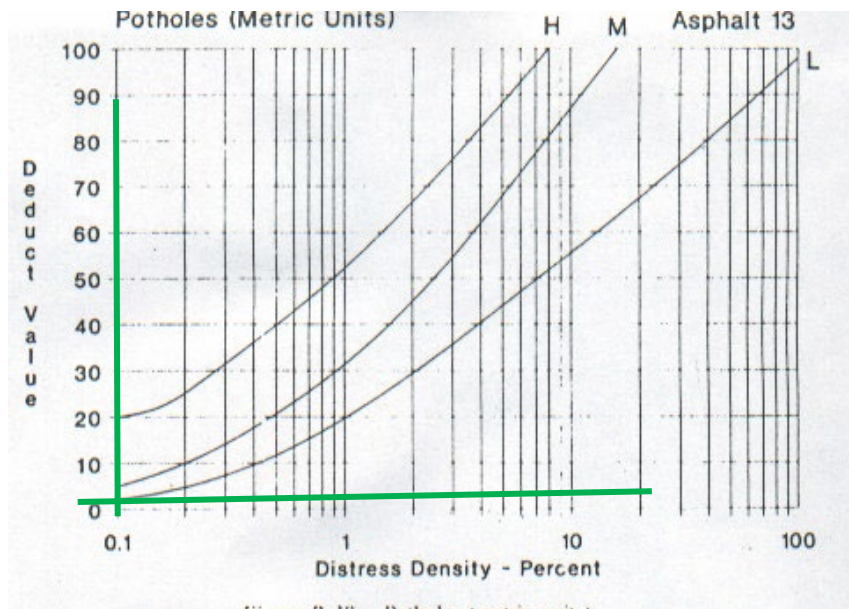


Figura 11: VD en falla de tipo 15 en UM01

Fuente: Tomado de Ingepav

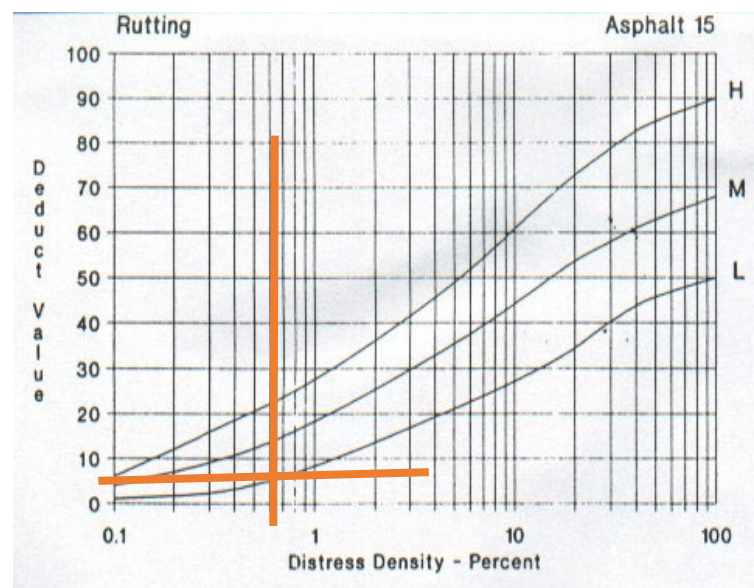


Figura 12: VDC en UM01

Fuente: Tomado de Ingepav

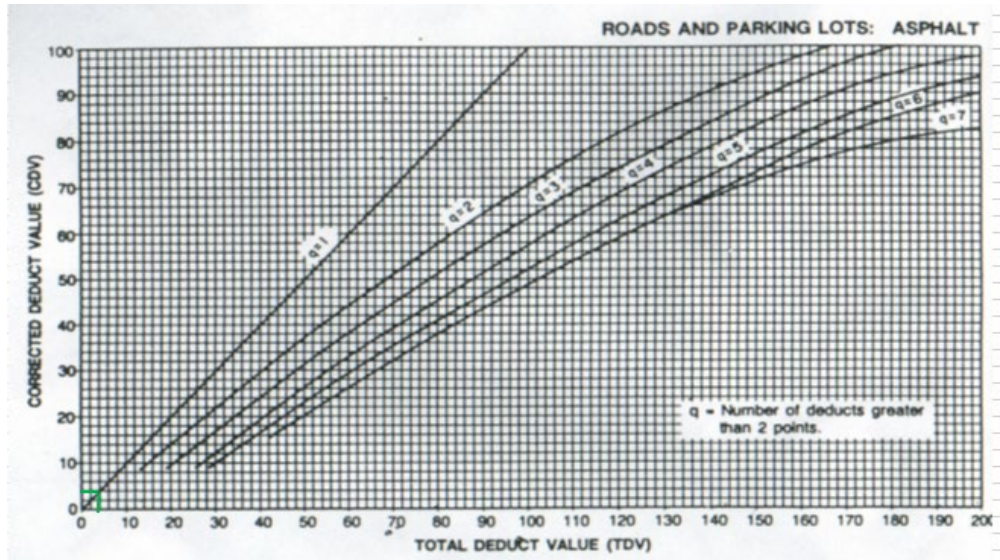




Tabla 9

Unidad de muestreo 04

FICHA DE OBSERVACION PARA FALLAS DE SUPERFICIE DE PAVIMENTO SEGUN PCI									
UBICACION: Avenida La Marina, Sector Las Delicias de Moche, Moche-Trujillo		SECCION: 0+06.2 a 0+116 km							
FECHA: 10/06/2021		UNIDAD DE MUESTREO: UM04							
ELABORADO POR: Carlos Centeno Barba ; Joseph Méndez Méndez		AREA DE UNIDAD: 230.1							
TIPOS DE FALLAS					ESQUEMA VIAL DE U.M.				
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de vías férreas	m2				
2. Exudación	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento	m2				
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m	16. Desplazamiento	m2				
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas Parabólicas	m2				
5. Corrugación	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2				
6. Depresión	m2	13. Huecos	N°	19. Desprendimiento de agregado	m2				
7. Grieta de borde	m2								
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTRA	INTERVALO DE U.M.	NÚMERO MÁXIMO DE VALOR DEDUCIDO					
HIGH	ALTA	A	$n = \frac{N^2 \sigma^2}{e^2 (N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$				
MEDIUM	MEDIA	M	11	3					
LOW	BAJA	B							
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
Rango	Clasificación	1		2					
		cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad
86 - 100	Excelente								
71 - 85	Muy bueno	0.7266	B	3.68	B				
55 - 70	Bueno	4.564	B	0.4784	B				
40 - 55	Regular								
25 - 40	Malo								
10 - 25	Muy malo								
0 - 10	Fallado								
TOTAL	ALTA (A)								
	MEDIA (M)								
	BAJA (B)	5.29		3.65					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM04

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	B	5.29	2.30%	19
12	B	3.65	1.59%	2

Número de valores deducidos > 2(q)
 Valor deducido más alto = 19 Número máximo de VD (m) = 7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM04

ITEM	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	19	2						21	7	0
2	19	2						21	6	0
3	19	2						21	5	0
4	19	2						21	4	0
5	19	2						21	3	10
6	19	2						21	2	15
7	19	2						21	1	21
									MÁXIMO VDC	21
									PCI	100-VDC
										79
CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE										MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: VD en falla de tipo 1 en UM04

Fuente: Tomado de Ingepav

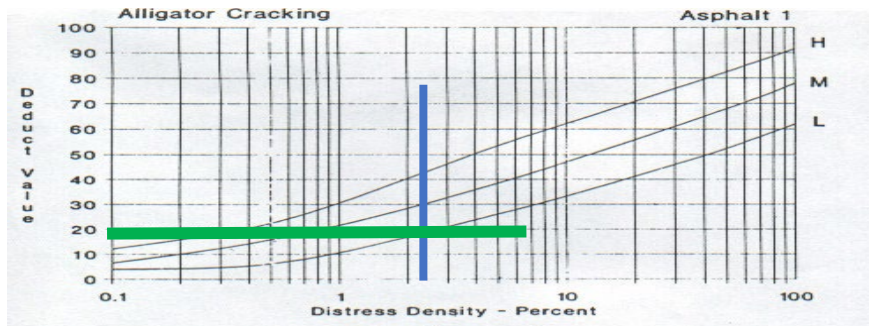


Figura 14: VD en falla de tipo 12 en UM04

Fuente: Tomado de Ingepav

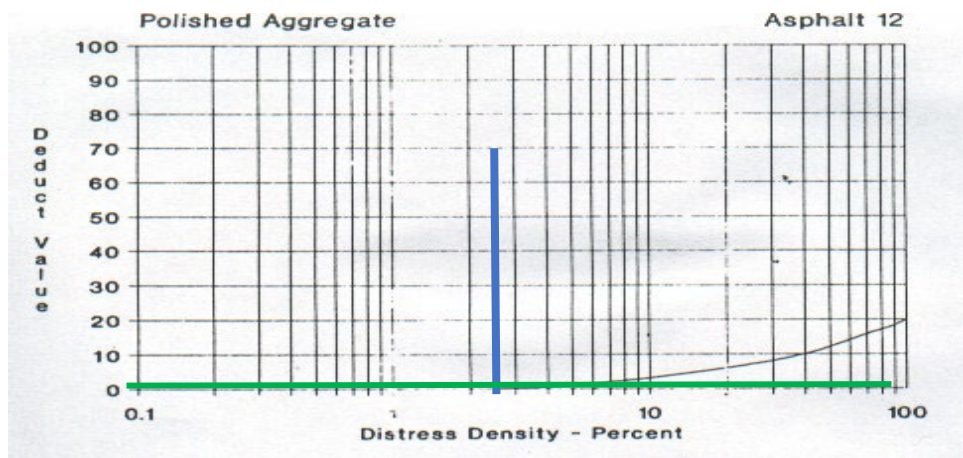


Figura 15: VDC en UM04

Fuente: Tomado de Ingepav

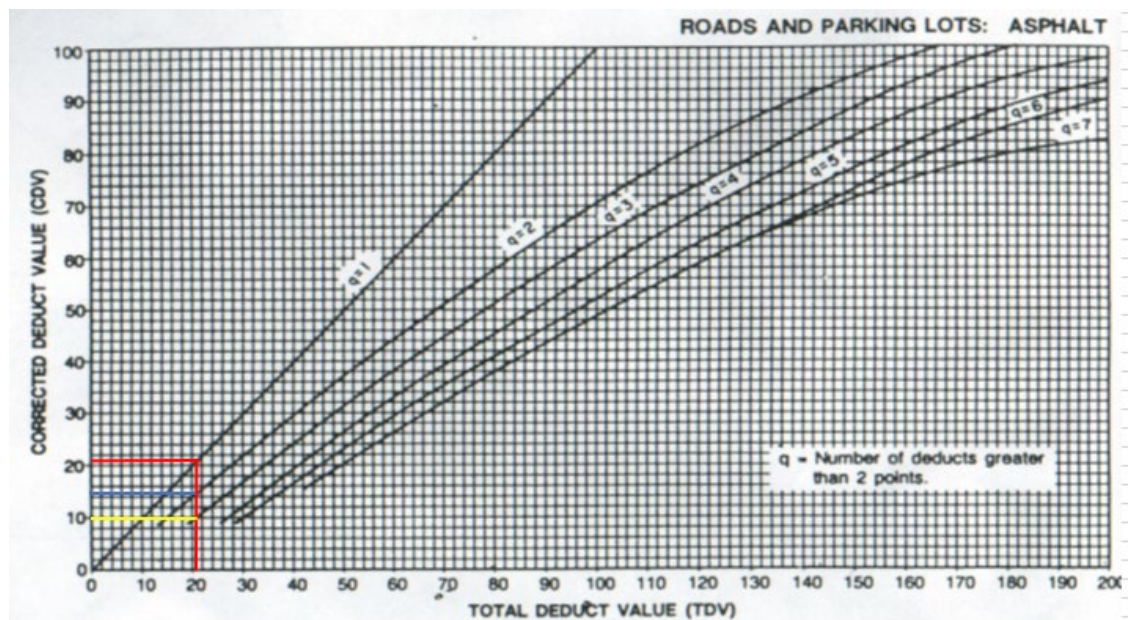



Tabla 12

Unidad de muestreo UM07

FICHA DE OBSERVACION PARA FALLAS DE SUPERFICIE DE PAVIMENTO SEGUN PCI											
UBICACIÓN: Avenida La Marina, Sector Las Delicias de Moche, Moche-Trujillo			SECCION: 0+212.4 a 0+247.8 km								
FECHA: 10/06/2021			UNIDAD DE MUESTREO: UM07								
ELABORADO POR: Carlos Centeno Barba ; Joseph Méndez Méndez			AREA DE UNIDAD : 230.1								
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de vías férreas	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m	16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas Parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Huecos	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m2										
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTRA	INTERVALO DE U.M.	NÚMERO MÁXIMO DE VALOR DEDUCIDO							
HIGH	ALTA	A	$n = \frac{N^2 \sigma^2}{e^2 - 3(N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100.00 - HDV_i)$						
MEDIUM	MEDIA	M	11	3							
LOW	BAJA	B									
Rango		Clasificación		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES							
86 - 100	Excelente	7		cantidad		severidad		cantidad		severidad	
71 - 85	Muy bueno	2.69	B								
55 - 70	Bueno	168	B								
40 - 55	Regular										
25 - 40	Malo										
10 - 25	Muy malo										
0 - 10	Fallado										
TOTAL	ALTA (A)										
	MEDIA (M)										
	BAJA (B)	4.37									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM07

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
7	B	4.37	12.34%	10

Número de valores deducidos > 2(q)
Valor deducido más alto = 10 Número máximo de VD (m) = 7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM07

ITEM	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	10						10	7	0	
2	10						10	6	0	
3	10						10	5	0	
4	10						10	4	0	
5	10						10	3	0	
6	10						10	2	0	
7	10						10	1	10	
									MÁXIMO VDC	10
									PCI	100-VDC
									INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)	90
CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									EXCELENTE	

Fuente: Elaboración propia

Figura 16: VD en falla de tipo 7 en UM07

Fuente: Tomado de Ingepav

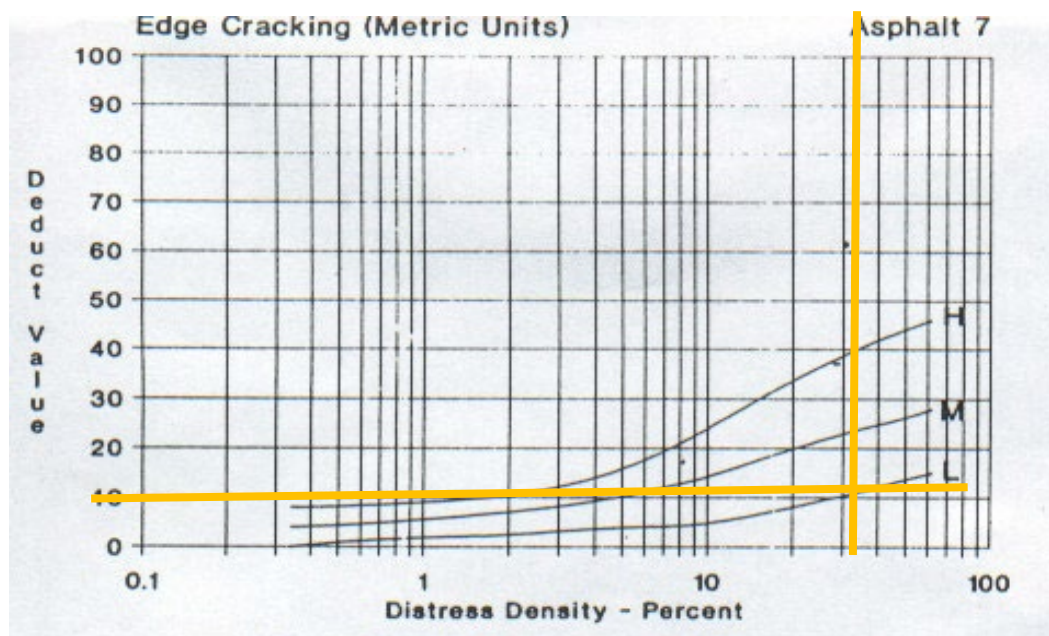


Figura 17: VDC en UM07

Fuente: Tomado de Ingepav

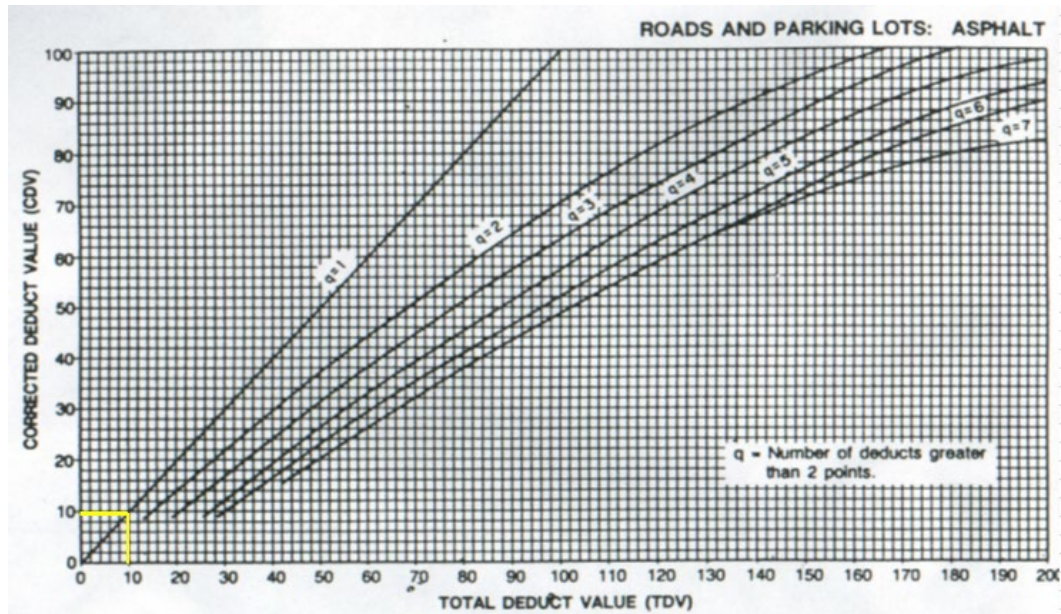


Tabla 15

Unidad de muestreo UM10

FICHA DE OBSERVACION PARA FALLAS DE SUPERFICIE DE PAVIMENTO SEGÚN PCI																																																																											
UBICACIÓN Avenida la Marina, Sector Las Delicias de Moche, Moche-Trujillo			SECCION : 0+38.6 a 0+354 km																																																																								
FECHA: 10/06/2021			UNIDAD DE MUESTREO UM10																																																																								
ELABORADO POR: Carlos Centeno Barba ; Joseph Méndez Méndez			AREA DE UNIDAD : 230.1																																																																								
TIPOS DE FALLAS					ESQUEMA VIAL DE U.M.																																																																						
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de vías férreas	m2																																																																						
2. Exudación	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento	m2																																																																						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m	16. Desplazamiento	m2																																																																						
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas Parabólicas	m2																																																																						
5. Corrugación	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2																																																																						
6. Depresión	m2	13. Huecos	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2																																																																						
7. Grieta de borde	m2																																																																										
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTRA	INTERVALO DE U.M.	NÚMERO MÁXIMO DE VALOR DEDUCIDO																																																																							
HIGH	ALTA	A																																																																									
MEDIUM	MEDIA	M																																																																									
LOW	BAJA	B																																																																									
		$n = \frac{N^2 \sigma^2}{s^2 - x(N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100.00 - HDV_i)$																																																																							
		11	3																																																																								
		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Clasificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>86 - 100</td> <td>Excelente</td> </tr> <tr> <td>71 - 85</td> <td>Muy bueno</td> </tr> <tr> <td>55 - 70</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>40 - 55</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>25 - 40</td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>10 - 25</td> <td>Muy malo</td> </tr> <tr> <td>0 - 10</td> <td>Fallado</td> </tr> </tbody> </table>		Rango	Clasificación	86 - 100	Excelente	71 - 85	Muy bueno	55 - 70	Bueno	40 - 55	Regular	25 - 40	Malo	10 - 25	Muy malo	0 - 10	Fallado																																																										
Rango	Clasificación																																																																										
86 - 100	Excelente																																																																										
71 - 85	Muy bueno																																																																										
55 - 70	Bueno																																																																										
40 - 55	Regular																																																																										
25 - 40	Malo																																																																										
10 - 25	Muy malo																																																																										
0 - 10	Fallado																																																																										
		ESQUEMA VIAL DE U.M.																																																																									
																																																																											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">4</th> <th colspan="2">2</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th>cant idad</th> <th>severidad</th> <th>cant idad</th> <th>severidad</th> <th>cant idad</th> <th>severidad</th> <th>cant idad</th> <th>severidad</th> <th>cant idad</th> <th>severidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.35</td> <td>B</td> <td>12.65</td> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.69</td> <td>B</td> <td>189</td> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.85</td> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">TOTAL</td> <td colspan="2">4.09</td> <td colspan="2">3.11</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>				4		2								cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	0.35	B	12.65	B							0.69	B	189	B							0.85	B									2.2	B									TOTAL		4.09		3.11					
4		2																																																																									
cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad																																																																		
0.35	B	12.65	B																																																																								
0.69	B	189	B																																																																								
0.85	B																																																																										
2.2	B																																																																										
TOTAL		4.09		3.11																																																																							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM10

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
4	B	4.09	11.55%	32
12	B	3.65	1.59%	2

Número de valores deducidos > 2(q)
 Valor deducido más alto = 32 Número máximo de VD (m) = 7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM10

ITEM	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	32	2					34	7	0	
2	32	2					34	6	0	
3	32	2					34	5	12	
4	32	2					34	4	15	
5	32	2					34	3	20	
6	32	2					34	2	25	
7	32	2					34	1	34	
									MÁXIMO VDC	34
									PCI	100-VDC
									INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)	66
CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									BUENO	

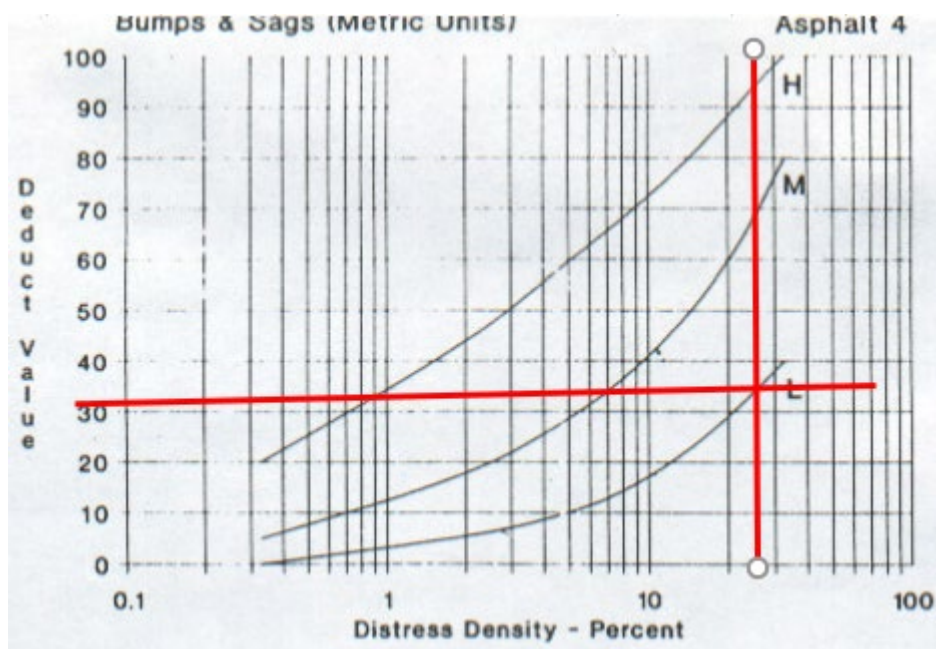
*Fuente: Elaboración propia**Figura 18: VD en falla de tipo 4 en UM10**Fuente: Tomado de Ingepav*

Figura 19: VD en falla de tipo 12 en UM10

Fuente: Tomado de Ingepav

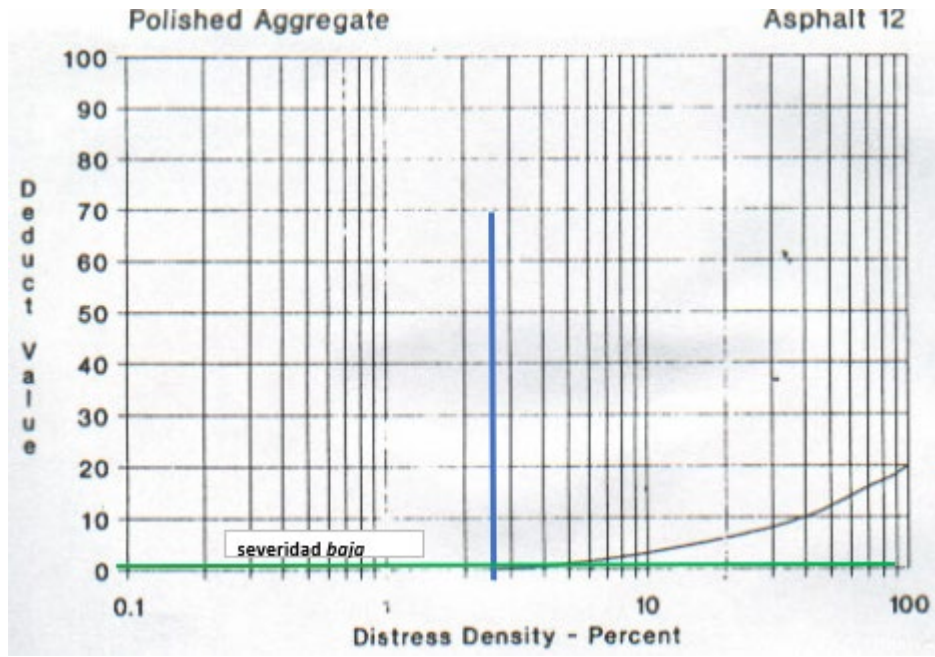


Figura 20: VDC en UM10

Fuente: Tomado de Ingepav

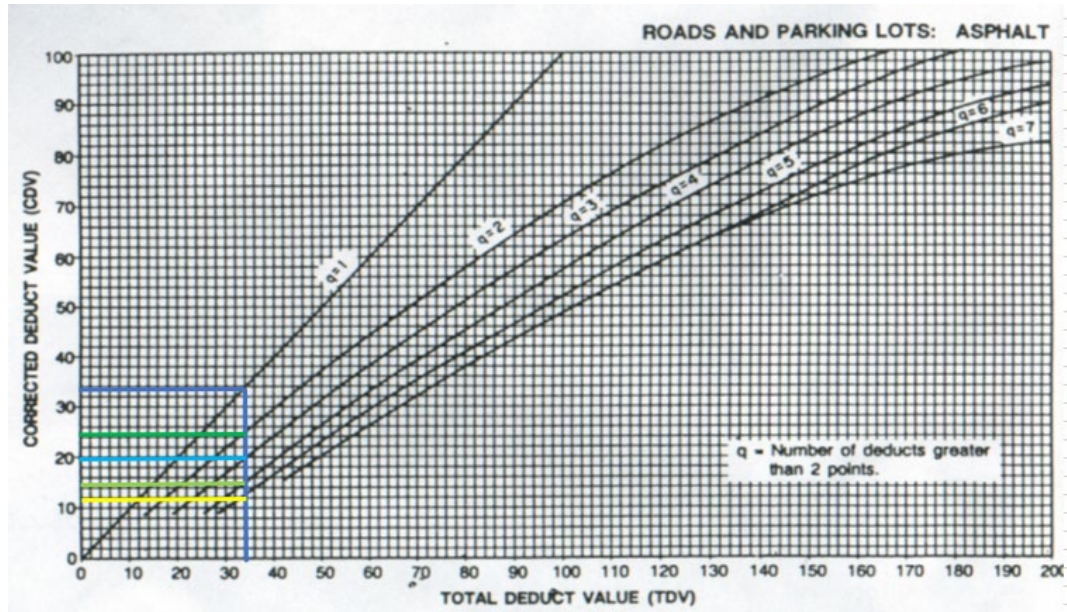


Tabla 18

Unidad de muestreo UM13

FICHA DE OBSERVACION PARA FALLAS DE SUPERFICIE DE PAVIMENTO SEGUN PCI																						
UBICACIÓN Avenida 1a Marina, Sector Las Delicias de Moche, Moche-Trujillo			SECCION 0+424.8 a 0+460.2 km																			
FECHA: 10/06/2021			UNIDAD DE MUESTREO UM8																			
ELABORADO POR: Carlos Centeno Barba ; Joseph Méndez Méndez			AREA DE UNIDAD : 230.1																			
TIPOS DE FALLAS						ESQUEMA VIAL DE U.M.																
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de vías férreas	m2																	
2. Exudación	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento	m2																	
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m	16. Desplazamiento	m2																	
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas Parabólicas	m2																	
5. Corrugación	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2																	
6. Depresión	m2	13. Huecos	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2																	
7. Grieta de borde	m2																					
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTRA	INTERVALO DE U.M.	NÚMERO MÁXIMO DE VALOR DEDUCIDO																		
HIGH	ALTA	A	$n = \frac{N^2 \sigma^2}{e^2 \frac{1}{4}(N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$																	
MEDIUM	MEDIA	M	11	3																		
LOW	BAJA	B																				
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																						
<table border="1"> <tr><th>Rango</th><th>Clasificación</th></tr> <tr><td>86 - 100</td><td>Excelente</td></tr> <tr><td>71 - 85</td><td>Muy bueno</td></tr> <tr><td>55 - 70</td><td>Bueno</td></tr> <tr><td>40 - 55</td><td>Regular</td></tr> <tr><td>25 - 40</td><td>Malo</td></tr> <tr><td>10 - 25</td><td>Muy malo</td></tr> <tr><td>0 - 10</td><td>Fallado</td></tr> </table>	Rango	Clasificación	86 - 100	Excelente	71 - 85	Muy bueno	55 - 70	Bueno	40 - 55	Regular	25 - 40	Malo	10 - 25	Muy malo	0 - 10	Fallado	3		1			
	Rango	Clasificación																				
	86 - 100	Excelente																				
	71 - 85	Muy bueno																				
	55 - 70	Bueno																				
40 - 55	Regular																					
25 - 40	Malo																					
10 - 25	Muy malo																					
0 - 10	Fallado																					
cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad															
4.628	m	4.484	B																			
TOTAL	ALTA (A)																					
	MEDIA (M)																					
	BAJA (B)	4.63	4.48																			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19*Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM13*

CÁLCULO DEL PCI					
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	B	4.48	1.95%	17	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 17 Número máximo de VD (m) = 7
3	B	4.63	2.01%	7	

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 20***Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM13*

ITEM	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	17	7						24	7	0
2	17	7						24	6	0
3	17	7						24	5	0
4	17	7						24	4	0
5	17	7						24	3	11
6	17	7						24	2	17
7	17	2						19	1	19
									MÁXIMO VDC	19
									PCI	100-VDC
									INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)	81
CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									MUY BUENO	

Fuente: Elaboración propia

Figura 21: VD en falla de tipo 3 en UM13

Fuente: Tomado de Ingepav

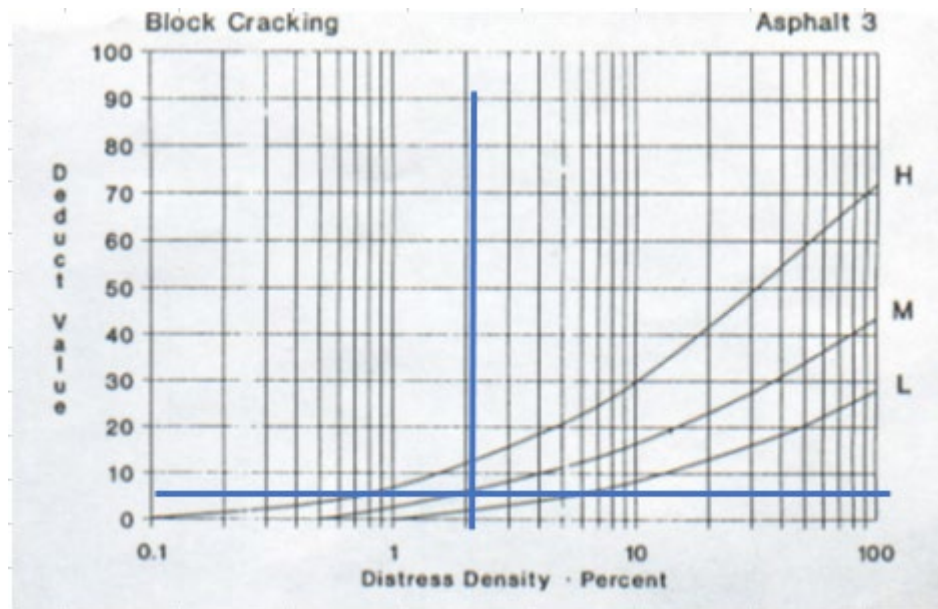


Figura 22: VD en falla de tipo 1 en UM13

Fuente: Tomado de Ingepav

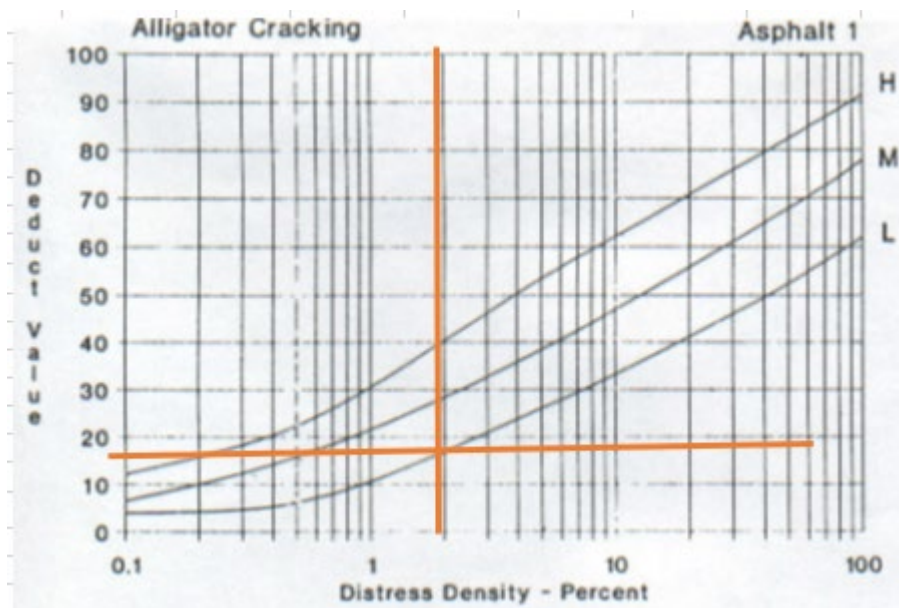


Figura 23: VDC en UM13

Fuente: Tomado de Ingepav

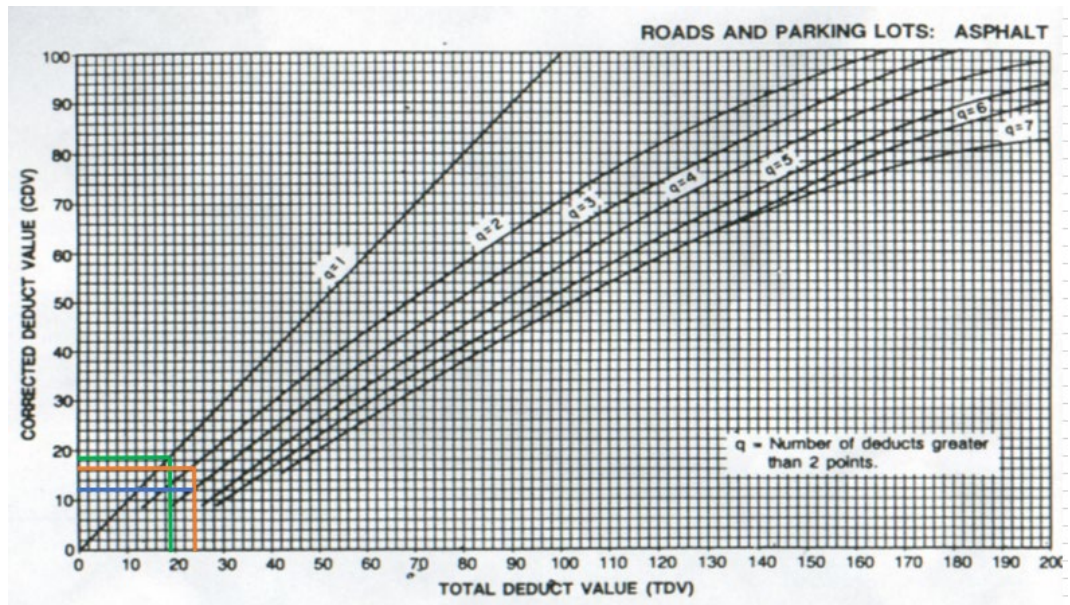

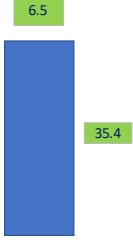


Tabla 21

Unidad de muestreo UM19

FICHA DE OBSERVACION PARA FALLAS DE SUPERFICIE DE PAVIMENTO SEGUN PCI											
UBICACION Avenida 1a Marina, Sector Las Delicias de Moche, Moche-Trujillo			SECCION 0+637.2 a 0+672.6 km								
FECHA: 10/06/2021			UNIDAD DE MUESTREO : UM19								
ELABORADO POR: Carlos Centeno Barba ; Joseph Méndez Méndez			AREA DE UNIDAD : 230.1								
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de vías férreas		m2					
2. Exudación	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento		m2					
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales		16. Desplazamiento		m2					
4. Abultamientos y hundimientos		11. Parches	m2	17. Grietas Parabólicas		m2					
5. Corrugación	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento		m2					
6. Depresión	m2	13. Huecos	Nº	19. Desprendimiento de agregados		m2					
7. Grieta de borde	m2										
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTRA	INTERVALO DE U.M.			NÚMERO MÁXIMO DE VALOR DEDUCIDO					
HIGH	ALTA	A									
MEDIUM	MEDIA	M									
LOW	BAJA	B									
		$n = \frac{N^2 \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$						
		11	3								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
Rango		Clasificación		cant idad		severidad		cant idad		severidad	
86 - 100		Excelente		1							
71 - 85		Muy bueno		8.505		B					
55 - 70		Bueno									
40 - 55		Regular									
25 - 40		Malo									
10 - 25		Muy malo									
0 - 10		Fallado									
TOTAL		ALTA (A)									
		MEDIA (M)									
		BAJA (B)		8.51							
CÁLCULO DEL PCI											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM19

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	B	8.51	3.70%	21
Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 21 Número máximo de VD (m) = 7				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM19

ITEM	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	21						21	7	0	
2	21						21	6	0	
3	21						21	5	0	
4	21						21	4	0	
5	21						21	3	10	
6	21						21	2	15	
7	21						21	1	20	
									MÁXIMO VDC	20
									PCI	100-VDC
									INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)	
									80	
CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									MUY BUENO	

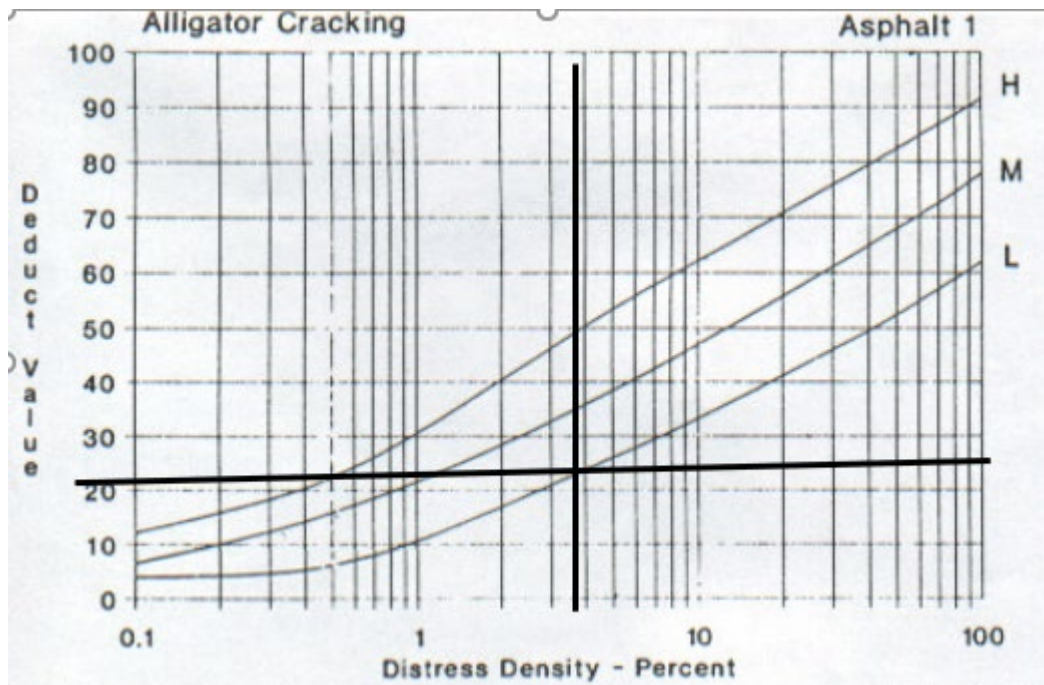
*Fuente: Elaboración propia**Figura 24: VD en falla de tipo 1 en UM19**Fuente: Tomado de Ingepav*

Figura 25: VDC en UM19

Fuente: Tomado de Ingepav

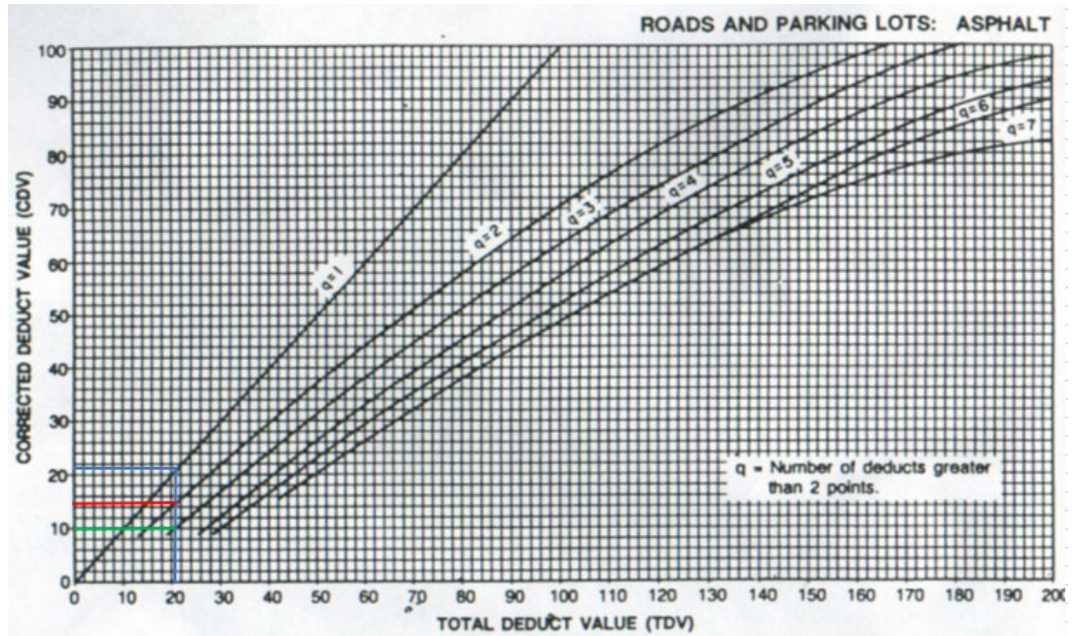


Tabla 26

Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM22

ITEM	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	8						8	7	0	
2	8						8	6	0	
3	8						8	5	0	
4	8						8	4	0	
5	8						8	3	0	
6	8						8	2	0	
7	8						8	1	8	
									MÁXIMO VDC	8
									PCI	100-VDC
									INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)	92
CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									EXCELENTE	

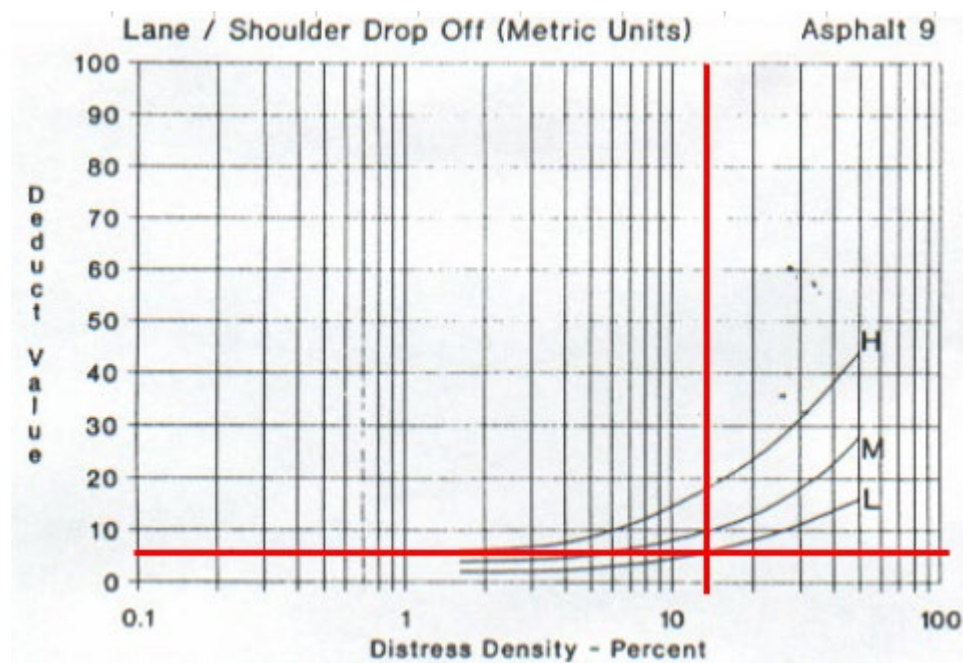
*Fuente: Elaboración propia**Figura 26: VD en falla de tipo 9 en UM22**Fuente: Tomado de Ingepav*

Figura 27: VDC en UM22

Fuente: Tomado de Ingepav

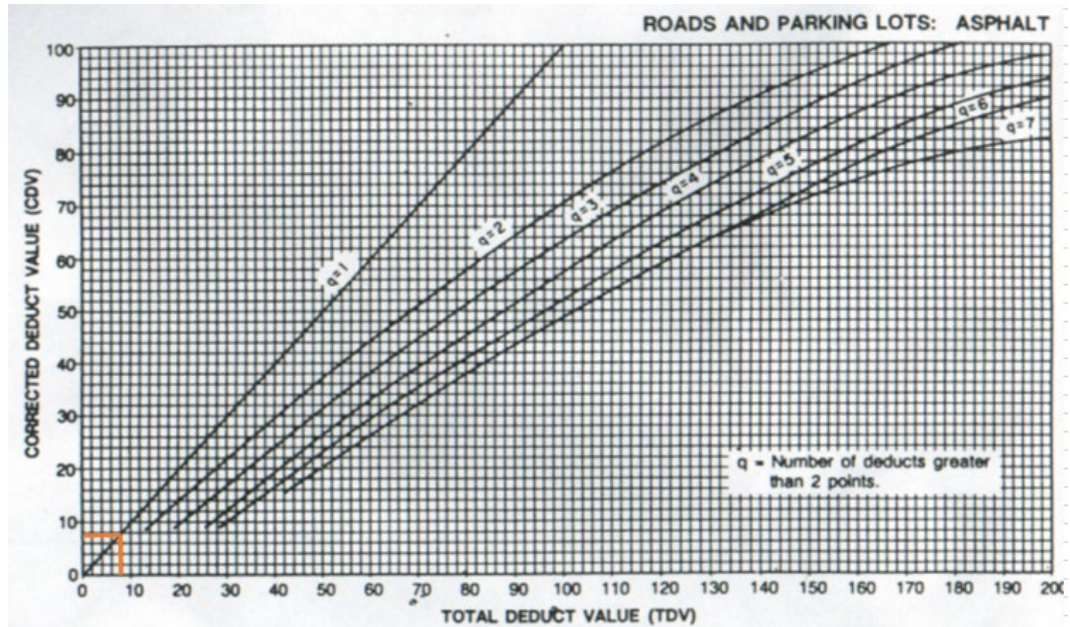


Tabla 27

Unidad de muestreo UM25

FICHA DE OBSERVACION PARA FALLAS DE SUPERFICIE DE PAVIMENTO SEGUN PCI				 ESQUEMA VIAL DE U.M.							
UBICACIÓN: Avenida La Marina, Sector Las Delicias de Moche, Moche-Trujillo		SECCION: 0+849.6 a 0+885 km									
FECHA: 10/06/2021		UNIDAD DE MUESTREO: UM25									
ELABORADO POR: Carlos Centeno Barba ; Joseph Méndez Méndez		AREA DE UNIDAD: 230.1									
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de vías férreas	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m	16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas Parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Huecos	Nº	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m2										
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTRA	INTERVALO DE U.M.	NÚMERO MÁXIMO DE VALOR DEDUCIDO							
HIGH	ALTA	A									
MEDIUM	MEDIA	M									
LOW	BAJA	B									
		$n = \frac{N^2 \sigma^2}{\frac{E^2}{4} \cdot (N-1) + \sigma^2}$	11	$i = \frac{N}{n}$	3	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$					
Rango		Clasificación		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES							
86 - 100	Excelente	9		11							
71 - 85	Muy bueno	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad
55 - 70	Bueno	9.7	B	5.695	b						
40 - 55	Regular										
25 - 40	Malo										
10 - 25	Muy malo										
0 - 10	Fallado										
TOTAL		ALTA (A)									
		MEDIA (M)									
		BAJA (B)		9.70		5.70					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM25

CÁLCULO DEL PCI					Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 8 Número máximo de VD (m) = 7
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
9	B	9.70	27.40%	8	
11	B	5.70	2.48%	7	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29

Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM25

ITEM	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	8	7					15	7	0
2	8	7					15	6	0
3	8	7					15	5	0
4	8	7					15	4	0
5	8	7					15	3	0
6	8	7					15	2	10
7	8	2					10	1	10
								MÁXIMO VDC	10
								PCI	100-VDC
								INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)	90
CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								EXCELENTE	

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: VD en falla de tipo 9 en UM25

Fuente: Tomado de Ingepav

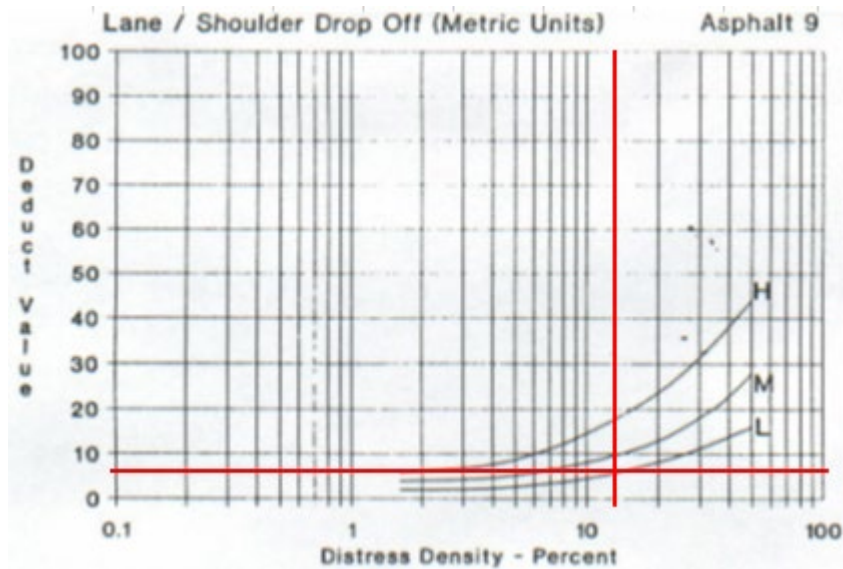


Figura 29: VD en falla de tipo 11 en UM25

Fuente: Tomado de Ingepav

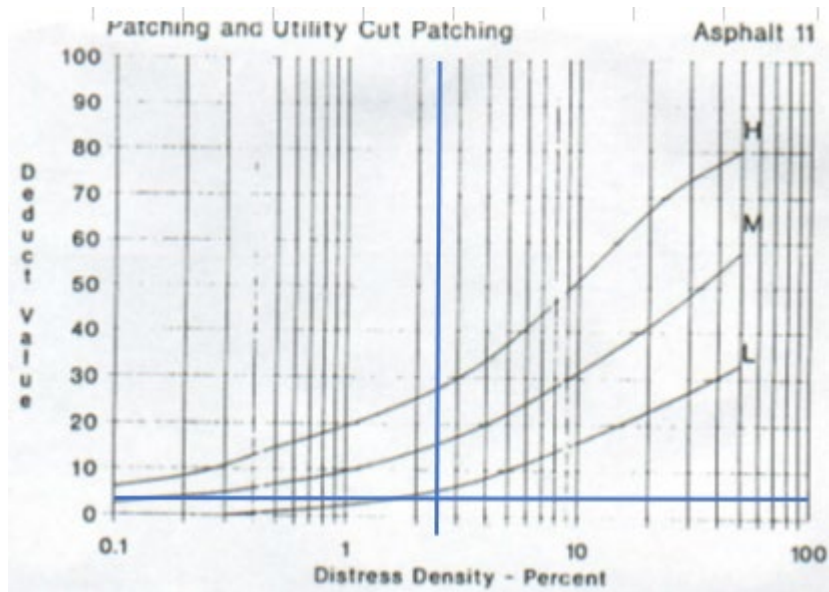


Figura 30: VDC en UM25

Fuente: Tomado de Ingepav

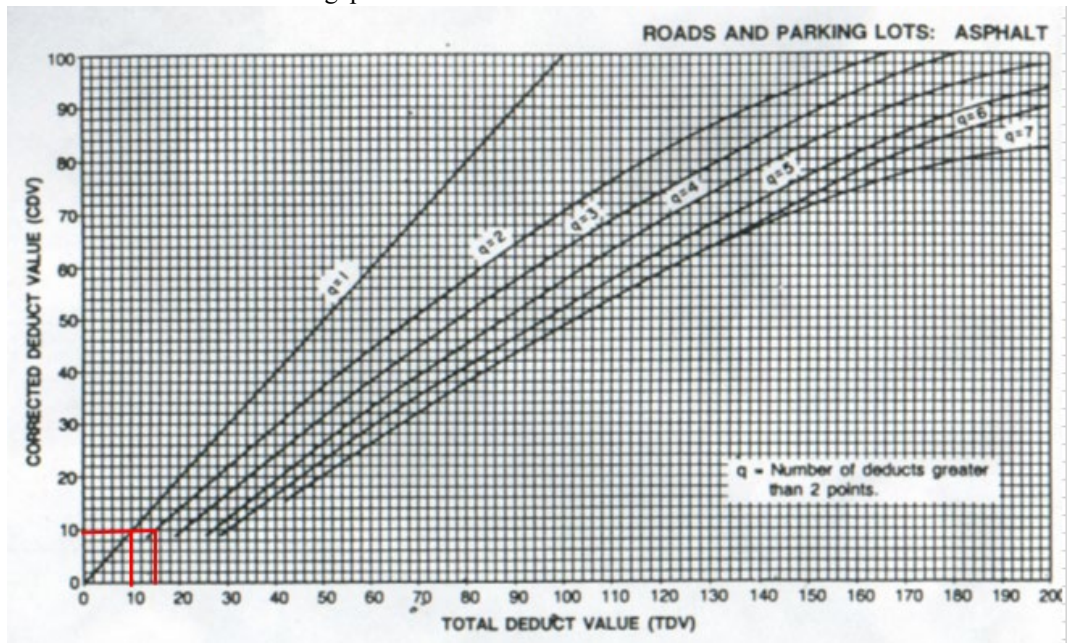


Tabla 30

Unidad de muestreo UM28

FICHA DE OBSERVACION PARA FALLAS DE SUPERFICIE DE PAVIMENTO SEGÚN PCI											
UBICACIÓN: Avenida La Marina, Sector Las Delicias de Moche, Moche-Trujillo			SECCION: 0+955.8 a 0+9912 km								
FECHA: 10/06/2021			UNIDAD DE MUESTREO: UM28								
ELABORADO POR: Carlos Centeno Barba ; Joseph Méndez Méndez			AREA DE UNIDAD: 230.1								
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de vías férreas	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas Parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Huecos	Nº	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m2										
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTRA	INTERVALO DE U.M.	NÚMERO MÁXIMO DE VALOR DEDUCIDO							
HIGH	ALTA	A	$n = \frac{N^2 \sigma^2}{\frac{s^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$ 11	$i = \frac{N}{n}$ 3	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$						
MEDIUM	MEDIA	M									
LOW	BAJA	B									
Rango		Clasificación		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES							
86 - 100	Excelente			9		11		1			
71 - 85	Muy bueno			cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad	cant idad	severidad
55 - 70	Bueno			9.7	B	5.695	b	6.072	b		
40 - 55	Regular							125	b		
25 - 40	Malo							5.62	b		
10 - 25	Muy malo										
0 - 10	Fallado										
TOTAL	ALTA (A)										
	MEDIA (M)										
	BAJA (B)	9.70		5.70		12.3582					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Cálculo de densidades de fallas y valores deducidos en UM28

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	B	12.3582	34.91%	48
9	B	9.70	27.40%	11
11	B	5.70	2.48%	7

Número de valores deducidos > 2(q)
Valor deducido más alto = 48
Número máximo de VD = 6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Cálculo de valores deducidos corregidos y PCI en UM28

ITEM	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC	
1	48	11	7					66	6	30	
2	48	11	7					66	5	33	
3	48	11	7					66	4	36	
4	48	11	7					66	3	42	
5	48	11	2					61	2	45	
6	48	2	2					52	1	52	
									MÁXIMO VDC		52
									PCI	100-VDC	
									INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)		
									48		
CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									REGULAR		

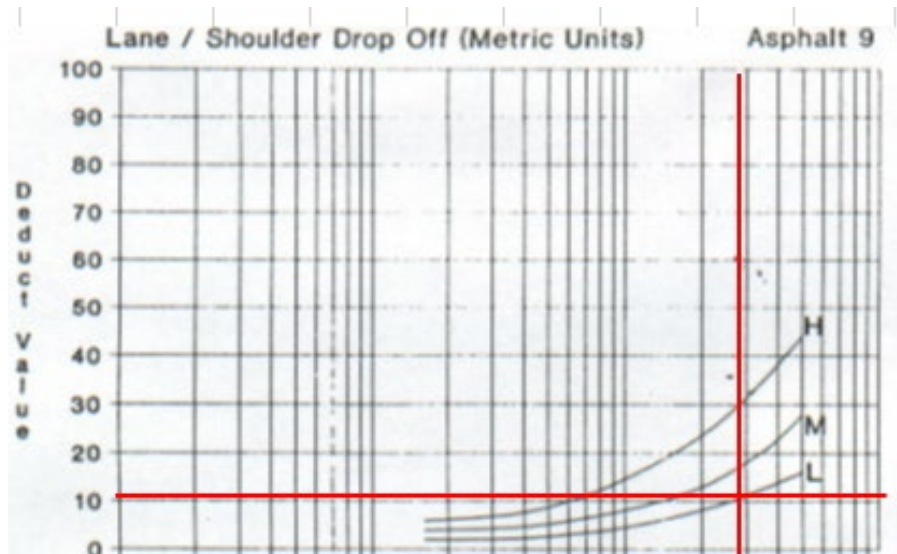
*Fuente: Elaboración propia**Figura 31: VD en falla de tipo 9 en UM28**Fuente: Tomado de Ingepav*

Figura 32: VD en falla de tipo 11 en UM28

Fuente: Tomado de Ingepav

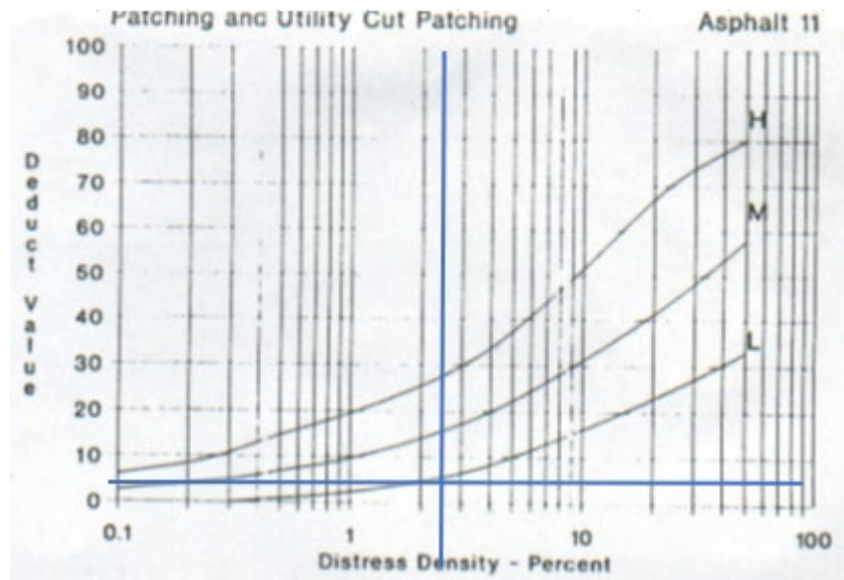


Figura 33: VD en falla de tipo 1 en UM28

Fuente: Tomado de Ingepav

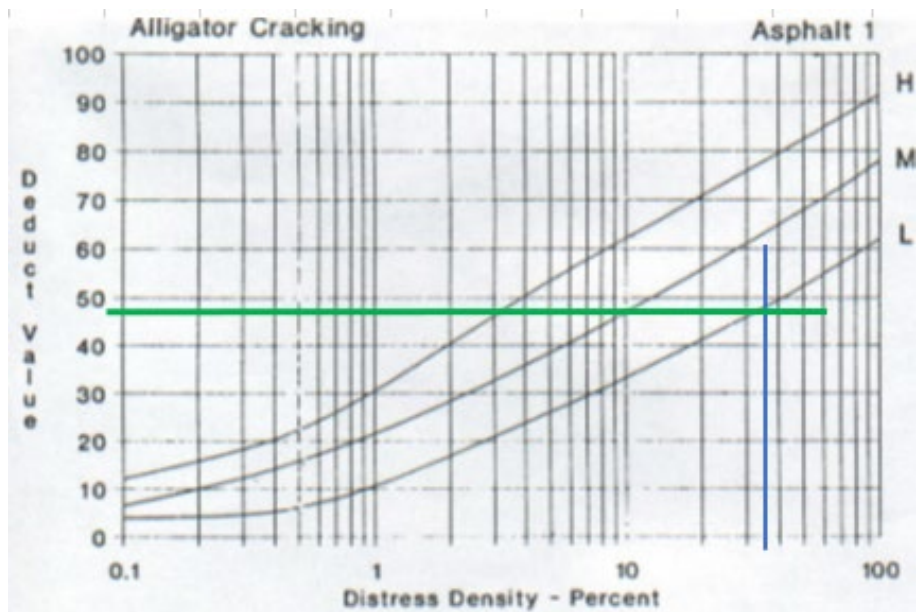


Tabla 33

Resumen de tablas de datos

Resumen de tablas de datos					
UNIDAD DE MUESTRA	ÁREA	PCI	CALIFICACIÓN	PCI REPRESENTATIVO PROMEDIO	CALIFICACION REPRESENTATIVA PROMEDIO
UM01	230.1	96	EXCELENTE	82.6	MUY BUENO
UM04	230.1	79	MUY BUENO		
UM07	230.1	90	EXCELENTE		
UM10	230.1	66	BUENO		
UM13	230.1	81	MUY BUENO		
UM16	230.1	100	EXCELENTE		
UM19	230.1	80	MUY BUENO		
UM22	230.1	92	EXCELENTE		
UM25	230.1	90	EXCELENTE		
UM28	230.1	52	REGULAR		

Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

- ❖ A lo largo del procedimiento de levantamiento de información de campo, se encontraron distintas fallas sobre la carpeta de rodadura, dando así un total de 9 tipos de fallas de pavimento flexible, cabe mencionar que las fallas encontradas, están tipificadas con una severidad *leve*, y se muestra a continuación en los siguientes gráficos:

Gráfico 1

Tipos de fallas encontradas en el pavimento

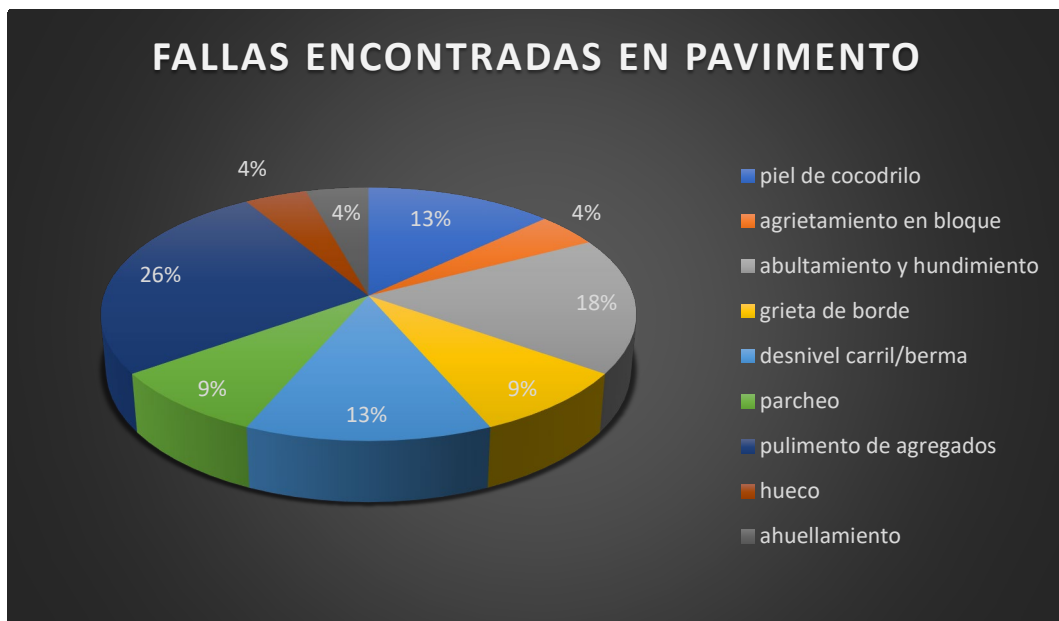


Gráfico 2

Densidad de fallas

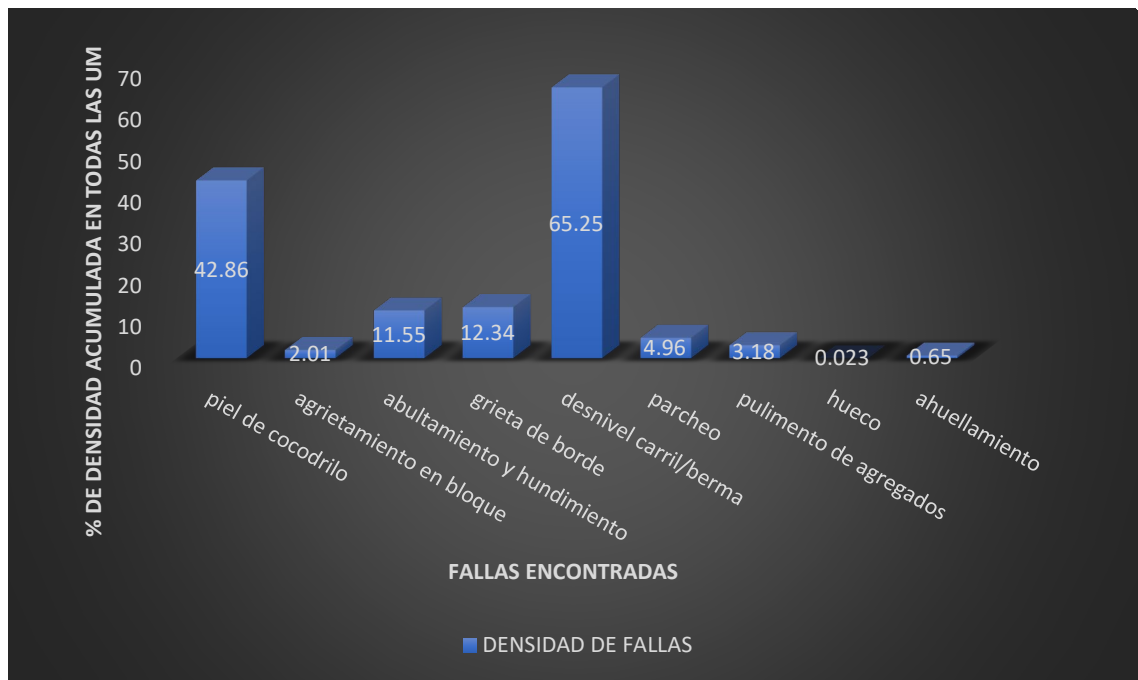


Gráfico 3

Estado de superficie de pavimento en Unidades de Muestreo

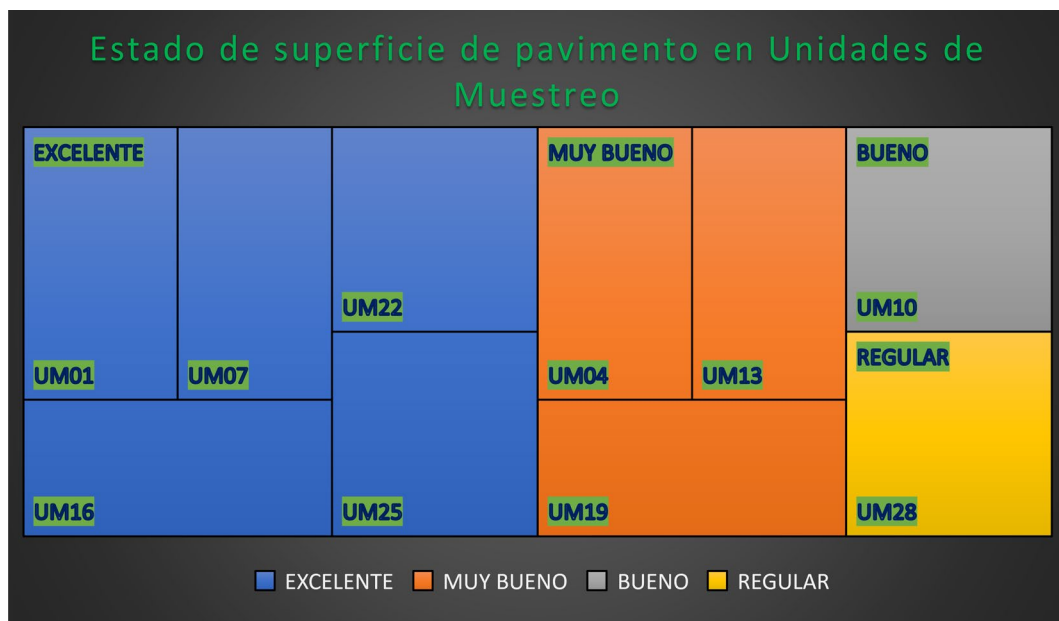


Gráfico 4

Estado de superficie de pavimento en Unidades de Muestreo

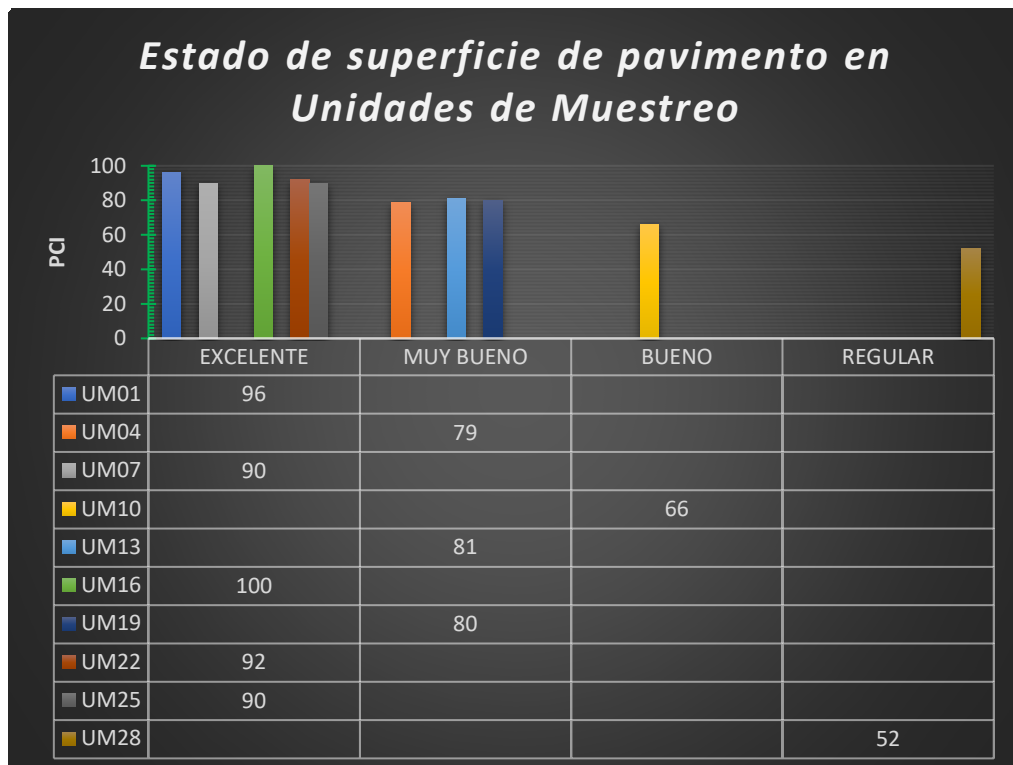
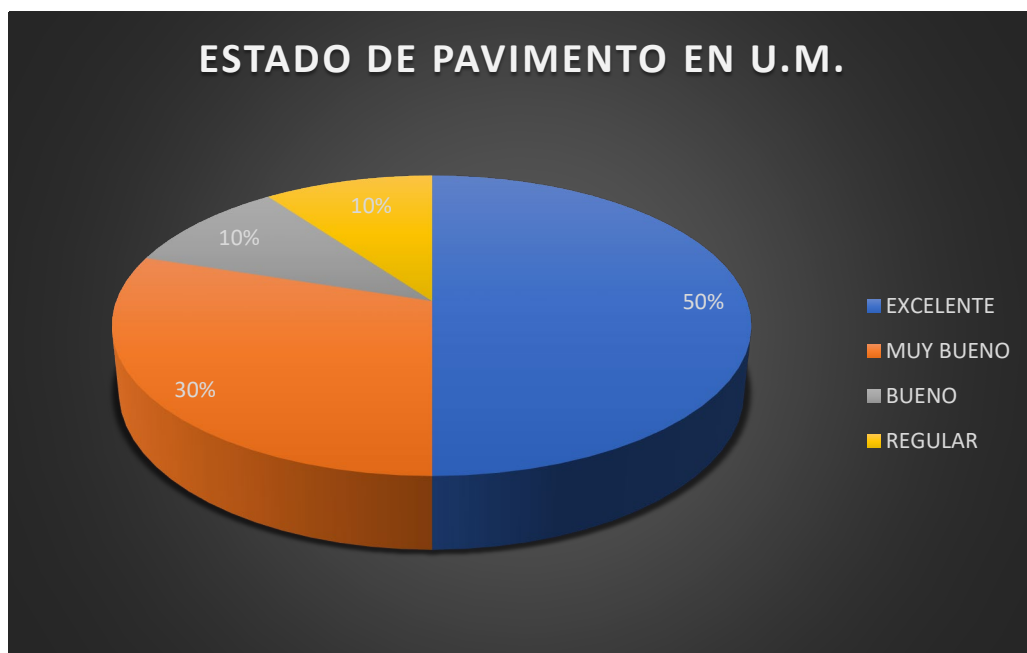


Gráfico 5

Cantidad de U.M. en estado de pavimento



- Podemos observar que mientras en el **gráfico 1**, se encuentran más fallas de *piel de cocodrilo*, seguido de *abultamientos* y *hundimientos*, en el **gráfico 2**, se observa que las fallas que más área de afección tienen, son el *desnivel de carril/berma*, seguido de la falla *piel de cocodrilo*. Lo que nos da como mayor tipo de falla actuante en la vía en estudio es *desnivel de carril/berma*.

- Y en el **gráfico 3**, observamos una mayor cantidad de unidades de muestreo alojadas en estado *excelente* del pavimento, y en estado *bueno* y *regular* del pavimento, encontramos una unidad de muestreo en dichos estados; no obstante, podemos notar la intermitencia en el estado del pavimento a lo largo de la vía en estudio, puesto que, no cuenta con tramos consecutivos en el mismo estado de conservación; al ser muestras representativas, y no ser de intervalos largos, los autores han considerado esto un tema a tomar en cuenta para las conclusiones y recomendaciones.

- En el **gráfico 5**, observamos que el 50% de las unidades de muestreo se encuentran en estado *excelente*, 30% en estado *muy bueno*, 10% en estado *bueno* y 10% en estado *regular*.

V. ALTERNATIVAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En base a los datos recopilados y analizados, y adjunto a lo descrito en el anterior ítem, con referencia al **gráfico 3**, los autores, ponen como propuesta: **alternativas de mantenimiento preventivo**. Para las unidades de muestreo afectadas por las fallas de pavimento con mayor grado y/o concentración de las mismas sobre la superficie del pavimento. Dentro de las fallas de pavimento encontradas, las fallas consideradas como más críticas, se tomaron en base a concepto de **extensión** (expresada en densidad de falla en total de área actuante).

- Fallas por Extensión:

- Piel de Cocodrilo: Densidad total de falla =42.86%
- Desnivel Carril/Berma Densidad total de falla=65.25%

- Alternativa de mantenimiento preventivo

- *Sellado con carpeta asfáltica con mezcla en caliente*. Se propone esta alternativa, puesto que se considera prever futuras afecciones o gravedad de fallas, y por ende el buen funcionamiento de la vía en estudio.

VI. CONCLUSIONES

- ❖ Se evaluó todas las unidades de muestras seleccionadas en esta investigación, y se procesaron en su totalidad.

- ❖ Después de procesar y analizar los datos obtenidos en campo, el índice de condición del pavimento de la vía en estudio, resultó ser 82.6, dando como resultado al estado de conservación del pavimento, un estado Muy Bueno. No obstante, como se precisó anteriormente, hay intermitencia sobre el estado del pavimento a lo largo de la vía en estudio en sus unidades de muestreo.

- ❖ Para una lectura acertada en el índice de condición del pavimento de cualquier vía, debe hacerse una exploración meticulosa, y seguir las indicaciones que el método precisa hacer.

- ❖ Se inventarió las fallas existentes en la superficie del pavimento de la vía en estudio, las mismas que se describen en el apartado *discusiones*, de la presente tesis.

- ❖ En todas las unidades de muestreo seleccionadas, se identificó el índice de condición del pavimento, dando lugar a su respectivo estado de conservación.

- ❖ Puesto que las fallas más resaltantes, y por ende con más presencia en la vía en estudio, son desnivel de carril/berma y la piel de cocodrilo, se concluye en dar reparación a esas fallas, ya que se encuentran en severidad baja, y no representan un mal mayor, y así se poder evitar el pronto deterioro de la vía; luego de ello, un mantenimiento rutinario para toda la vía.

VII. RECOMENDACIONES

A la Municipalidad Distrital de Moche, se le sugiere y recomienda, dar el mantenimiento rutinario, y el saneado de las fallas encontradas, para evitar futuros gastos excesivos, que incurrirían en un déficit innecesario, y así poder utilizar los recursos para otros proyectos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (1993).** *Guide for Design of Pavement Structures. Washington D.C.:*
American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ASTM D 5340 – 98 American Society for Testing and Materials.** Índice de Condición del Paviimento (PCI)
España
- Borja, M. (2012).** *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros.* Chiclayo - Perú.
- Branco, F. (2011).** *Pavimentos Rodoviários.*
Portugal
- Departamento de Ingeniería Civil de la UTN.** *Cátedra de pavimentos.*
- Eiffage, Probisa (2020).** *Carreteras.* Revista técnica de la asociación española de la carretera. España.
- Gonzales, H.; Ruiz, P.; Guerrero, D. (2019).** *Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de condición del pavimento (PCI)*
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba, Cuba.
- Gonzales, R. (2005).** *Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos en áreas urbanizadas.* Laboratorio de materiales de construcción.
Facultad Regional La Plata, Argentina.
- Lope, S. (2018).** *Evaluación superficial del pavimento flexible por método índice de condición del pavimento, Avenida El Sol – Villa María del Triunfo, 2018.* (Tesis de Pregrado)
Universidad César Vallejo, Lima-Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2013).** *Manual de Carreteras*

Morales, M. (2019). *Comparación de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de fallas del pavimento flexible de la avenida Aviación de la ciudad de Juliaca.* (Tesis de Pregrado)

Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Pavimentos. *Fallas en pavimentos flexibles.* Recuperado de <https://libro-pavimentos.blogspot.com>

PCM. *Micropavimento.* Recuperado de <https://www.pcmmonterrey.com>

Pinedo, J. (2017). *Evaluación superficial de la avenida la cultura en el distrito de wanchaq-cusco a través del método del PCI* (Tesis de Pregrado)

Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Quintana, L. (2018). *Aplicación del método índice de condición del pavimento para evaluar la superficie de rodadura de la carretera Reque – Puerto Eten.* (Tesis de Pregrado) Universidad Cesar Vallejo, Perú.

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, Perú

Risco, F.; García, S. (2020). *Evaluación superficial del pavimento Flexible mediante el método del PCI en la calle Astopilco, distrito El Porvenir, provincia de Trujillo, La Libertad 2020.* (Tesis de pregrado) Universidad Privada de Trujillo, Perú.

Revista Vial. *Sellado de grietas.* Recuperado de <https://revistavial.com/>

Robles, R. (2015). *Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco – Surco -Lima.* (Tesis de Pregrado)

Universidad Ricardo Palma, Perú.

Rodriguez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito Castilla.* (Tesis de Pregrado)
Universidad de Piura, Perú.

Roque, E.; Roque, R. (2020). *Evaluación superficial del pavimento con el método del índice de condición PCI en la avenida Honorio Delgado, Provincia y Distrito de Trujillo, La Libertad, 2020* (Tesis de Pregrado)
Universidad Privada de Trujillo, Perú.

Vázquez, L. (2002). *Ingepav, Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras.*
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía N° 01: Agrietamiento en bloque



Fotografía N° 02: Desnivel Carril/berma



Fotografía N° 03: Agrietamiento en Bloque



Fotografía N° 04: Desnivel Carril/ Berma



Fotografía N° 05: Parcheo



Fotografía N° 06: Hueco



Fotografía N° 07: Piel de Cocodrilo

